

MANUAL DO
PROFESSOR

LeYa

GEOGRAFIA

PNLD

• 2018
• 2019
• 2020



FNDE

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

VENDA
PROIBIDA

» ARNO ALOÍSIO GOETTEMES | » ANTONIO LUÍS JOIA

GEO GRA FIA

LEITURAS E INTERAÇÃO



CAPÍTULO 9

PRIMEIRA LEITURA

MUSTAFA KURT / ANADOLU AGENCY / GETTY IMAGES



▲ Tornado que se formou no mar próximo à cidade de Antália, na Turquia, em 2014. O tornado é um dos fenômenos atmosféricos mais intensos de que se tem conhecimento, capaz de arrancar árvores e destruir construções.

Fenômenos e problemas ambientais atmosféricos

O objetivo deste capítulo é levar os alunos a refletir sobre ações coletivas e individuais diante dos problemas ambientais que, direta ou indiretamente, afetam a vida das pessoas, em qualquer parte do mundo. Os conteúdos e conceitos desenvolvidos nos dois capítulos anteriores ajudarão a fundamentar conceitualmente a discussão do tema deste capítulo. Veja outras orientações na **Assessoria Pedagógica**.

Neste capítulo será estudado um dos temas mais discutidos nos últimos anos referente às questões ambientais: o aquecimento global. Trata-se de um tema complexo, que requer o conhecimento de alguns conteúdos e conceitos que foram desenvolvidos nos dois capítulos anteriores desta Unidade.

As discussões sobre esta e outras formas de desequilíbrios ambientais atmosféricos interessam a todos nós, pois, de alguma maneira, elas afetam as vidas dos seres vivos e, sobretudo, o futuro do planeta. O modo de construir e transformar o espaço geográfico mundial no futuro sofrerá impactos dos efeitos das mudanças climáticas, cujas causas estão associadas aos modos de produção e de consumo vigentes na atualidade.

Também serão tratadas aqui a situação atual e as perspectivas futuras em relação ao enfrentamento dos problemas ambientais atmosféricos.

Para iniciar, o foco será dado a alguns fenômenos atmosféricos naturais (*El Niño*, *La Niña*, ciclones, tornados, entre outros), que, associados ou não às ações humanas, interferem na vida dos habitantes de diversas regiões do planeta.

ATIVIDADE INICIAL

Veja outras orientações na **Assessoria Pedagógica**.

Leia o trecho da reportagem a seguir.

América do Sul: geleiras estão com os dias contados

[...] Em agosto [2009] desapareceu a geleira Chacaltaya na Cordilheira dos Andes, na Bolívia, que tinha 18 mil anos de existência. Os especialistas esperavam o degelo para 2015, mas ocorreu antes e [...] o que foi uma pista de esqui valorizada por ser a mais alta do mundo, com 5 300 metros acima do nível do mar, agora é um declive de rocha e algumas placas isoladas de gelo. [...]

VALENTE, Marcela. Ambiente – América do Sul: geleiras estão com os dias contados, 3 set. 2009. Agência Inter Press Service. Disponível em: <www.ipsonline.net/portuguese/2009/09/america-latina/ambiente-america-do-sul-geleiras-estao-com-os-dias-contados/>. Acesso em: 23 nov. 2015.

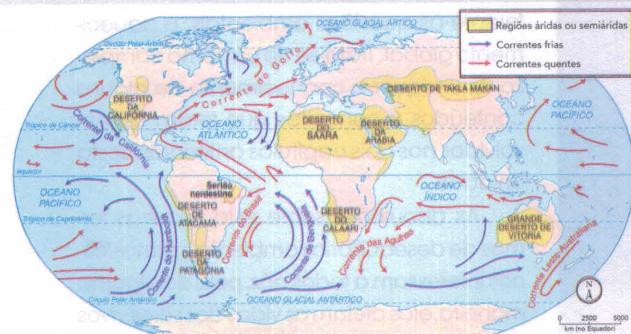
- O fenômeno descrito na reportagem acima está representado nas fotografias da próxima página. Observe e compare-as com a charge. Em seguida, responda às questões.

1. A ocorrência de desertos litorâneos está associada, na maioria das vezes, às ações das correntes marítimas frias, que provocam a queda da temperatura no litoral, ocasionando a precipitação de chuvas sobre o oceano. Assim, quando alcançam o continente, as massas de ar apresentam baixa umidade, dando origem aos desertos litorâneos. O clima predominante na porção ocidental do continente europeu é o temperado oceânico que, como o próprio nome indica, sofre a influência dos oceanos. Neste caso, a Corrente do Golfo, originária do Golfo do México, é quente, fazendo com que as temperaturas das águas do Atlântico se elevem, amenizando as temperaturas do inverno e reduzindo a amplitude térmica anual.

QUESTÕES DE VESTIBULARES E DO ENEM

Nas questões de múltipla escolha, escreva no caderno um comentário para justificar a alternativa selecionada. As questões dissolutivas também devem ser respondidas no caderno. Os mapas desta seção foram reproduzidos das questões de vestibulares e do Enem e por isso não apresentam todos os elementos cartográficos.

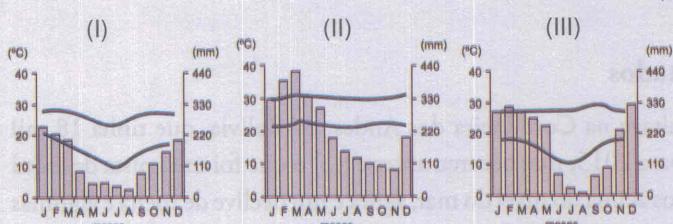
1. (Uerj) As correntes marítimas são extensas porções de água que se deslocam superficialmente pelos oceanos. Constituem um dos fatores do clima, ou seja, exercem uma influência no comportamento da temperatura e no regime de chuvas das regiões costeiras. Observe no mapa as principais correntes marítimas do planeta.



MOREIRA, J. C. *Geografia geral e do Brasil*. São Paulo: Scipione, 2010.

Explique a relação entre as correntes marítimas e as áreas de ocorrência de desertos litorâneos e aponte a influência da Corrente do Golfo no clima da Europa Ocidental.

2. (UFRGS-RS) Observe o mapa de climas do Brasil e os três climogramas que seguem.

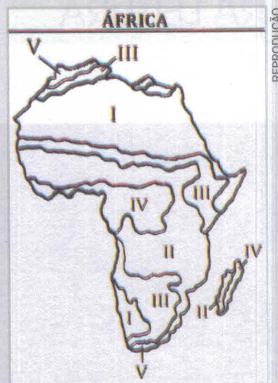


- Assinale a correspondência correta entre as localidades **A**, **B** e **C** assinaladas no mapa e os climogramas **I**, **II** e **III**.
- a) A (I) – B (II) – C (III) d) A (II) – B (I) – C (III)
 b) A (II) – B (III) – C (I) e) A (III) – B (II) – C (I)
 c) A (III) – B (I) – C (II)

2. D. O gráfico I representa características do clima tropical, com duas estações bem definidas: verão quente e úmido e inverno frio e seco. É encontrado na área B. O gráfico II representa características do clima equatorial, quente com baixa amplitude térmica e chuvoso o ano todo, encontrado em A. O gráfico III apresenta características do clima tropical de altitude, com duas estações bem definidas, verão ameno e chuvoso e inverno frio e seco. Comparando com o gráfico I percebe-se que a altitude faz com que o inverno seja comparativamente mais frio; é encontrado em C.

3. (UPM-SP)

3. E. Os climas africanos são mais úmidos na região central do continente. Nos extremos do continente, uma pequena elevação da umidade permite o surgimento do clima mediterrâneo.



REPRODUÇÃO

No mapa, as regiões de clima Equatorial, Tropical Seco (semiárido), Tropical (semiúmido), Desértico e Mediterrâneo são, respectivamente,

- a) V, IV, III, I e II. 4. As chuvas de monções precipitam-se principalmente na Ásia e a atividade econômica mais afetada pelo fenômeno climático é a agricultura. O continente, como absorve mais calor que o oceano, faz as massas de ar aquecerem e assim subirem rapidamente, provocando uma rajada de ventos úmidos e gerando chuvas duradouras.
 b) IV, V, III, I e II.
 c) II, III, IV, V e I.
 d) V, III, IV, I e II.
 e) IV, III, II, I e V.

4. (Uerj)



ADEK BERRY / AFP

Chuvas de monções causaram inundações devastadoras por todo o Paquistão em agosto [de 2010], deixando uma área do tamanho da Inglaterra debaixo d'água e afetando 8 milhões de pessoas. As autoridades paquistanesas tentam proteger 360 mil pessoas ameaçadas pelas águas na região sul, mas o volume de chuvas, o maior já registrado na história do país, dificulta os trabalhos de resgate.

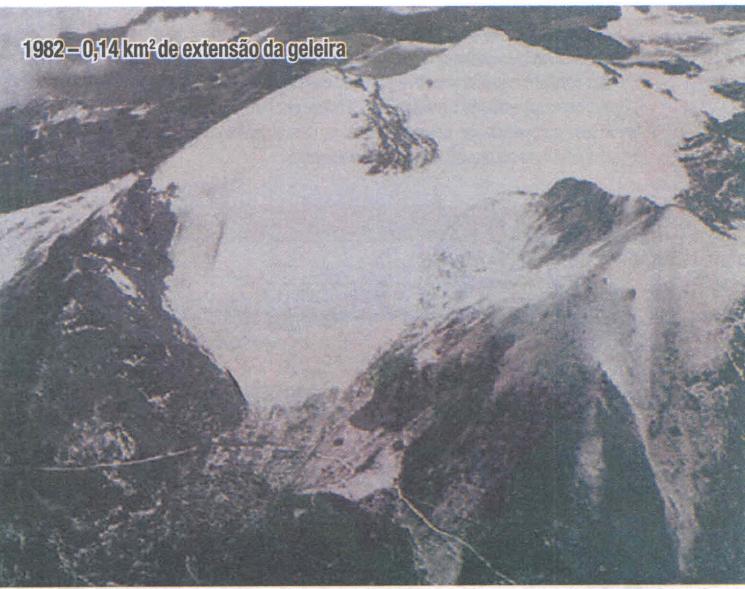
Adaptado de: <www.noticias.r7.com>.

As chuvas de monções são fenômenos naturais que acontecem de forma recorrente no Paquistão e em seus países vizinhos. Aponte o continente e a atividade econômica mais afetada por esse fenômeno. Explique também o mecanismo dessas chuvas no verão.

1940 – 0,22 km² de extensão da geleira



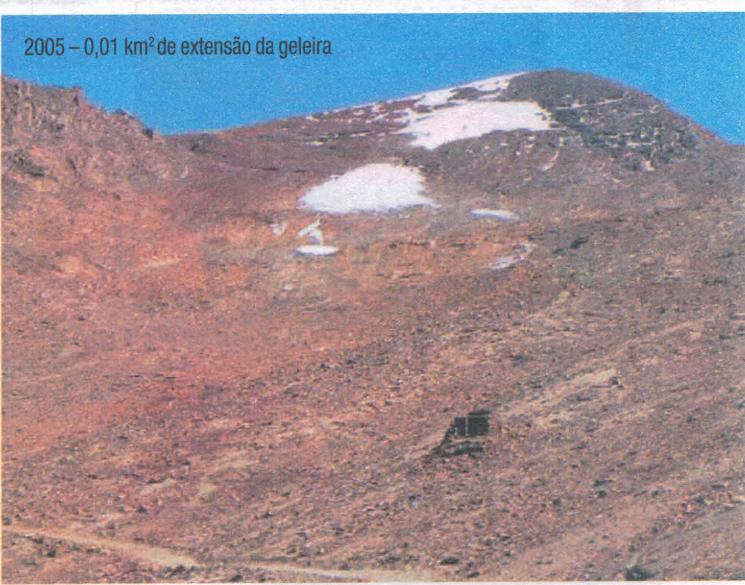
1982 – 0,14 km² de extensão da geleira



1996 – 0,08 km² de extensão da geleira



2005 – 0,01 km² de extensão da geleira



Imagens da geleira Chacaltaya, na Cordilheira dos Andes, em trecho da Bolívia, entre 1940 e 2005.

- a) Em sua opinião, existe alguma relação entre o tema da charge e a sequência de fotografias da geleira Chacaltaya? Explique sua resposta.
- b) Quais ações do cotidiano, quando somadas, podem intensificar o problema ambiental apresentado na charge e nas fotografias?
- a) Resposta pessoal. Incentive os alunos a se manifestarem livremente, confirmando ou negando a relação entre os temas abordados nas imagens. No entanto, espera-se que eles estabeleçam essa ligação, pois, como será visto neste capítulo, a existência de vegetação é um dos elementos que contribuem para o equilíbrio das temperaturas do ambiente. Assim, o desmatamento é uma das causas do aquecimento global, que por sua vez, acarreta o derretimento das geleiras.

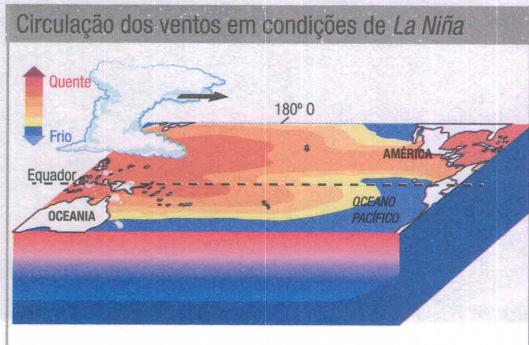
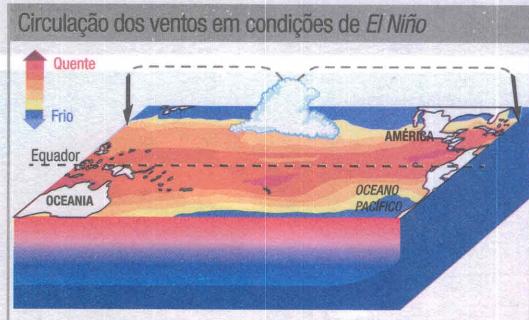
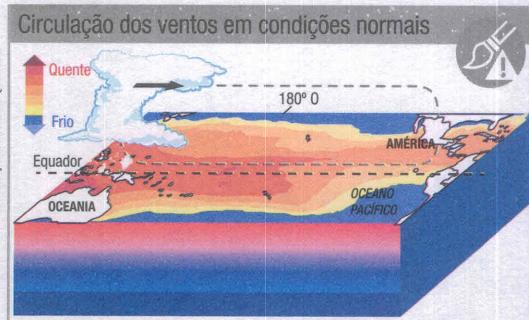
Charge de Alberto Benet, publicada no jornal *Folha de S.Paulo*, em 7 de dezembro de 2009.



b) Os alunos podem citar: consumir produtos industrializados em excesso; desperdiçar energia; não reutilizar nem reciclar resíduos reaproveitáveis; desperdiçar água, que requer energia para ser tratada; priorizar o transporte individual; queimar lixo; provocar queimadas em plantações. Esses são exemplos de ações que estimulam a emissão de gás carbônico e, consequentemente, ocasionam o aumento das temperaturas globais e as mudanças climáticas.

El Niño: a origem da expressão está relacionada à forma como os pescadores peruanos denominaram a corrente de águas mais quentes que chegam anualmente à região no mês de dezembro. Eles chamaram essa corrente de *Corrente de El Niño*, em referência ao menino Jesus, cuja data de nascimento é no Natal, comemorado, na religião católica, no dia 25 do mês de dezembro.

ILUSTRAÇÕES: CIBELÉ QUEIROZ



Elaborado com base em: TEMPO Clic RBS. Disponível em: <<http://clic-tempo.clicrbs.com.br/meteorologias/elnino/>>. Acesso em: 12 out. 2015.

▲ Ilustrações que mostram a mudança da localização das águas quentes em situação normal, com *El Niño* e *La Niña*.

■ Mapas de diferença de temperatura do Oceano Pacífico durante os fenômenos *El Niño* e *La Niña*. *El Niño* tem um período de duração de 12 a 18 meses, em média. Durante sua passagem, a temperatura da superfície do Oceano Pacífico pode chegar a 4,5 °C acima da média considerada normal. O período de duração da *La Niña* é de cerca de 9 a 12 meses, quando ocorre um resfriamento que não ultrapassa os 4 °C de temperaturas abaixo da média normal. Esses dois fenômenos se alternam em um intervalo de tempo de 3 a 7 anos aproximadamente. A intensidade desses fenômenos é variável. *El Niño* de 1982-1983 e o de 1997-1998 foram dos mais intensos, desde o período em que os registros começaram a ser feitos.

1. Fenômenos atmosféricos

Notícias divulgadas com certa frequência pela mídia mostram eventos relacionados a fenômenos atmosféricos, como tempestades, tornados, nevascas, secas etc. Esses fenômenos, considerados desastrosos para as populações atingidas, têm recebido comentários por não especialistas: “É tudo consequência do aquecimento global” ou “O clima está mudando porque os seres humanos estão destruindo a natureza”.

Ocorre que esses e outros fenômenos fazem parte da dinâmica natural da atmosfera e existem desde os tempos mais remotos da história de formação do planeta. Alguns podem, sim, ter se intensificado ou se tornado mais frequentes em virtude do aquecimento global. Entretanto, o desenvolvimento das telecomunicações tem facilitado a propagação de informações sobre esses fenômenos naturais. Por serem mais facilmente detectados e divulgados, tem-se a impressão de serem fenômenos ainda mais frequentes e intensos.

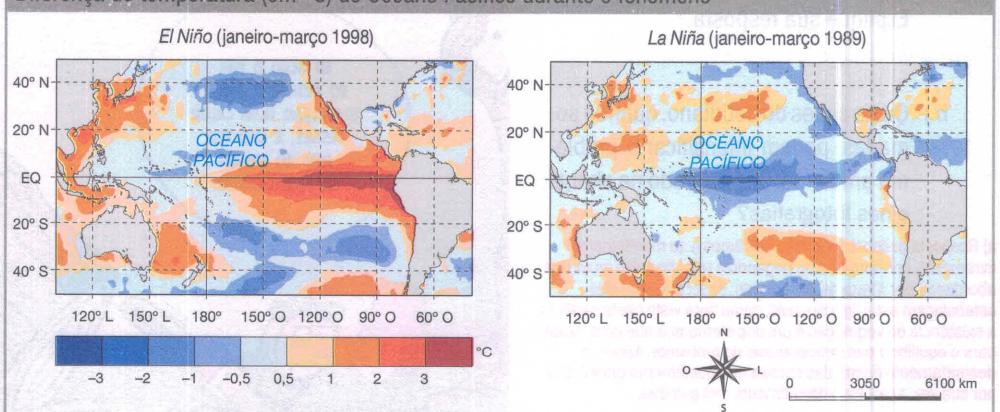
A seguir, serão abordados o modo de formação de alguns desses fenômenos naturais e suas consequências para as populações humanas e na organização do espaço geográfico.

El Niño e La Niña

Os oceanos influenciam diretamente a atmosfera terrestre por causa da constante troca de energia térmica e umidade. *El Niño* e *La Niña* (expressões de origem espanhola que significam “o menino” e “a menina”, respectivamente) comprovam essa relação entre as águas oceânicas e a atmosfera e por isso são considerados fenômenos atmosférico-oceânicos.

El Niño é o nome dado a um fenômeno que tem origem no mês de dezembro. Por uma razão ainda não desvendada pelos cientistas, os ventos alísios, que sopram no sentido oeste na região equatorial, se enfraquecem em períodos cíclicos. Em consequência, há um acúmulo de águas superficiais e subsuperficiais aquecidas na porção leste do Oceano Pacífico Equatorial, nas costas peruana e equatoriana. Em oposição a *El Niño*, foi chamado de *La Niña* o fenômeno de resfriamento das águas oceânicas e sua influência na atmosfera nessa mesma região. Observe as imagens.

Diferença de temperatura (em °C) do Oceano Pacífico durante o fenômeno



NATIONAL Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Disponível em: <www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/sst_nino_nina.gif>. Acesso em: 12 out. 2015.

Optamos por não mencionar detalhadamente a dinâmica atmosférica que provoca as alterações climáticas representadas nas figuras nem descrever a localização dos efeitos de *El Niño* e *La Niña* nas diversas regiões afetadas no mundo, que podem ser visualizadas nas imagens. Entretanto, pode-se retomar o mapa “Planisfério: climas e correntes marítimas”, do capítulo 8, e elaborar uma tabela comparativa dos efeitos desses fenômenos nos diferentes tipos de clima. Dessa forma, os alunos poderão perceber se há climas

Trata-se, portanto, de uma **anomalia** na temperatura do Oceano Pacífico, que tem reflexos na circulação atmosférica local e global. Com o aquecimento da água acima do normal (período de *El Niño*), o ar que se forma sobre essa parte do Pacífico é mais quente e mais úmido, o que acelera o processo convectivo – subida do ar quente da superfície para camadas mais elevadas – e, assim, formam-se nuvens. Com o resfriamento anormal dessas águas (período de *La Niña*), ao contrário, são os ventos frios e secos que descem sobre a costa oeste da América do Sul (veja as figuras a seguir).

Os efeitos de *El Niño* e *La Niña* sobre o clima não se restringem à região do Pacífico. As consequências desses fenômenos podem ser verificadas em escala global, tanto no verão quanto no inverno, e interferem na umidade e na temperatura em várias regiões.

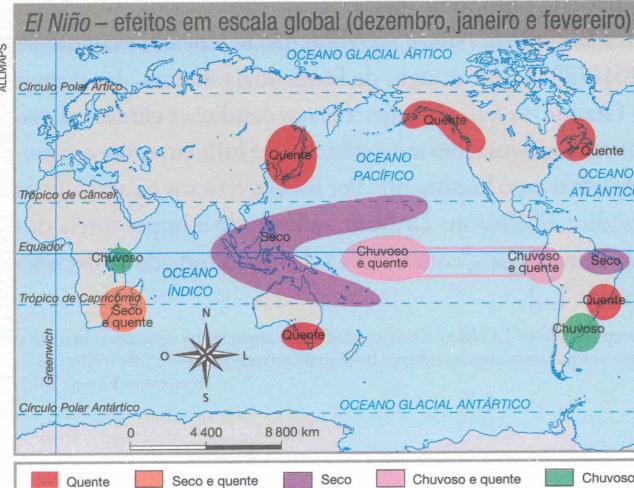
As alterações climáticas devem ser consideradas no planejamento de atividades econômicas e de políticas públicas diversas, como a realização de obras de infraestrutura de prevenção a eventos climáticos extremos e a assistência social aos moradores que vivem em regiões atingidas por secas prolongadas ou por chuvas intensas.

No Brasil, há diferenças significativas nos impactos desses fenômenos nas diferentes regiões. Nos anos de *El Niño*, o verão se caracteriza pela intensificação dos períodos de estiagem nas regiões Norte e Nordeste, aumento das chuvas no Sul e mudanças de temperatura na região Sudeste. *La Niña*, por sua vez, aumenta a possibilidade de chuvas no semiárido nordestino durante o verão. Tais alterações podem favorecer ou prejudicar atividades agrícolas no país (veja o boxe *Leia também*, na página seguinte).

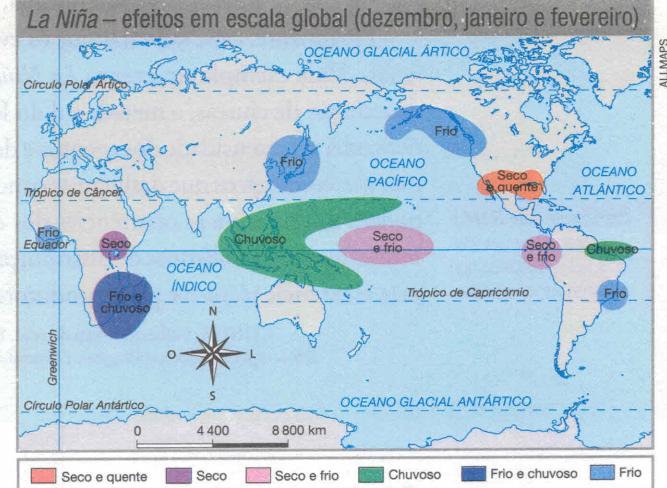
normalmente mais secos que se tornam ainda mais secos ou, ao contrário, mais úmidos nos períodos de ocorrência dos dois fenômenos. Mais detalhes sobre os efeitos regionais de *El Niño* podem ser obtidos com a leitura de *Leia também*, na página seguinte.

Anomalia: irregularidade; situação anormal ou diferente da normal ou da regra geral.

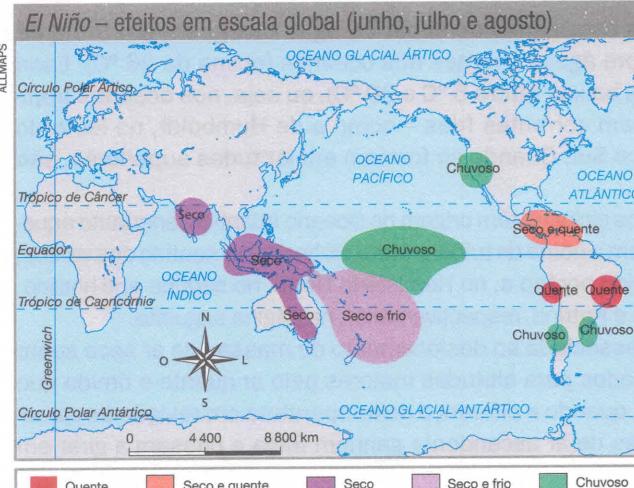
Mapa 1



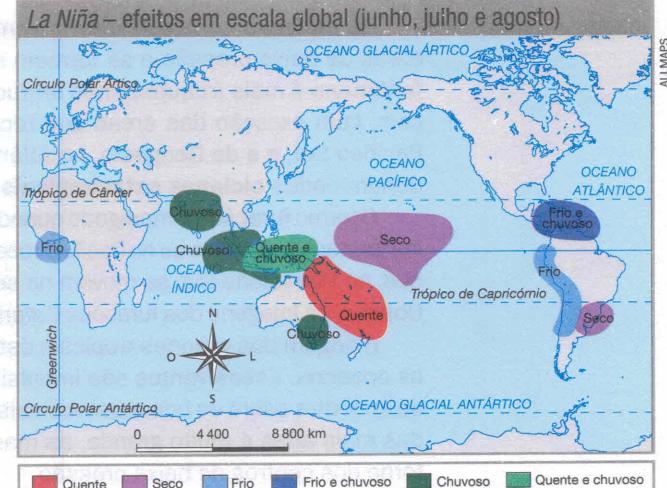
Mapa 2



Mapa 3



Mapa 4



Elaborado com base em: Inpe/CPTEC. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/#>>. Acesso em: 7 mar. 2016.

Mapas dos efeitos em escala global de *El Niño* e *La Niña*. Com esses fenômenos ocorrem alterações significativas na circulação global dos ventos e no deslocamento das massas de ar, tornando os climas de diversas regiões do globo temporariamente mais ou menos chuvosos, quentes ou frios, tanto no verão como no inverno.

LEIA TAMBÉM

El Niño, La Niña e a agricultura nas regiões Sul e Nordeste

[...] Excessos de chuva e estiagens não são eventos raros no sul e no nordeste do Brasil. Algumas vezes estão relacionados com os fenômenos *El Niño* e *La Niña*, em outras não.

Para a agricultura do sul do Brasil, por exemplo, destaca-se que tanto *El Niño* como *La Niña* não causam exclusivamente prejuízos. Nos anos de *El Niño*, por não faltar água no período de primavera-verão, em geral, as culturas de verão (soja e milho, particularmente) são beneficiadas. E, nos anos de *La Niña*, os cereais de inverno são favorecidos. O exemplo típico é a cultura de trigo, pois os anos de *La Niña* são caracterizados por primavera seca. E esse tipo de condição meteorológica é favorável à cultura de trigo, porque diminui a ocorrência de doenças (da espiga, particularmente) e melhora as características de qualidade do grão (pH e outras características).

Por outro lado, estiagens no sul do Brasil, que não são exclusividade de *La Niña*; como são exemplos a de 1990/91 e a de 2004/2005, causam sérios problemas às culturas de verão. Milho e soja são as mais afetadas. Nessas culturas, como destacado antes, os rendimentos são favorecidos pelo fenômeno *El Niño* (em função de chuvas acima do normal, no período primavera-verão).

Finalmente, cabe salientar que os eventos ENOS (*El Niño* e *La Niña*) não se repetem exatamente iguais. Vide exemplo do evento *La Niña* 2010/2011, que atingiu de forma mais intensa, em termos de redução de chuvas, a metade sul do Rio Grande do Sul. Os impactos nas condições climáticas vão depender da intensidade dos eventos e de outras configurações atmosféricas que influem sobre os sistemas meteorológicos que definem as condições de tempo localmente. Por isso, os reflexos na agricultura podem diferir entre as ocorrências dos episódios *El Niño* ou *La Niña*, reforçando a importância dos indicativos probabilísticos de distribuição de chuvas locais, com vistas a subsidiar a tomada de decisões pela assistência técnica e pelos produtores rurais. [...]

ENOS: sigla para *El Niño-Oscilação Sul*, mais utilizada pelos cientistas que estudam esse fenômeno.

CUNHA, Gilberto Rocca da et al. Embrapa. *El Niño / La Niña – Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações*. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44524/1/Nino.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2015.

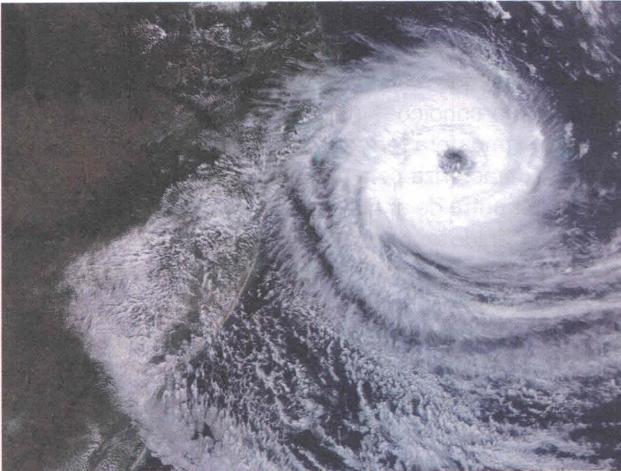
Ciclones – furacões, tufões – e tornados

Os **ciclones** correspondem a ventos carregados de vapor de água que giram em torno de áreas de baixa pressão e se formam sobre águas quentes dos oceanos (acima de 26 °C). Esse fenômeno é mais frequente nas latitudes baixas (entre 5 °C e 20 °C), ou seja, nos oceanos tropicais, com exceção das áreas que recebem correntes frias – como a de Humboldt, no leste do Pacífico Sul, e a de Benguela, no Atlântico Sul. Quando se formam em latitudes superiores, são denominados **cyclones extratropicais**.

O termo **furanção** é empregado quando os ciclones têm origem no Oceano Atlântico, enquanto aqueles formados no Índico ou no Pacífico recebem o nome de tufões. Outra distinção é o sentido dos ventos, que, no Hemisfério Sul, se movem no sentido horário e, no Hemisfério Norte, no sentido anti-horário. Observe as imagens dos furacões Catarina e Katrina, respectivamente, na página seguinte.

A origem dos ciclones tropicais está associada ao deslocamento de massas de ar seco sobre os oceanos. Esses ventos são impulsionados para altitudes maiores pelo ar quente e úmido que se encontra sobre os oceanos tropicais e, quando a diferença de temperatura em relação às camadas mais altas é muito grande, as massas de ar ascendente ganham força e passam a girar em torno dos centros de baixa pressão.

A América Central e o Golfo do México estão entre as áreas mais atingidas pelos ciclones. Os ventos alísios trazem para essa região as massas de ar quente e seco do Deserto do Saara, que, ao se encontrar com as massas de ar formadas sobre o Atlântico, desencadeiam um processo de circulação vertical e giratório, com ventos e chuvas fortes.



▲ Imagem de satélite de 27 de março de 2004 mostra o furacão Catarina na costa da região Sul do Brasil. Apesar de ser um fenômeno mais frequente no Atlântico Norte, o Catarina, com ventos de 120 km/h, deixou a população do leste de Santa Catarina e do nordeste do Rio Grande do Sul em estado de alerta entre os dias 27 e 28 de março de 2004.



▲ Imagem de satélite mostra o furacão Katrina sobre as águas quentes do Golfo do México, em agosto de 2005. A morte de 1 800 pessoas e os danos materiais, sobretudo na costa da Louisiana, ao sul dos Estados Unidos, comprovam o poder de destruição dos ciclones tropicais e a necessidade de criar sistemas que alertem a população sobre a ocorrência desses fenômenos naturais.

No caso dos ciclones extratropicais, que atingem a costa sul do Brasil, a origem está associada às diferenças de temperatura entre as águas e as massas de ar localizadas mais ao norte, em direção à linha do Equador, e mais ao sul, na direção da Antártida.

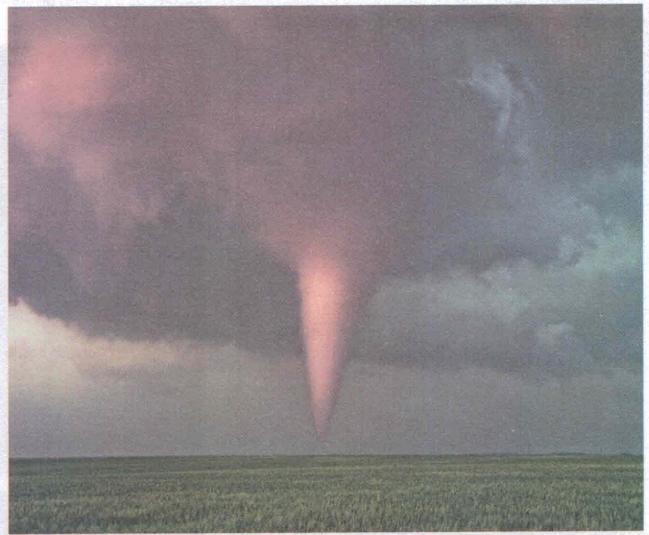
À medida que se deslocam em áreas continentais, os ciclones perdem força por não serem mais impulsionados por ventos quentes e úmidos, como ocorre nas áreas oceânicas. Seu deslocamento é monitorado por estações meteorológicas e, como demoram várias horas e até mesmo dias para atingir áreas habitadas, as autoridades dispõem de tempo para adotar planos de retirada da população das áreas de risco, ou ainda executar outras medidas de assistência social e incentivo à solidariedade.

Os **tornados** são fenômenos atmosféricos que atingem menor extensão territorial e têm duração bem inferior à dos ciclones. Entretanto, sua elevada capacidade de destruição decorre do fato de os ventos adquirirem a forma de “funil”, podendo chegar a 800 km/h.

Esses fenômenos têm origem em ventos descendentes durante grandes tempestades e podem ocorrer em diversos lugares, embora sejam mais frequentes nas planícies centrais dos Estados Unidos. Nessa região, os ventos quentes e úmidos da superfície contrastam com os ventos frios das camadas que se situam logo acima, produzindo uma atmosfera instável, sobretudo ao longo da primavera (de março a junho, no Hemisfério Norte).



▲ Foto de casas atingidas pelos fortes ventos provocados pela passagem do furacão Catarina em 2004, no município de Criciúma, Santa Catarina.



▲ Foto de tornado próximo à cidade de Sanford, Kansas, Estados Unidos, 2013. Ainda que não atinjam grandes áreas e durem apenas alguns minutos, os tornados têm capacidade de destruição igual ou superior à dos ciclones.

Inversão térmica

Neste momento, pode-se retomar o conceito de corrente de convecção estudado no capítulo 7. Relembre aos alunos que essas correntes ascendentes se formam à medida que o ar, em contato com a superfície, se aquece pela irradiação de calor. Ao ser aquecido, o ar se torna menos denso e sobe para altitudes maiores, onde resfria, torna-se mais denso e volta a descer, reiniciando o ciclo.



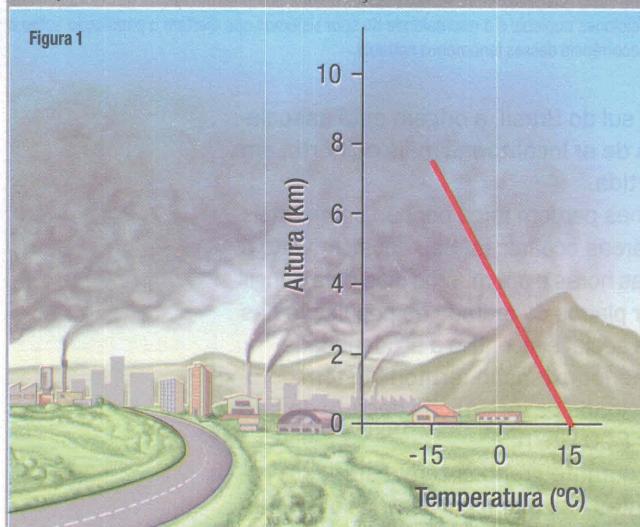
Um fenômeno frequente durante os meses mais frios nas regiões Sul e Sudeste do Brasil é a inversão de temperaturas, ou inversão térmica. Em condições normais, na troposfera (camada correspondente aos primeiros 10 quilômetros da atmosfera terrestre), a temperatura diminui conforme aumenta a altitude. A inversão térmica se caracteriza pela presença de uma camada de ar frio próxima da superfície terrestre, sobreposta por outra de ar mais quente.

Trata-se de um fenômeno natural, decorrente do rápido resfriamento da superfície terrestre – solo, rochas, vegetação, corpos d’água, prédios, asfalto – durante a noite. Em geral se manifesta, portanto, durante algumas horas no começo das manhãs de inverno.

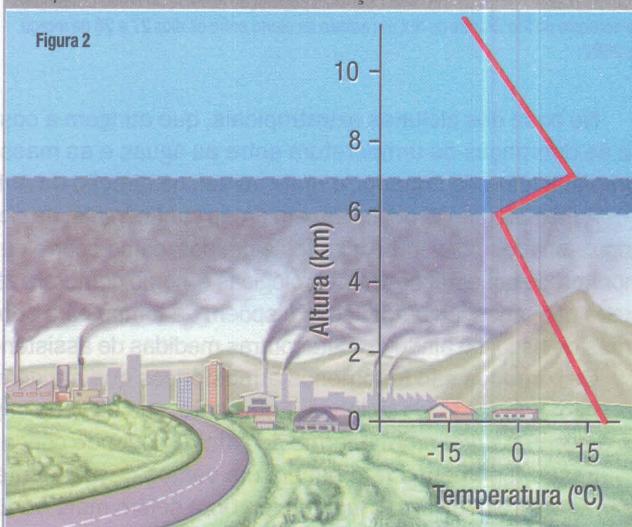
No entanto, em áreas urbano-industriais, a inversão térmica contribui para aumentar a **concentração de poluentes** na camada de ar mais próxima ao solo, ocasionando, assim, um problema ambiental. Essa concentração decorre da dificuldade de dispersão dos poluentes, visto que as correntes de convecção são interrompidas pela camada de ar quente aprisionada a algumas centenas de metros ou a alguns poucos quilômetros de altitude.

PAULO CÉSAR

Temperaturas atmosféricas em situação normal



Temperaturas atmosféricas em situação de inversão térmica



PAULO CÉSAR

COMPANHIA Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/Ar/anexo/inversao.htm>. Acesso em: 12 out. 2015.

Illustrações que mostram as temperaturas atmosféricas em situação normal e de inversão térmica. Note que, em situações normais (figura 1), a temperatura cai gradativamente à medida que aumenta a altitude. Com a inversão térmica (figura 2), a temperatura aumenta em certa camada da atmosfera, que pode estar a uma altitude variável – a algumas centenas de metros ou a alguns poucos quilômetros do solo. Nessas condições, as correntes de convecção não realizam a troca de ar entre as camadas mais baixas e as mais altas, impedindo a dispersão da poluição em áreas urbano-industriais.

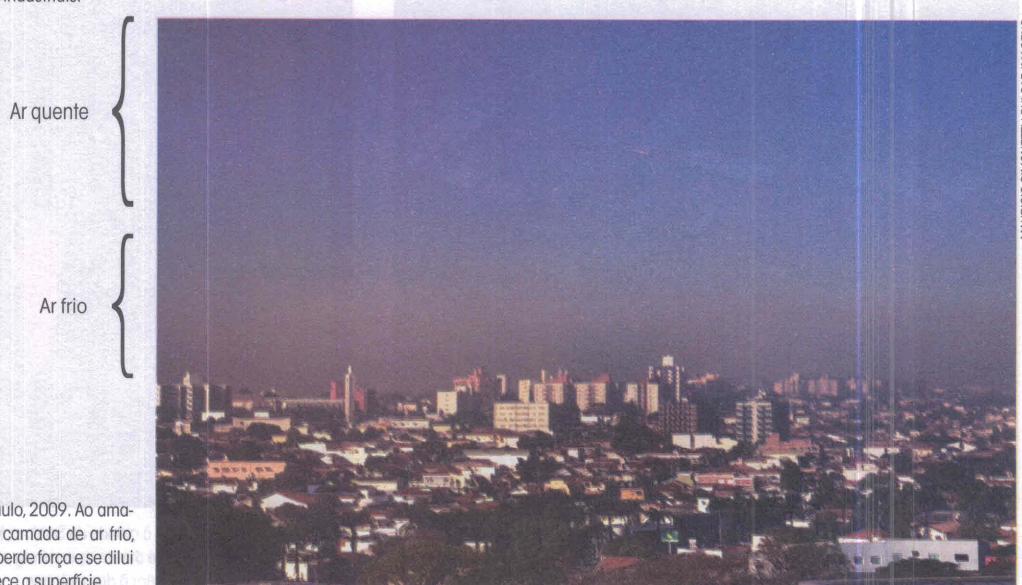


Foto da cidade de Americana, São Paulo, 2009. Ao amanhecer, os poluentes concentram-se na camada de ar frio, mais próxima do solo. A inversão térmica perde força e se dilui à medida que, ao longo do dia, o Sol aquece a superfície.

É possível desenvolver a atividade a seguir com a disciplina de Biologia, para assim aprofundar o estudo dos aspectos relacionados à saúde, à poluição atmosférica e à metodologia de pesquisa científica apresentada no texto.

- Leia com atenção o texto. Em seguida, responda às questões no caderno.

Estudos revelam impactos da poluição sobre a saúde

Roedores submetidos ao ar poluído têm ritmo cardíaco e fertilidade comprometidos

Danos no **sistema cardiovascular** e queda da fertilidade feminina. Esses dois itens vêm se juntar à extensa lista de impactos da poluição atmosférica sobre a saúde, como mostram duas pesquisas recentes realizadas na Universidade de São Paulo. A constatação foi feita em estudos com animais em contato com poluentes no Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina, com o intuito de entender por que as taxas de mortalidade aumentam nos dias em que o ar da cidade está mais poluído.

As complicações cardiovasculares no organismo de ratos foram observadas pela bióloga Dolores Rivero, que examinou 85 animais após injetar em suas traqueias uma solução contendo material particulado, poluente lançado pelo escapamento de veículos. Esse material foi obtido por meio de um aparelho que suga o ar, filtrando-o. A poeira retida no filtro foi dissolvida em soro fisiológico e aplicada nos animais.

Uma hora depois, a bióloga submeteu 47 desses ratos a exames de eletrocardiograma. Os resultados mostraram uma diminuição no ajuste da frequência cardíaca. Essa **debilidade** potencializa riscos de morte súbita, pois faz com que mudanças nas taxas de batimentos cardíacos deixem de ser controladas. No entanto, nenhum animal morreu durante o experimento. Nos outros 38 mamíferos foram realizados exames morfológicos que verificaram o estreitamento dos vasos pulmonares, alteração que faz com que o coração trabalhe com sobrecarga de pressão.

O estudo simulou em um prazo curto os prejuízos causados pela inalação diária e contínua do ar das metrópoles. "Ao lidar com animais de laboratório, ou seja, nunca sujeitos à poluição, trabalhamos com doses concentradas de material poluído", explica a pesquisadora. Assim, o estudo tentou desvendar os motivos do aumento de admissões hospitalares por problemas cardíacos nos dias que a poluição está aumentada.

Buscando explicar mais uma estatística – o índice maior de internações por aborto em dias mais poluídos –, outro grupo de pesquisadores do mesmo laboratório também expôs cobaias à poluição. Desta vez, porém, foi comparada a fertilidade entre camundongos fêmeas que inalaram ar poluído e limpo.

As roedoras foram mantidas durante quatro meses – grande parte de sua vida, já que os camundongos vivem em média um ano – em dois tipos de câmaras: com ou sem filtro contra os poluentes do ar. Depois, foram fecundadas por machos igualmente "limpos" e passaram o período de gravidez encerradas.

Cada mãe deu à luz, em média, a oito filhotes. Contudo, entre as fêmeas que viveram nas câmaras sem filtro, metade da prole nasceu morta; no outro grupo, observaram-se apenas duas mortes por ninhada. Além disso, os cientistas também constataram que, entre os animais mantidos na câmara poluída, era menor o peso médio da prole ao nascer e maior o índice de reabsorção fetal (uma espécie de aborto no início da gestação de animais, identificada por uma inflamação no útero).

Esses dados indicam que o comprometimento da fertilidade das fêmeas pode ser provocado pela poluição. "Essa complicação associa-se a uma falta de nutrição para os fetos, já que a placenta não se desenvolve devido a uma má circulação do sangue em meios poluídos", esclarece o professor Paulo Saldiva, chefe do Laboratório de Poluição Atmosférica.

BRUM, Lia. Estudos revelam impactos da poluição sobre a saúde. *Ciência Hoje on-line*, 7 maio 2005.

Disponível em: <<http://cienciajhoje.uol.com.br/noticias/medicina-e-saude/estudos-revelam-impactos-da-poluição-sobre-a-saúde>>. Acesso em: 12 out. 2015.

- Resposta pessoal. Estimule os alunos a refletir sobre a realidade local. Se ali houver fontes de poluição atmosférica (grande concentração de veículos ou fábricas, queimadas, entre outras), discuta as possibilidades de controle de emissão de poluentes, como limitar a circulação de automóveis na região central da cidade e determinar a instalação de filtros nas chaminés. Esse tema será trabalhado nos próximos tópicos.
- De que modo a poluição atmosférica pode comprometer o sistema cardiovascular de pessoas e de animais?
1. A poluição do ar provoca um estreitamento dos vasos pulmonares, alteração que faz o coração trabalhar com sobrecarga de pressão.
- Qual fenômeno atmosférico pode contribuir para o aumento dos problemas de saúde mencionados no texto?
2. A inversão térmica, pelo fato de provocar a concentração de poluentes nas camadas mais baixas da atmosfera e, consequentemente, a inalação desse ar poluído por pessoas e animais, durante a respiração.
- Quais questões sociais motivaram as pesquisas desenvolvidas na Universidade de São Paulo, descritas no texto?
3. O aumento das admissões hospitalares por problemas cardíacos e o índice maior de internações por aborto em dias mais poluídos.
- De que maneira a poluição atmosférica pode comprometer a fertilidade feminina?
4. A poluição atmosférica dificulta o desenvolvimento do feto, provocando o aborto ou a geração de descendentes nascidos com peso abaixo da média. Isso se deve ao fraco desenvolvimento da placenta, decorrente da dificuldade de circulação do sangue em organismos que vivem em meios poluídos.
- Em sua opinião, a cidade ou região onde você vive apresenta possibilidade de ocorrerem problemas de saúde semelhantes aos descritos no texto? Explique sua resposta e dê sugestões para que eventuais distúrbios dessa natureza não venham a ocorrer ou ocorram com menos frequência.

Conceitos e conteúdos:

- Poluição atmosférica: efeitos no sistema cardiovascular e na fertilidade feminina.
- Metodologia de pesquisa científica em Ciências Biológicas.

Sistema cardiovascular: sistema composto de extensa rede de tubos pelos quais circula o sangue, que chega às diferentes partes do corpo impulsado pelo coração.
Debilidade: fraqueza física, fragilidade.

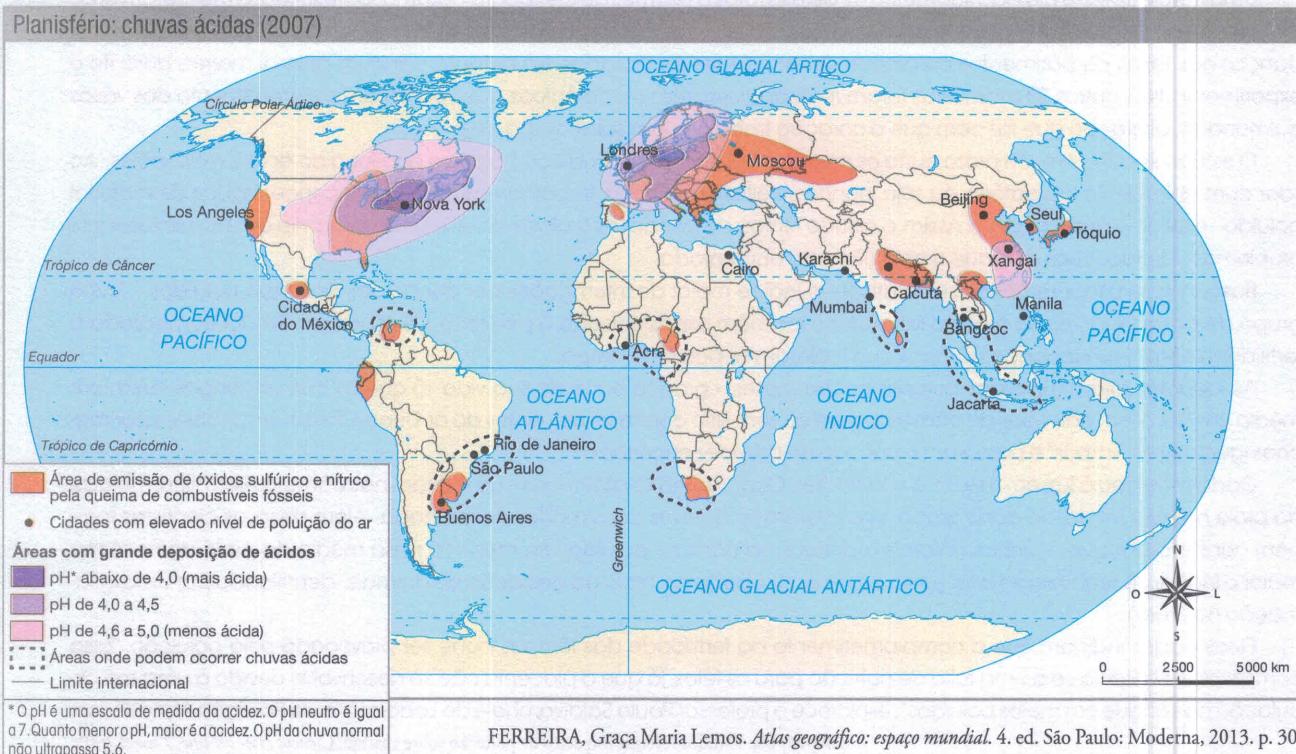
2. Os desequilíbrios ambientais atmosféricos

Pode-se abordar a formação da chuva ácida com a disciplina de Química. Mais informações sobre as reações químicas entre os poluentes atmosféricos, o vapor de água, o gás carbônico e o gás oxigênio podem ser obtidas no site: <www.usp.br/qambiental/chuva_acidafrente.html> (Acesso em: 12 out. 2015).

Chuva ácida

O nível de acidez ou de basicidade da água é indicado pelo pH, que varia de zero (máxima acidez) a 14 (máxima basicidade). O pH da “água pura” (nem ácida, nem básica) é neutro, ou seja, é igual a 7. Entretanto, a água da chuva tem, naturalmente, um pH inferior a 7, ou seja, levemente ácida. A expressão chuva ácida, no entanto, é empregada para denominar as precipitações com pH inferior a 5,6. Esse nível de acidez se verifica na água da chuva em ambientes com elevado nível de poluição atmosférica. A queima de **combustíveis fósseis** libera na atmosfera grandes quantidades de gases, como o dióxido de enxofre, o gás metano e o gás carbônico. Esses gases, ao reagirem com o vapor de água e o gás oxigênio, dão origem aos ácidos sulfúrico (do enxofre) e nítrico (do nitrogênio). Veja no mapa a seguir em quais regiões do mundo o fenômeno da chuva ácida ocorre com mais frequência.

ALLMAPS



Planisfério de chuvas ácidas (2007). As regiões de maior concentração urbano-industrial – como o nordeste dos Estados Unidos, a Europa Ocidental e o sudeste da China – são as que apresentam os maiores índices de chuva ácida. Note, porém, que o vento pode carregar os poluentes (óxidos de enxofre e de nitrogênio) para áreas distantes dos grandes centros urbanos e industriais, as quais também são atingidas por esse fenômeno.

Se considerar oportuno, recomende aos alunos consultar os Capítulos 5 e 6 para rever o que foi estudado sobre lixiviação.

Alguns efeitos das chuvas ácidas são:

- Aumento dos problemas respiratórios e menor resistência do organismo humano a infecções;
- Aumento da acidez das águas de rios e lagos, que compromete o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos;
- Desfolhamento da vegetação, que, além de reduzir a biodiversidade, deixa o solo exposto e sujeito a deslizamentos. Esse efeito foi visível na Serra do Mar na década de 1980, nas proximidades do polo industrial de Cubatão (SP). Em 1985, essa cidade foi considerada a mais poluída do mundo, situação que foi, em parte, revertida após a obrigatoriedade da instalação de filtros nas chaminés das indústrias (veja a fotografia na página seguinte);
- Aumento da erosão química ou lixiviação e da acidez do solo, o que compromete a produtividade agrícola e o desenvolvimento da vegetação;
- Aceleração da erosão química de monumentos históricos feitos de mármore e de outras rochas que contêm elevado teor de calcário, o qual reage com a acidez da água.

Pode-se trabalhar este tema com a disciplina de Química, no intuito de detalhar as características de produtos como o clorofluorcarboneto (CFC), o hidroclorofluorcarboneto (HCFC) e o brometo de metila, bem como suas reações com o gás ozônio na atmosfera. É possível aprofundar, ainda, os usos industriais desses produtos e as alternativas menos poluidoras para aplicação no processo produtivo. Algumas dessas informações estão disponíveis em: <www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar_ozonio.html> (acesso em: 12 out. 2015).



ARQUIVO / AGÊNCIA ESTADO



MARTIN BOND / SPL / LATINSTOCK

► Reprodução da capa do Jornal da Tarde, de São Paulo, de fevereiro de 1985: a foto revela os deslizamentos (áreas mais claras) das encostas da Serra do Mar, em decorrência da poluição no polo industrial de Cubatão, à época.

Formação e rarefação da camada de ozônio

O ozônio (O_3) é uma substância química gasosa formada por três átomos de oxigênio. Pode ser irritante e nocivo à saúde quando excede certos limites de quantidade na baixa atmosfera. Porém, esse gás tem muita importância por ser encontrado numa faixa de 35 km a 40 km da camada superior da estratosfera, em que forma uma camada que tem como função diminuir a intensidade dos raios ultravioleta do Sol que chegam à superfície terrestre. Esses raios, em grande quantidade, são nocivos à vida dos seres vivos na Terra, uma vez que podem provocar doenças diversas, por exemplo feridas na pele ou mesmo câncer, lesões nos olhos – como a **catarata** – nos seres humanos e em animais.

A emissão de alguns gases, como clorofluorcarboneto (CFC), associada à ação dos raios ultravioleta, provoca a destruição do ozônio. Portanto, essa camada fica mais rarefeita e, consequentemente, aumenta a radiação ultravioleta que atinge a superfície da Terra.

Em 1985, cientistas britânicos descobriram regiões da Terra com maior rarefação da concentração de ozônio, fenômeno popularmente chamado de **buraco na camada de ozônio**. Esses “buracos” foram observados por meio de imagens de satélites, sobre as latitudes médias e altas, sobretudo na região Polar Antártica (veja capítulo 3). Isso ocorre porque os poluentes são levados por correntes de ar aos extremos norte e sul da Terra.

A principal forma para diminuir a rarefação do ozônio é não utilizar o CFC, fato que já vem ocorrendo desde 1987 (assunto do próximo tópico). Entretanto, os efeitos de seu uso ainda causam impactos, pois, além do CFC, há outros **gases nocivos** à camada de ozônio cujo uso não é proibido, como é o caso do tetracloreto de carbono, clorofórmio, dióxido de nitrogênio e brometo de metila.

Veja no quadro as principais causas e consequências da atuação de gases que, de maneira geral, diminuem a camada de ozônio; também estão descritas algumas atividades humanas que podem minimizar e controlar a emissão desses gases.

► Foto da estátua do rei Charles II danificada pela chuva ácida na Catedral de Lichfield, Staffordshire, Inglaterra, 2010.

Catarata: doença dos olhos que torna a visão turva, sem nitidez.

Gases nocivos: Cada um dos gases nocivos mencionados – tetracloreto de carbono, clorofórmio, dióxido de nitrogênio e brometo de metila – são exemplos de substâncias químicas, com finalidade diversa em produtos de uso cotidiano, industrial, agropecuário etc. O brometo de metila, por exemplo, é um gás utilizado para tratamento do solo. (Esse tema pode ser aprofundado na disciplina de Química).

Protocolo de Montreal: documento assinado por 150 países no Canadá, em 1987, visando à adoção de medidas para proteger a camada de ozônio do planeta.

Gases que diminuem a camada de ozônio: causas, consequências e medidas de controle			
Fontes /Gases	Causas	Possíveis consequências	O que fazer
Uso e emissão de produtos químicos que compõem os gases: CF-11, CFC-12, HCFC-22, CFC-113, halon 1211, halon 1311, tricloroetano, tetracloreto de carbono.	São utilizados em refrigeradores, condicionadores de ar, solventes, espumas e spray(aerosóis e extintores de incêndio). No caso de refrigeradores, o escape do CFC se dá por algum defeito. Uma geladeira que pinga ou um ar-condicionado com serpentinas congeladas podem ser sinais de vazamento. Uma geladeira abandonada em um ferro-velho também pode liberar o gás.	Com a diminuição da camada de ozônio, um excesso de radioatividade solar (raios ultravioleta) chega à superfície da Terra e provoca doenças, como feridas na pele e câncer, danos nas colheitas e destruição dos elos iniciais da cadeia alimentar marinha. O fitoplâncton (organismos vegetais que vivem nas águas superficiais oceânicas) está na base da cadeia alimentar marinha, pois serve de alimento para crustáceos e moluscos, que por sua vez servem de alimento para peixes. Sua fotossíntese é prejudicada com a maior intensidade dos raios ultravioleta, o que significa menor absorção de CO_2 , portanto maior aquecimento global.	Substituir os CFC e demais gases por outros que não contenham cloro e que não aumentem o aquecimento global. Introduzir tecnologia para os sistemas de ar-condicionado de veículos novos e antigos. Auxiliar países subdesenvolvidos e emergentes oferecendo melhores tecnologias e menor custo dos sistemas de substituição dos gases poluidores, como previsto no Protocolo de Montreal . O ideal é que fornecedores e fabricantes recuperem e reciclem o gás carbônico. Eles devem recolher produtos que terminem em ferros-velhos.

O efeito estufa e o aquecimento global

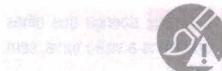
O fenômeno responsável pelo aquecimento da atmosfera terrestre é chamado **efeito estufa**, um fenômeno natural que mantém a temperatura média do planeta em torno de 15 °C. Sem o efeito estufa, a Terra teria temperaturas médias em torno de 15 °C negativos, e a maior parte das formas de vida conhecidas não teriam surgido.

Os gases que compõem a atmosfera terrestre impedem que o calor gerado pelos raios solares que atingem a superfície sejam totalmente refletidos para o espaço. Isto é, a atmosfera atua como o vidro de uma estufa de plantas: ela permite a entrada dos raios solares, mas evita que o calor se dissipe, mantendo o ambiente aquecido. Dessa comparação é que advém o uso da expressão “efeito estufa” para nomear o fenômeno natural.

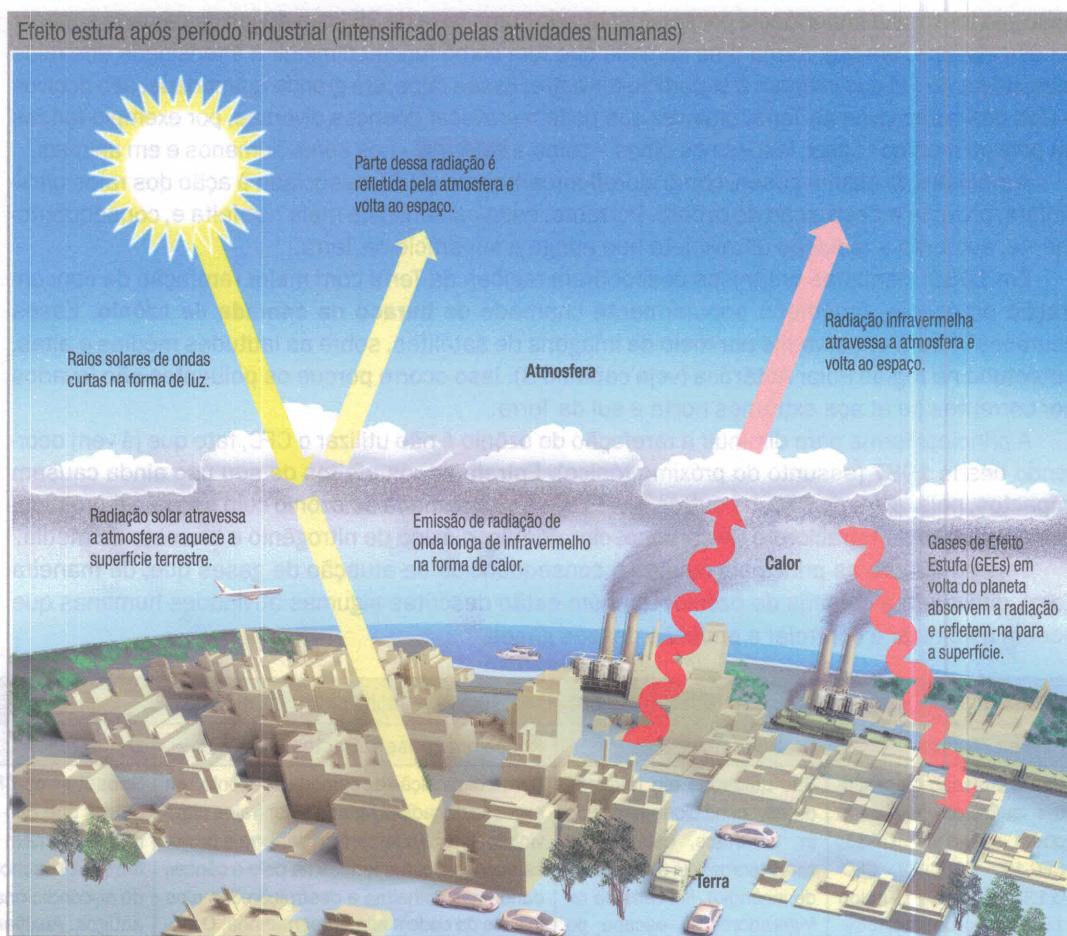
Entretanto, de acordo com cientistas, em especial os ligados ao Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, da sigla em inglês), vinculado à ONU, esse fenômeno tem se intensificado e provocado o aumento da temperatura média do planeta, em especial nos últimos cem anos. Isso tem ocorrido em virtude das atividades humanas, que emitem mais gases de efeito estufa (GEE), principalmente pelo uso de combustíveis fósseis. O uso desses combustíveis libera gases como dióxido de carbono e metano na atmosfera. A maior quantidade de gases estufa dificulta a propagação dos raios infravermelhos, o que significa mais calor retido na atmosfera terrestre.

Observe na figura a dinâmica atmosférica após o início do período industrial.

GEE: os seis gases que comprovadamente mais contribuem para o aumento das temperaturas atmosféricas por interferência humana: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e três gases industriais à base de flúor - os hidrofluorcarbonos (HCFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).



Efeito estufa após período industrial (intensificado pelas atividades humanas)



ANGELO SHUMAN

Efeito Estufa Intensificado: é maior o calor retido pela atmosfera, que a deixa aquecida e também faz aumentar o aquecimento da superfície terrestre continental e oceânica.

Infográfico do efeito estufa após período industrial.

Adaptado de: INSTITUTO de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Disponível em: <www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Berenice/aula3.html>. Acesso em: 12 out. 2015.

Os estudos da variação de temperatura baseiam-se em registros históricos de temperaturas nas estações meteorológicas no mundo, desde 1860. As concentrações de CO_2 na atmosfera foram obtidas com base em amostras de gelo coletadas na Antártida. Após a análise das bolhas de ar aprisionadas no gelo, verificou-se que, a partir de 1800, a concentração de CO_2 na atmosfera aumentou de 280 ppm (partes por milhão) para 330 ppm no ano de 1984, acompanhada do aumento da temperatura global.

Observe no gráfico ao lado o aumento da temperatura global desde o ano de 1860, período de intenso aumento da industrialização.

O aquecimento global caracteriza-se pelo aumento da temperatura média da Terra em período relativamente curto. Pesquisadores do clima mundial afirmam que, desde o início da Revolução Industrial (meados dos anos de 1800), a média de temperatura global aumentou 0,6 °C. Como a atmosfera é dinâmica, a temperatura aumenta em toda a biosfera, independentemente da área em que ocorreu a maior concentração de gases.

Medições feitas no observatório meteorológico de Mauna Loa, no Havaí, registraram um aumento na concentração de CO₂ na atmosfera: de 315 ppm, aproximadamente, na década de 1950, para cerca de 380 em 2005. Houve ao longo desse período, portanto, um aumento de 21% nas emissões de CO₂, o que pode ter intensificado o efeito estufa – entre as atividades humanas que causaram isso estão a queima de combustíveis fósseis e as queimadas para desmatamento (veja gráfico ao lado).

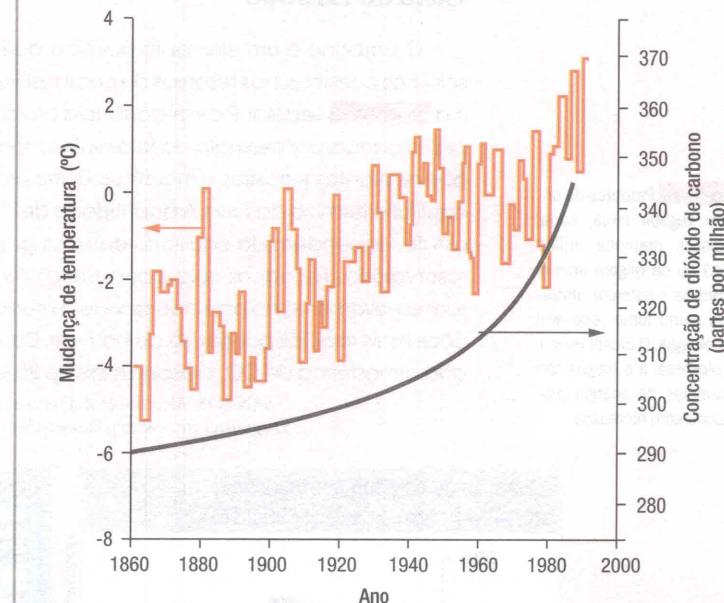
Há, no entanto, a corrente de cientistas denominados “céticos do aquecimento global”, que afirmam ser necessário considerar que fenômenos naturais também interferem na concentração de CO₂ na atmosfera (veja sobre o ciclo do carbono na seção *Leia e Compreenda* na página seguinte), como as estações do ano nas regiões temperadas: no outono e no inverno, quando caem as folhas das árvores e, consequentemente, ocorre maior decomposição de matéria orgânica e menor taxa de fotossíntese, aumentam as emissões. Na primavera e no verão, ao contrário, a fotossíntese é maior, o que faz diminuir a concentração de CO₂, formando um ciclo natural ao longo do ano. Como a maior parte das terras emergentes está no Hemisfério Norte, as florestas temperadas e boreais têm papel preponderante no ciclo anual do gás carbônico na atmosfera. Essa corrente afirma também que a atmosfera terrestre apresenta, ao longo do tempo geológico, ciclos que alternam períodos de aquecimento e de resfriamento.

Dessa forma, apesar dos diversos argumentos válidos, não há um consenso acerca do debate sobre o aquecimento global: além da divergência entre as correntes científicas, esse tema ainda está relacionado a interesses políticos e econômicos que interferem diretamente na exploração e no consumo de combustíveis fósseis – principais fontes de energia utilizadas no mundo contemporâneo.

Cético: aquele que não acredita. No caso, os cientistas que não acreditam no aquecimento global causado pela ação humana.

Boreal: relativo ao polo Ártico, ou ao extremo norte do planeta Terra.

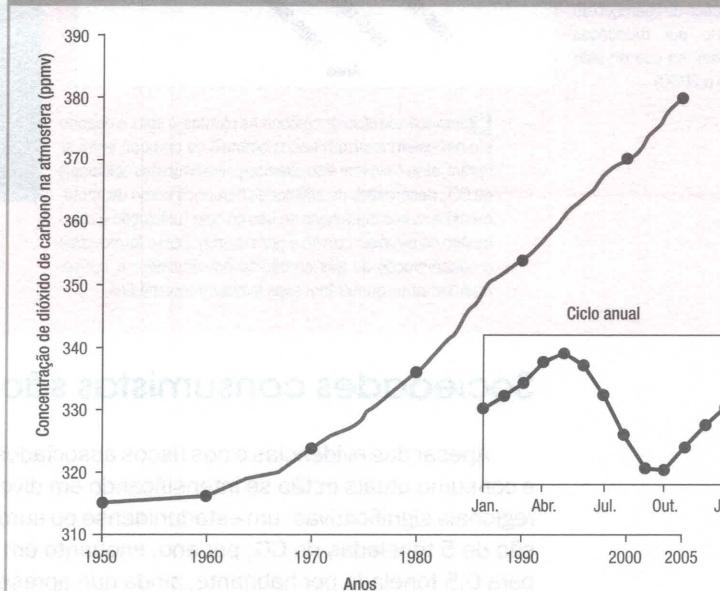
Aumento da concentração de gases na atmosfera e da temperatura global (1860 a 2000)



HINRICHES, Roger A.; MERLIN, Kleinbach. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. p. 220.

▲ Gráfico do aumento da concentração de gases na atmosfera e da temperatura global (1860 a 2000). Note que a concentração dos gases aumenta e a temperatura também sobe, mostrando a correlação entre essas duas variáveis, mesmo após o início da década de 1980, quando ocorreu uma queda na temperatura, seguida por um novo aumento.

Concentração de dióxido de carbono na atmosfera (medição em Mauna Loa, Havaí, entre 1950 e 2005)



Adaptado de: UNIVERSIDADE de São Paulo (USP). Química Ambiental. Disponível em: <www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm#QuaisGases>. Acesso em: 12 out. 2015.

▲ Gráfico de variação na concentração de CO₂ na atmosfera, medida entre 1950 e 2005 no Observatório de Mauna Loa, no Havaí, localizado a 3 500 m de altitude. O gráfico de Ciclo Anual, mostrado em tamanho menor, refere-se à variação do CO₂ associada às estações do ano: essa variação é maior durante o outono e o inverno e menor na primavera e no verão no local onde fica o observatório.

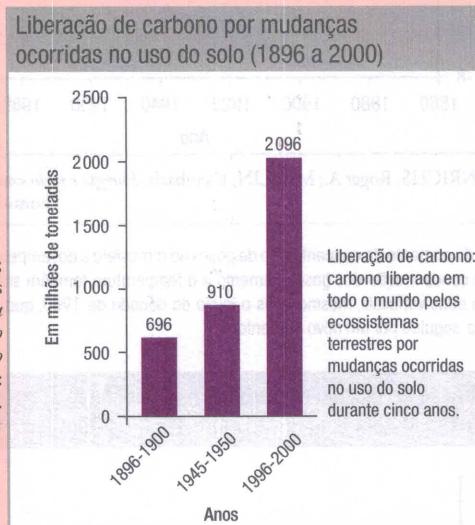
LEIA E COMPREENDA

Ciclo do carbono

O carbono é um elemento químico que está armazenado em diferentes “reservatórios”: no solo, nos oceanos, nas reservas de combustíveis fósseis do subsolo e do fundo do mar, a atmosfera e a biomassa vegetal. É de importância crucial em vários processos que se desenvolvem na Terra, participando, por exemplo, da fotossíntese, fonte de carbono para formação da matéria que compõe as plantas terrestres e marinhas. Outro processo do qual o carbono participa [...] se refere ao equilíbrio térmico da Terra. A quantidade de CO₂ na atmosfera e, portanto, a intensidade do efeito estufa, dependem do equilíbrio entre as grandes quantidades de carbono armazenadas nos reservatórios (oceano, solo e atmosfera). As trocas de carbono entre esses reservatórios alteraram-se levemente no passado devido a mudanças geológicas, mas estão agora sofrendo alterações mais rápidas por causa do homem. Desde o início da chamada Era Industrial, a concentração atmosférica de CO₂ cresceu mais de 25%, de 580 para 750 bilhões de toneladas de carbono.

SANTOS, Alcir dos et al. Efeito estufa. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências de Bauru. Disponível em: <www.fc.unesp.br/~lavrada/procie/dez14/luciana/index.htm>. Acesso em: 12 out. 2015.

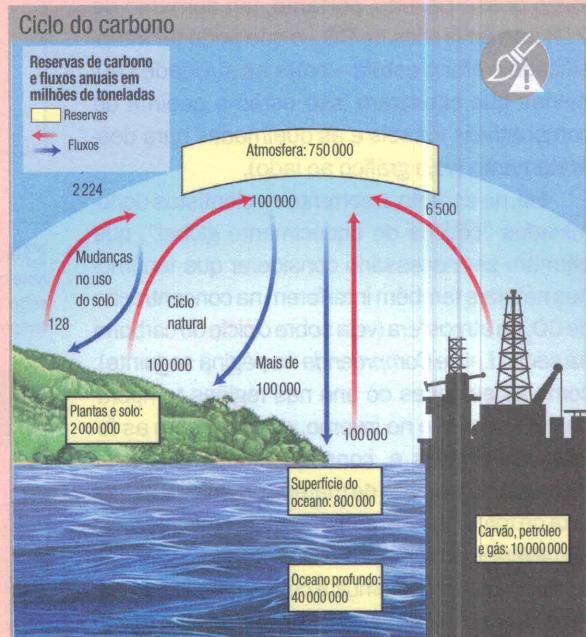
Biomassa: Produtos de origem vegetal (soja, cana, girassol, mamona, milho etc.) ou de origem animal (gordura e esterco) utilizados como fonte renovável de energia. O álcool etílico, o biodiesel e o biogás são exemplos de energia produzida com biomassa.



DOW, Kirstin; DOWING, Thomas E. *O atlas da mudança climática: o mapeamento completo do maior desafio do planeta*. São Paulo: Publifolha, 2007. p. 48.

Gráfico de liberação de carbono por mudanças ocorridas no uso do solo (1896 a 2000).

Illustração do ciclo do carbono. As plantas, o solo, o oceano e a atmosfera realizam trocas naturais de carbono entre si. Porém, esse ciclo tem sido alterado pelas emissões adicionais de CO₂, decorrentes de atividades humanas como desmatamento e outras mudanças no uso do solo (utilização e combustão de petróleo, carvão e gás natural). Dessa forma, sobe a concentração de gás carbônico na atmosfera e, consequentemente, aumentam suas temperaturas médias.



PAULO CÉSAR

Sociedades consumistas são as mais poluidoras

Apesar das evidências e dos riscos associados às mudanças climáticas, os padrões de produção e consumo atuais estão se intensificando em diversos países do mundo. Há, no entanto, diferenças regionais significativas: um estadunidense ou europeu ocidental é responsável, em média, pela emissão de 5 toneladas de CO₂ por ano, enquanto em países não industrializados essa média anual cai para 0,5 tonelada por habitante, ainda que apresente acelerado aumento nos países emergentes.

Por se tratar de um problema global, o aumento da concentração de CO₂ deve ser enfrentado no plano político, em nível internacional. No próximo tópico serão discutidas as responsabilidades governamentais e as iniciativas coletivas e individuais necessárias diante dessa situação.

Veja na página seguinte as principais causas e consequências do aumento dos gases de efeito estufa e algumas possibilidades de atividades humanas capazes de minimizar ou reverter esse quadro.

Gases de efeito estufa: causas, consequências e medidas de controle			
Fontes	Causas	Possíveis consequências	O que fazer
Industrialização	O aumento do número de indústrias, observado em diversos países, como China e Brasil, associado a elevados padrões de consumo, em especial, nos países desenvolvidos.	Degradação ambiental, sobretudo nas cidades, redução dos recursos naturais e uma intensa extinção de espécies.	Buscar novas tecnologias para substituir o uso de combustíveis fósseis nos processos industriais.
Energia	Utilização de fontes de energia não renováveis de combustíveis fósseis, como em usinas termelétricas, e outras formas de queima de combustíveis fósseis.	As reservas de combustíveis fósseis não podem ser regeneradas. Além da emissão de gases estufa, provocam a poluição do ar.	Promover o uso de fontes energéticas renováveis, como a eólica (gerada pelo vento) e a solar.
Transporte	Queima de derivados do petróleo, como querosene, óleo diesel e gasolina, utilizados em veículos nas cidades e no campo.	Aumento dos problemas de saúde, em especial da população que vive nas cidades.	Reformar o setor de transportes, de modo que utilizem energias renováveis e mais limpas, e viabilizar e incentivar o transporte público coletivo.
Agricultura	Cultivo e queima de resíduos agrícolas.	Além de os gases contribuírem para o aumento do efeito estufa, extensas áreas agrícolas terão sua produção diminuída e até economicamente inviabilizada devido à perda de fertilidade e de umidade do solo.	Utilizar resíduos orgânicos como adubos; otimizar o uso de maquinário; introduzir biodigestores para transformar o metano em fonte energética.
Lixões	Deposição e incineração de resíduos sólidos são fontes de gases do efeito estufa.	Além de constituir causa de aumento do efeito estufa pela liberação de gases, os resíduos sólidos poluem o solo e a rede hidrográfica.	Investir na construção de aterros sanitários controlados; introduzir programas de reciclagem e incentivar a reutilização de materiais.
Desmatamento	Derrubada e queima de vegetações nativas para a construção civil, obtenção de carvão vegetal e ampliação da agropecuária.	Grande emissão de gás carbônico que estava armazenado durante anos nas plantas. É emitido de volta à atmosfera em pouco tempo, o que potencializa o aumento da temperatura.	Ampliar a fiscalização; criar áreas protegidas por lei; incentivar o aumento da produtividade agropecuária nas áreas já desmatadas, o reflorestamento com espécies nativas e os modos alternativos de produção em equilíbrio com os ecossistemas florestais (veja o capítulo 12).

LEIA TAMBÉM

No Brasil se destacam, entre outros antiaquecimentistas, o físico Luiz Carlos Molion, da Universidade Federal de Alagoas, o geólogo Gustavo Macedo de Melo Baptista, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, e o geógrafo Ricardo Augusto Felicio, da Universidade de São Paulo. Veja outras orientações na **Assessoria Pedagógica**.

Existe, de fato, um aquecimento global?

Para a corrente dos célicos ou antiaquecimentistas, a resposta para essa pergunta é não. De acordo com especialistas de algumas das principais universidades do Brasil, a tese de que o aumento das temperaturas globais da atmosfera e dos oceanos é causado por atividades humanas (emissão de Gases do Efeito Estufa) é extremista e carece de comprovação.

Segundo os célicos, o clima da Terra não é regulado pela concentração de CO₂ ou outros gases emitidos pelas atividades humanas, e sim por alterações cíclicas e naturais na radiação emitida pela superfície solar. É preciso, então, considerar os ciclos naturais de aquecimento e de resfriamento (períodos de glaciações) da atmosfera terrestre, que estaria, na verdade, num momento de resfriamento e não de aquecimento.

Os célicos defendem também que a redução das calotas polares e o consequente aumento do nível dos oceanos não foram comprovados. Em novembro de 2015, a Nasa (agência espacial estadunidense) publicou um estudo mostrando que, entre 1992 e 2008, houve um crescimento no acúmulo de neve na parte leste da Antártida. Esse aumento de neve e gelo teria provocado também a redução de 0,23 mm no nível dos oceanos, o que serviria de contra-argumento dos célicos.

A Nasa, entretanto, não contesta com esses dados a teoria do aquecimento global. Ao contrário: segundo a agência, com o aumento das temperaturas globais, a quantidade de vapor de água sobre os oceanos é maior e parte desse vapor é levado pelas correntes atmosféricas para a Antártida, onde se precipita na forma de neve.

Essa divergência de pensamento se deve às diferentes fontes de dados utilizadas pelos cientistas e às múltiplas interpretações de cada corrente teórica. Para os antiaquecimentistas, o uso de modelos de previsão de mudanças climáticas para longos períodos (décadas ou mesmo centenas de anos) está sujeito a imperfeições, pois, se há erros na previsão do tempo para períodos curtos, como dias e semanas, também haveria grande probabilidade de ocorrerem nas previsões de longo prazo. Ou seja, esses modelos de longos períodos que levam em conta a concentração de CO₂ na atmosfera e sua influência na temperatura global são passíveis de erro e imprecisão.

Apesar das divergências, é consenso a necessidade de avançar nas pesquisas, tanto na obtenção de dados confiáveis e independentes como na análise, interpretação e confrontação deles com a realidade, além da constatação de que a urgência da conservação ambiental está acima de qualquer teoria.

3. O enfrentamento dos problemas ambientais atmosféricos

Os efeitos negativos da poluição atmosférica alertaram a população mundial sobre os riscos associados ao modelo de produção e consumo predominante. Nesse modelo, a noção de desenvolvimento pressupõe uma escalada sem-fim do nível de consumo e, por consequência, da produção industrial e agrícola, com grande impacto nos recursos naturais, no equilíbrio dos ecossistemas e nas condições de sobrevivência da própria sociedade (reveja o capítulo 6).

Essa situação, evidenciada sobretudo a partir da década de 1970, abriu espaço em todos os continentes aos chamados movimentos ambientalistas, que passaram a questionar esse modelo de desenvolvimento, a denunciar os problemas socioambientais gerados por ele ou ainda a buscar soluções para essas questões. A atuação dos movimentos ambientalistas foi fundamental para a formação de uma consciência global, que seria o conjunto de pensamentos e ações individuais e coletivas diante de todas as formas de poluição, de esgotamento dos recursos naturais e de desequilíbrio socioambiental.

Os movimentos ambientalistas podem ser classificados em quatro correntes, de acordo com os princípios que seguem ou com as ações que praticam. Essas correntes estão descritas de maneira resumida no boxe *Leia também*, a seguir.

LEIA TAMBÉM

Correntes do movimento ambientalista no Brasil

- **Ecocapitalismo:** Também chamado ecologia liberal ou capitalismo verde, admite o (pre)domínio da grande empresa. Essa corrente defende os interesses empresariais como aplicadores de recursos na conservação, sendo o Estado apenas um guardião dos princípios ecológicos.
- **Realismo:** É a corrente que acredita na mudança de mentalidades por meio de movimentos sociais de princípios ecológicos. É flexível na interação com a sociedade global e baseia-se na pequena propriedade privada ou na cooperativa, com um Estado democrático administrado e organizado localmente.
- **Ecosocialismo:** Nesta corrente, não há possibilidade de ecologização do capitalismo ou socialismo real. Ela prega que, ao construir um sistema socioeconômico autogestionário, também a questão ecológica estaria sendo solucionada.
- **Fundamentalismo:** É o seguimento radical da ecologia, pois não vê possibilidade de mudar a sociedade, considerada predatória. O futuro se concebe como uma vida alternativa, radicalmente diferente da atual, rompendo com o consumismo capitalista.

FURLAN, Sueli Angelo; NUCCI, João Carlos. *Conservação das florestas tropicais*. São Paulo: Atual, 1999. p. 73.

É importante destacar que não se trata de identificar uma corrente mais ou menos “correta”, e sim de perceber que há diferentes posicionamentos ideológicos e ações diversas em relação à questão ambiental.

A pressão da sociedade foi fundamental, com a importante participação desses movimentos e de cientistas de diversas áreas do conhecimento, para que as questões ambientais passassem a ser abordadas também no plano político. Foi assim que surgiram as “conferências”, ou seja, reuniões entre chefes de Estado, com o estabelecimento dos respectivos documentos e compromissos oficiais, como os protocolos, tratados, cartas de intenções, entre outros.

Veja agora os principais eventos oficiais e os respectivos compromissos governamentais em relação à poluição atmosférica e às mudanças climáticas.

Protocolo de Montreal

O Protocolo de Montreal é o documento oficial da conferência realizada em 1987, em Montreal, no Canadá, composto de quatro acordos internacionais. Esses acordos se destacam pelos compromissos voltados à gradativa redução e à eliminação das substâncias que destroem a camada de ozônio, principalmente o CFC.

O Brasil foi um dos primeiros países a aderir ao Protocolo de Montreal e, em 2002, introduziu o Plano Nacional para Eliminação de CFC, que, além de proibir o uso desse produto na indústria, incluiu ações como a coleta, a reciclagem e a regeneração de gases que reduzem o ozônio na atmosfera. Tais ações garantiram a redução do uso desses produtos em 90% até 2006.

Entretanto, é necessário cumprir as metas para a eliminação de outras substâncias nocivas à camada de ozônio, como o brometo de metila, que estava previsto para ser eliminado até 2015, e o HCFC (hidrofluorcarbono), que deve ser eliminado até 2030.

Protocolo de Kyoto

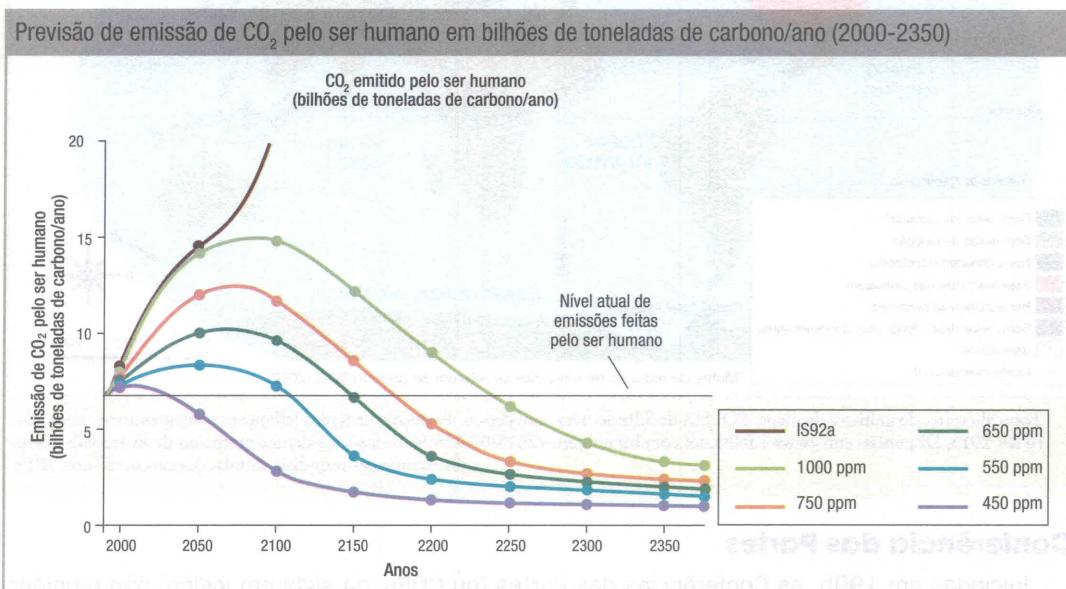
O Protocolo de Kyoto foi um acordo que recebeu a adesão de dezenas de países em 1997 na cidade de Kyoto, no Japão. Naquele momento histórico, já se verificava um grande envolvimento da comunidade científica internacional na questão das mudanças climáticas. A preocupação com o aumento das temperaturas atmosféricas globais ganhava força, aliada à comprovação por diversos cientistas, na década de 1990, das mudanças no clima e seus efeitos socioambientais.

As discussões desencadeadas por esse evento reforçaram a necessidade de reduzir a emissão de dióxido de carbono ou de gás carbônico (CO_2), resultante da queima de combustíveis fósseis.

Diante desse quadro, o Protocolo de Kyoto retoma e amplia a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climática da Rio-92, com a inclusão de metas a serem cumpridas pelos países mais desenvolvidos economicamente e responsáveis pela emissão da maior parte dos seis tipos de gases que provocam o efeito estufa. Entretanto, esse Protocolo recebeu críticas por falta de objetividade e de clareza nas metas a serem cumpridas por esses países.

Um dos pontos positivos do Protocolo de Kyoto é a formalização da necessidade de limitar a emissão de gases que intensificam o efeito estufa em nível global. Contudo, não há consenso sobre a quantidade limite de CO_2 que, teoricamente, poderia haver na atmosfera. O gráfico a seguir mostra a projeção de diferentes situações futuras, com base em propostas que apontam como limite desde 450 ppm (partes por milhão) até a menos restritiva, que sugere 1 000 ppm.

Rio-92: também conhecida como Cúpula da Terra, títulos dados à Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Cnumad), organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas) na cidade do Rio de Janeiro (RJ) em 1992. Esse evento teve sequência nas décadas seguintes, com a realização da "Rio+10" em 2002 e a "Rio+20" em 2012 – veja o capítulo 12.



O gráfico de previsão de emissão de CO_2 pelo ser humano em bilhões de toneladas de carbono/ano (2000-2350) revela que, caso sejam mantidas as atuais taxas de emissão de CO_2 nos próximos cinquenta anos (situação mostrada pela linha IS92a), a concentração chegará a níveis de risco elevado em 2100. As demais linhas mostram a projeção da concentração de gás carbônico se forem adotados diferentes limites máximos de emissão de CO_2 nos próximos cinquenta anos.

PEARCE, Fred. *O aquecimento global: causas e efeitos de um mundo mais quente*. Série Mais Ciência. São Paulo: Publifolha, 2002. p. 50.

O Comitê Intergovernamental sobre Mudança Climática revelou que, para atingir o objetivo de 450 ppm, seria necessário manter as emissões dos próximos cinquenta anos em valores inferiores aos de 1990, que eram de 270 ppm. Veja no boxe *Leia também*, da página seguinte, o cenário do Protocolo de Kyoto em 2015, dez anos após entrar em vigor.

LEIA TAMBÉM

Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais

Dez anos após ter entrado em vigor, o Protocolo de Kyoto tem um diagnóstico claro: o acordo fracassou em reduzir as emissões mundiais de gases estufa, que cresceram 16,2% de 2005 a 2012.

O pacto internacional, porém, não foi de todo inócuo e teve certo sucesso em conscientizar a sociedade e implantar projetos ambientais, tecnológicos e de desenvolvimento econômico para prevenir o agravamento do aquecimento global.

Concluído em 1997 em Kyoto, no Japão, o protocolo estabelecia metas de redução das emissões de gases estufa. Só em 2005 ele adquiriu força para entrar em vigor, com a ratificação pela Rússia.

O protocolo teve 189 ratificações, entre elas a do Brasil, em 2002. Mas suas novas metas de redução de emissões de 2013 a 2020, estabelecidas em 2012 no Qatar só tiveram até agora 23 adesões.

Em um balanço, a secretaria da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) destacou que 37 países, a maioria da União Europeia, superaram sua meta de reduzir em 5% suas emissões até 2012.

A agência, contudo, deixou de lado os números do aumento global das emissões e o alerta enfático feito em 2014 por seu braço científico, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática): não há mais tempo para reduzir a concentração de gases estufa para que o aumento médio da temperatura da superfície terrestre até 2100 seja inferior a 2 °C.

[...] seria preciso estabilizar as emissões até 2020 e reduzir as emissões em 80% até 2050.

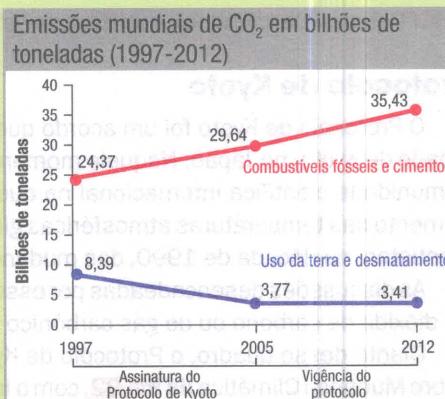
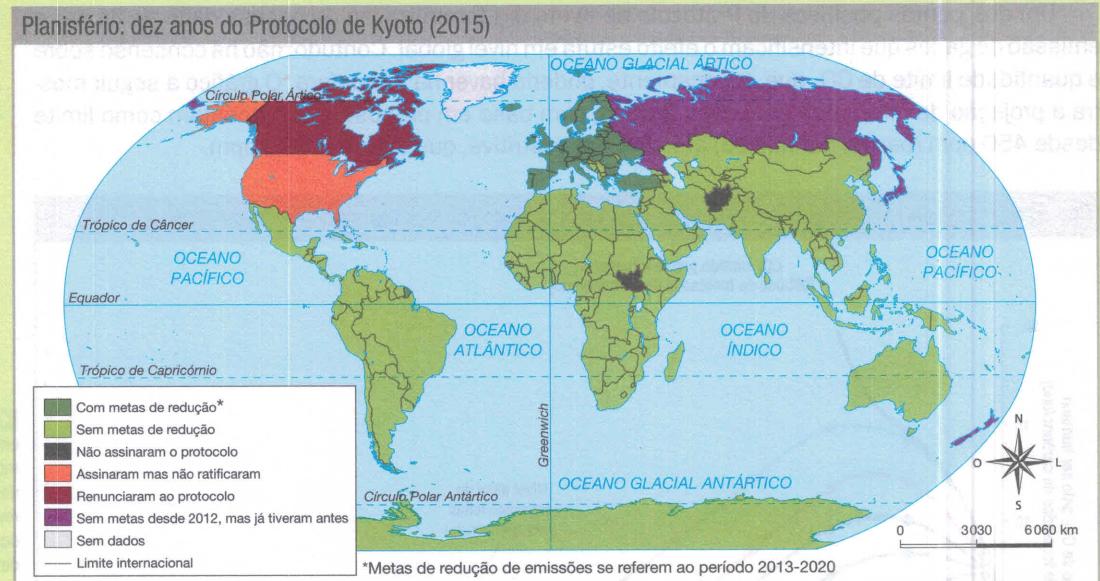


Gráfico de emissões mundiais de CO₂ em bilhões de toneladas (1997-2012).



Mapa do cenário do Protocolo de Kyoto no mundo (2015).

Fonte do texto, do gráfico e do mapa: FOLHA de S.Paulo. Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais, 16 fev. 2015. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>. Acesso em: 27 nov. 2015.

Conferência das Partes

Iniciadas em 1995, as Conferências das Partes (ou COPs, da sigla em inglês) são reuniões anuais entre os representantes dos 192 países que assinaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. Nas COPs são discutidas medidas a serem implantadas pelos governos dos diversos países para atingir as metas de emissão de poluentes atmosféricos e combater o aquecimento global. Frequentemente são acompanhadas de manifestações civis, com protestos e críticas à lentidão dos governos diante da urgência de estabelecer medidas necessárias para conter as mudanças climáticas em curso.

Até 2014, as COPs foram marcadas pela divergência entre países com diferentes níveis de desenvolvimento econômico. Isso porque a maior parte dos gases do efeito estufa era emitida pelos países mais desenvolvidos e industrializados – com exceção da China –, seguidos por outros países emergentes (por exemplo, Índia, Rússia, Brasil e México – veja a tabela). Nos últimos anos, esse quadro começou a mudar e os países emergentes aumentaram ainda mais o ritmo de emissão dos gases, dificultando a formação de consenso a respeito da definição dos limites de emissões a serem assumidos nos acordos.

Além disso, os países mais pobres, que emitem a menor parte dos gases e sofrem de forma mais intensa os efeitos das mudanças climáticas, reivindicam a transferência de recursos e tecnologias dos países desenvolvidos para que possam enfrentar essas consequências.

Nesse sentido, a COP 21, realizada em Paris em 2015, que contou com a participação de 195 países, foi considerada um marco histórico comparável ao Protocolo de Kyoto. Em relação às COPs anteriores, o documento intitulado “Transformando nosso mundo: a agenda de Desenvolvimento Sustentável para 2030” avançou em dois pontos fundamentais: estabeleceu a meta de manter o aumento das temperaturas globais abaixo de 2,0 °C, considerando os níveis pré-industriais, além de acenar a possibilidade de aumentar essa meta para 1,5 °C; levou em conta a diferenciação das responsabilidades e a capacidade produtiva dos países, ou seja, aqueles que mais poluem devem assumir maiores responsabilidades.

Uma das medidas foi a criação de um fundo no valor mínimo de US\$ 100 bilhões anuais entre 2020 e 2025, financiado pelos países ricos e emergentes, destinado ao enfrentamento das consequências do aquecimento global nos países mais pobres. Foi estipulado, ainda, um cronograma de revisão das metas a cada cinco anos.

Apesar dos avanços, há críticas e preocupações em relação a esse acordo, entre as quais se destacam:

- assim como nos documentos anteriores, os próprios países tiveram autonomia para estipular suas metas de redução de gases do efeito estufa, os chamados **INDCs**; além disso, o acordo não propõe mecanismos legais que permitam cobrar dos países as metas estabelecidas;
- a falta de clareza quanto à **descarbonização** das fontes de energia, já que o texto final não cita explicitamente os termos “descarbonização” e “combustíveis fósseis”, indicando apenas vagamente o objetivo de alcançar um pico de emissões de poluentes “tão logo quanto possível”, para, a partir de então, reduzi-las com base na ampliação da produção de energias mais limpas;
- os valores a serem destinados à ajuda aos países mais pobres e mais atingidos pelos efeitos do aquecimento global são muito inferiores aos subsídios dados pelos governos à produção de combustíveis fósseis, avaliados em US\$ 450 bilhões por ano (dados de 2013 e 2014, segundo o *Development Institute* e a *Oil Change International*).

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) foi criado em 1988 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em conjunto com a Organização Meteorológica Mundial (OMM). Seu objetivo é avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômicas associadas às mudanças climáticas e suas consequências socioambientais.

Menos vinculado a governos, o IPCC é composto por centenas de cientistas de diversas áreas do conhecimento (geologia, climatologia, meteorologia, economia, entre outras), cujo trabalho foi reconhecido em 2007, com o recebimento do Prêmio Nobel da Paz.

Os resultados das análises e discussões desse organismo internacional são utilizados para criar ações que visam à adaptação ou à prevenção das populações mais atingidas pelos efeitos das mudanças climáticas.



▲ Foto de protesto realizado por ONG francesa um dia antes do início da COP 21, em Paris, França, 2015. Nas faixas lê-se “Paris marcha em prol do clima” (em tradução livre).

Os 15 maiores emissores de gases do efeito estufa	
País	MtCO ₂ eq*
China	10 975,5
Estados Unidos	6 235,1
União Europeia	4 399,1
Índia	3 013,8
Rússia	2 322,2
Japão	1 344,6
Brasil	1 012,6
Indonésia	760,8
México	723,9
Irã	715,0
Canadá	714,1
Coreia do Sul	693,3
Austrália	648,2
Arábia Saudita	527,0
África do Sul	462,6

*Milhões de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente.

WORLD Resources Institute. Infographic: What Do Your Country's Emissions Look Like?, 23 jun. 2015.

Disponível em: <www.wri.org/blog/2015/06/infographic-what-do-your-countrys-emissions-look>. Acesso em: 7 mar. 2016.

INDC: Intended Nationally Determined Contributions, em inglês, ou Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada, na tradução usada pelo governo brasileiro.

Descarbonização: processo de substituição das energias de origem fóssil (carvão mineral e derivados do petróleo), responsáveis pela emissão da maior parte do carbono (CO₂), por energias mais limpas e renováveis, como a eólica (do vento), a solar e a biomassa.

Mecanismos e ações para enfrentar o aquecimento global

Além das ações governamentais em níveis local e global no sentido de repensar os princípios econômicos, em especial os níveis de consumo e as fontes energéticas utilizadas, outros mecanismos vêm sendo definidos para reduzir as emissões de gases do efeito estufa na atmosfera.

Um dos mais discutidos em nível global é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no Protocolo de Kyoto, com base no qual foi instituído o comércio de créditos de carbono. Esse comércio de créditos funciona de acordo com o seguinte princípio: os países mais industrializados, que não conseguem atingir os limites de emissão de carbono estipulados pelos organismos e acordos internacionais, podem compensar uma parte desse "saldo negativo" mediante investimentos de suas empresas em projetos de absorção de carbono realizados em outros países.

Na prática, são emitidos Certificados de Redução de Emissão de Carbono (ou CER, de *Certified Emission Reduction*) por agências ambientais reguladoras para empresas ou projetos que comprovadamente contribuem para reduzir a emissão de dióxido de carbono e de outros gases do efeito estufa. Cada tonelada de carbono absorvida ou não emitida corresponde a um crédito, e os certificados são comercializados em bolsas de valores e mercadorias, tendo atingido um total mundial superior a 142 bilhões de dólares em 2010. Os países europeus listados no Anexo I do Protocolo de Kyoto são os que mais investem nesse mercado (veja o gráfico). A China é o principal destino de CERs, seguida pela Índia, pelos demais países asiáticos, pelos países latino-americanos e africanos.

Esse mecanismo de compensação recebeu muitas críticas de ambientalistas, pois permite que países poluidores mantenham o mesmo modelo econômico e não invistam suficientemente em formas menos poluentes de produção industrial. Além disso, não contribui para o desenvolvimento de novos padrões de consumo menos impactantes.

Anexo I do Protocolo de Kyoto: documento que enumera os países aos quais se aplicam as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa. Dividem-se em dois grupos: membros da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), como Alemanha, França, Reino Unido, Bélgica, Noruega, entre outros, e os países do Leste Europeu, ex-integrantes do bloco socialista.

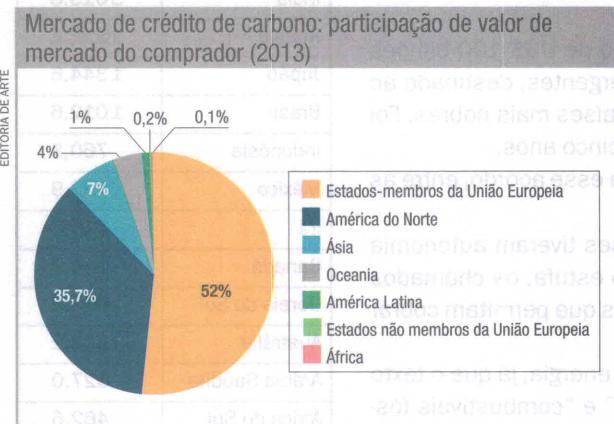


Gráfico de participação de valor de mercado do comprador no mercado de crédito de carbono (2013).

Mercado de crédito de carbono: volume transacionado e valor por região compradora (2013)

Região compradora	Volume comprado (em milhões de toneladas)	Valor de região de compra (em milhões de dólares)
Estados-membros da União Europeia	28	\$254
América do Norte	9	\$78
Oceania	3	\$30
Ásia	1	\$9,7
América Latina	0,4	\$4,1
Estados não membros da União Europeia	0,2	\$1,3
Africa	0,1	\$1,3

Gráfico e tabela adaptados de: SHARING the Stage. State of the Voluntary Carbon Markets 2014. Disponível em: <www.forest-trends.org/documents/files/doc_4841.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.



Os créditos, contudo, em geral revertidos em receita para os países menos desenvolvidos, podem estimular o desenvolvimento com menos impactos ambientais por meio da transferência de recursos e de tecnologias. Em tese, o mecanismo baseado nos créditos de carbono pode favorecer o combate ao desmatamento, criar empregos em projetos que possibilitam conservar as florestas e gerar energias alternativas, entre outros aspectos. Entretanto, não pode ser concebido como a "tábua de salvação" para os desequilíbrios ambientais atmosféricos, até porque esse mecanismo está sujeito a fraudes e a compensações duvidosas geradas pela dificuldade de fiscalizar e controlar projetos e as transações financeiras envolvidas.

Vista aérea do aterro sanitário Bandeirantes, no bairro de Perus, São Paulo (SP). 2008. Desde 2007, a Prefeitura do Município de São Paulo participa do mercado mundial de créditos de carbono. Os aterros sanitários evitam o lançamento do gás metano na atmosfera. Para a comercialização, esse gás é coletado, convertido em carbono equivalente e oferecido a investidores internacionais na forma de créditos de carbono. Indústrias de papel e celulose, usinas de açúcar e madeireiras são os tipos de empresas brasileiras que mais se beneficiam desse tipo de comercialização.

Do ponto de vista tecnológico, tem-se discutido nos últimos anos a possibilidade de reverter o aumento da temperatura global por meio de grandes projetos de engenharia. Trata-se da polêmica **geoengenharia**, que, assim como o mercado de créditos de carbono, não traz questionamentos sobre as bases do modo de produção, o consumo e as características do modo de vida predominante na sociedade contemporânea.

ATIVIDADES

- Em duplas, pesquisem em jornais, revistas e internet exemplos de projetos de geoengenharia. Em seguida, apresentem os resultados à turma e ao(a) professor(a) e discutam a viabilidade econômica e os riscos ambientais envolvidos nesses projetos.

Oriente os alunos na pesquisa de modo que diversifiquem os exemplos pesquisados pelas duplas e comparem os projetos em relação à viabilidade e aos custos econômicos e ambientais. Uma das fontes de pesquisa pode ser o artigo “Geoengenharia: delírio ou salvação?”, publicado em <<http://cienciahoje.uol.com.br/columnas/terra-em-transe/geoengenharia-delirio-ou-salvacao>> (acesso em: 12 out. 2015).

As ações individuais e coletivas dos cidadãos

Além da atuação dos institutos de pesquisa, dos cientistas, das ONGs, dos movimentos sociais e das iniciativas governamentais, cada cidadão deve fazer a sua parte para enfrentar as causas das mudanças climáticas. A expressão “cidadão do mundo”, muitas vezes usada para se referir às possibilidades de comunicação em rede mundial pela internet e outros meios, pode ser aplicada também às questões ambientais: as ações humanas em escala local têm conexão com o que ocorre em escala global, sobretudo quando se trata da atmosfera.

A regra dos “**três Rs**” – reduzir, reciclar e reutilizar – sintetiza as ações individuais que podem contribuir para amenizar os problemas ambientais atmosféricos. Veja algumas formas de atuação.

Leia na Assessoria Pedagógica a proposta de uma atividade complementar oportuna para o tema dos problemas ambientais atmosféricos e a regra dos “três Rs”.

Reducir

Diminuir o consumo de produtos industrializados e, principalmente, de água e energia acarreta menor quantidade de poluentes lançados na atmosfera, uma vez que as indústrias utilizam em seus processos produtivos grandes quantidades de água e de energia de origem fóssil (carvão mineral, petróleo e gás natural).

No Brasil, a energia elétrica provém, em sua maior parte, de usinas hidrelétricas, cujas construção e instalação provocam o alagamento de grandes áreas nos cursos fluviais. Assim, quanto mais se consome e, em muitos casos, se desperdiça energia elétrica, menores serão as superfícies disponíveis para a cobertura vegetal e, consequentemente, para a absorção de carbono.

A usina de Belo Monte, que em 2015 estava em fase final de construção no Rio Xingu, em Altamira, no estado do Pará, será a terceira maior do mundo (depois da hidrelétrica chinesa Três Gargantas e da paraguaio-brasileira Itaipu) e deverá alagar uma área de 516 km² de Floresta Amazônica. Além dos problemas ambientais, a construção dessa usina é questionada por alagar terras de povos indígenas e de ribeirinhos, o que gera intensos debates e disputas judiciais entre o Ministério Público Federal do Pará e o Supremo Tribunal Federal.

Reutilizar

A reutilização de produtos, desde que não comprometa a saúde humana e de outros seres vivos, também contribui para reduzir a quantidade de produtos e embalagens causadores de impactos socioambientais negativos. As embalagens descartáveis, em geral feitas de plástico, isopor e outros produtos bastante poluentes, substituíram em grande parte as embalagens retornáveis em diversos setores da indústria de bens de consumo não duráveis, como alimentos e bebidas.

O uso de garrafas PET na construção de aquecedores solares para residências é um exemplo de reutilização de um material altamente poluente, seja na linha de produção, seja no descarte. O reúso de água, sistema já adotado por algumas prefeituras e empresas brasileiras, diminui o gasto da energia necessária para o tratamento de água.

geoengenharia global

Geoengenharia: projetos de engenharia que teriam como objetivo o manejo da radiação solar ou a remoção de dióxido de carbono da atmosfera. O intuito dessas intervenções seria controlar e inhibir artificialmente o aumento das temperaturas globais. Trata-se, em geral, de projetos polêmicos, cujas consequências negativas ao equilíbrio dos ecossistemas ainda não são suficientemente conhecidas.

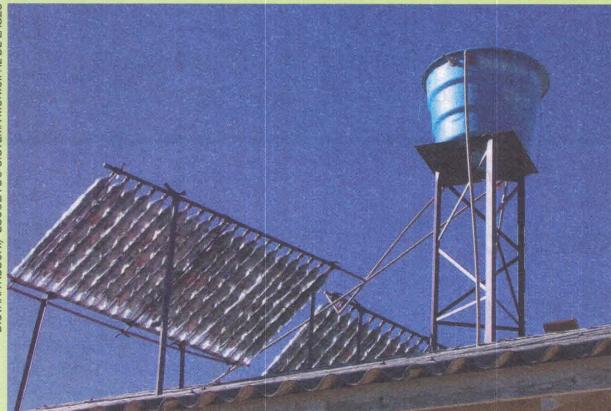


▲ Foto de área urbana em Altamira, Pará, 2012. Essa é uma das regiões que corriam risco de alagamento em decorrência da construção da hidrelétrica de Belo Monte, cuja construção é motivo de polêmicas, e muitos ambientalistas a criticam, especialmente por causa dos prejuízos aos povos indígenas e ribeirinhos que habitam a região. Eles questionam as consequências quanto à alteração do regime de escoamento do rio, que terá seu fluxo de água reduzido, ocasionando impactos sobre a flora e a fauna locais.

LEIA TAMBÉM

Escola itinerante desenvolve projeto utilizando a energia solar

Os professores, funcionários e alunos da Escola Municipal Itinerante Maria Alice Wolff de Souza desenvolvem em cinco núcleos do interior de Lages (SC) o projeto “Energia Solar na Área Rural”.



▲ Foto de aquecedores solares feitos com materiais recicláveis do Projeto Energia Solar na Área Rural, da Escola Itinerante da Prefeitura de Lages, Santa Catarina, 2009.

O projeto consiste na instalação de aquecedores solares confeccionados com materiais recicláveis, como garrafas PET e caixas de leite longa vida, nas oito comunidades atendidas pela Escola Itinerante. Os aquecedores já foram instalados em duas localidades [...].

De acordo com o diretor Wolni José Pigozzi, este é um projeto interdisciplinar, definido no início do ano no plano de ensino. O objetivo do projeto é de economizar a energia convencional, contribuir com a preservação do ambiente e também proporcionar melhor qualidade de vida às pessoas de baixa renda, com a instalação do aquecedor em suas residências. [...]

OLIVEIRA, Arianne. Escola itinerante desenvolve projeto utilizando a energia solar. Portal da Prefeitura de Lages. Disponível em: <www.lages.sc.gov.br/dinamica/ver_noticia.php?codigo=5402>. Acesso em: 24 ago. 2012.

JULIO AVANZO / FLICKR / CC



▲ Foto da Português do Brasil, cooperativa de catadores de lixo no bairro de Pinheiros, São Paulo (SP), 2011. O trabalho dos catadores de papel, papeão, latas de alumínio e recicáveis nas grandes cidades é ainda pouco reconhecido pela sociedade, em geral. Muitos catadores têm se organizado em cooperativas para lutar por seus direitos como cidadãos e trabalhadores e buscar a profissionalização e melhores condições de trabalho.

Reciclar

A reciclagem de papel, plásticos, vidros, pneus, materiais de construção, metais e diversos outros objetos, como pilhas, baterias, celulares e aparelhos eletrônicos, é uma das estratégias mais importantes para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos e os impactos ambientais em geral.

Reciclar papel, por exemplo, evita o corte de mais árvores, que farão a absorção de carbono presente na atmosfera por meio da fotossíntese. A reciclagem de plástico, vidro e de componentes eletrônicos, além de reduzir a pressão sobre os aterros sanitários (reveja o capítulo 6), diminui a exploração de matérias-primas na indústria e também o consumo de água e de energia no processo de produção industrial.

Esses três princípios – reduzir, reutilizar e reciclar

– influenciam uma série de ações individuais e coletivas que podem ser praticadas no âmbito local, de acordo com cada realidade. Além de melhorar a qualidade de vida da população diretamente envolvida nesse processo, essas ações contribuem para reduzir a emissão dos gases que aumentam o efeito estufa e provocam mudanças climáticas. Além dos “três Rs”, outras ações contribuem nesse sentido, direta ou indiretamente:

- a valorização do transporte coletivo (trens, metrôs, ônibus, barcos etc.), em detrimento do individual motorizado (automóveis e motos);
- o combate ao desmatamento;
- o incentivo ao reflorestamento com espécies nativas de cada bioma;
- o plantio de árvores em áreas urbanas;
- a participação dos cidadãos nas discussões sobre os problemas ambientais locais;
- o consumo de produtos com procedência socioambiental certificada.

Essas ações são apenas algumas que representam uma mudança de mentalidade, necessária para combater os desequilíbrios em escalas local e global, tanto em relação à atmosfera como aos demais elementos naturais. O uso e as transformações que os seres humanos fazem dos recursos naturais devem ser repensados para não colocar em risco a sobrevivência da própria humanidade.

RELEITURA

Este capítulo teve como foco o problema ambiental de maior repercussão nas últimas décadas: as mudanças climáticas provocadas pela interferência das atividades humanas na atmosfera. As causas dessas mudanças estão ligadas ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, com destaque para o gás carbônico (CO_2).

O efeito estufa é um fenômeno natural da atmosfera terrestre, responsável pela manutenção das temperaturas médias ideais para a existência da diversidade biológica e para a própria sobrevivência humana. Entretanto, para muitos cientistas, houve um rompimento do equilíbrio natural do ciclo do carbono pelas atividades antrópicas, sobretudo em razão do elevado consumo de energias fósseis na produção industrial e nos transportes. Isso aumentou a concentração de poluentes na atmosfera, o que acabou ocasionando mais calor retido na troposfera.

Entre as principais consequências desse aumento da temperatura atmosférica global, estão as mudanças climáticas e a intensificação dos efeitos de fenômenos como *El Niño*, os ciclones, os furacões e os tornados. Para enfrentar esses problemas ambientais atmosféricos, destacam-se algumas iniciativas governamentais, como a ratificação de acordos internacionais e o cumprimento das metas estabelecidas; as iniciativas de caráter mercadológico, como a comercialização dos créditos de carbono, e dos indivíduos e organismos da sociedade em geral, baseadas no princípio dos “três Rs” – reduzir, reutilizar e reciclar.

2. b) Resposta pessoal. Espera-se que os alunos mencionem que a realização de reuniões, como o fórum citado no texto, tem sido cada vez mais frequente e serve para subsidiar os governos na tomada de decisões diante das incertezas geradas pelas mudanças climáticas. Fenômenos extremos como tempestades, tornados, ciclones e estiagens prolongadas, por exemplo, são atribuídos cada vez mais a mudanças climáticas que teriam afetado o aquecimento global.

ATIVIDADES DE ANÁLISE E COMPREENSÃO

1. Resposta pessoal. Incentive os alunos a rever as discussões sobre as causas e os efeitos do aquecimento global, além das ações locais que contribuem para acelerar as mudanças climáticas em escala global.

1. Retome a atividade inicial deste capítulo. Reveja o que você elaborou sobre a relação entre o desmatamento e o aquecimento global. Se necessário, acrescente em sua resposta no caderno informações e reflexões sobre essa relação desenvolvidas e obtidas ao longo do capítulo.

2. Leia o trecho a seguir e responda às questões no caderno.

Foro Climático do Mercosul

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) promove periodicamente um Fórum Regional de Perspectiva Climática para o Sudeste da América do Sul, com a finalidade de prover aos países do cone sul uma previsão climática capaz de oferecer aos usuários apoio em suas decisões. [...]

INSTITUTO Nacional de Meteorologia (Inmet). Previsão climática. Foro Climático do Mercosul. Disponível em: <www.inmet.gov.br/html/prev_climatica.php>. Acesso em: 24 ago. 2012.

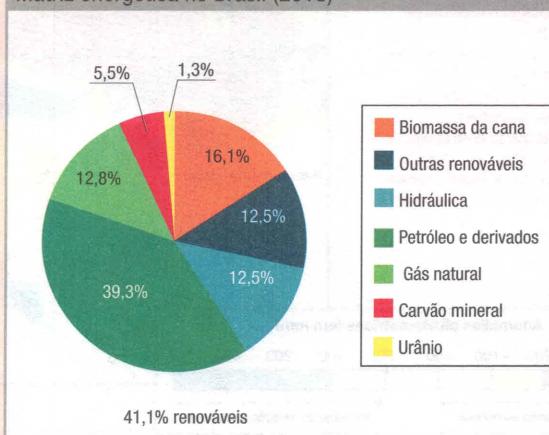
a) Dê exemplos de informações climáticas que podem ser úteis aos governos para planejar atividades econômicas e oferecer assistência a populações atingidas por catástrofes naturais.

b) Em sua opinião, qual é a relação entre reuniões como a que foi citada no trecho e o aquecimento global?

3. Observe os gráficos ao lado. Compare a participação brasileira e a mundial na emissão de gases do efeito estufa.

2. a) Entre as informações essenciais sobre as condições climáticas a serem utilizadas pelos governos dos países estão os índices de pluviosidade e as temperaturas médias. Essas informações podem servir para amenizar os efeitos de períodos de chuvas acima

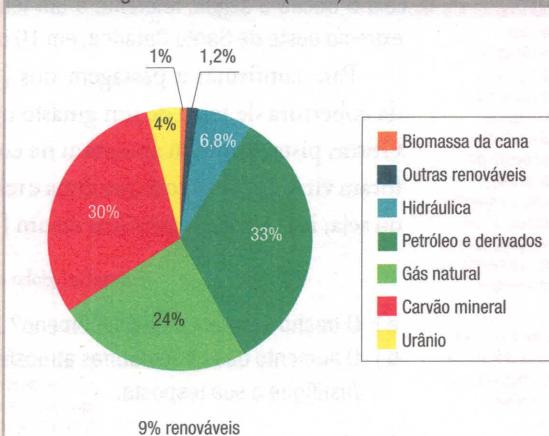
Matriz energética no Brasil (2013)



EDITORIA DE ARTE

ou abaixo da média (enchentes, deslizamentos, quedas na produção agrícola) ou de temperaturas extremas, como ondas de calor ou nevascas, com efeitos sobre a saúde da população e sobre o cultivo de gêneros alimentícios.

Matriz energética no mundo (2013)



EDITORIA DE ARTE

EMPRESA de Pesquisa Energética – EPE – Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2014, relatório síntese – ano-base 2013. Disponível em: <http://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2014_Web.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2015.

3. A matriz energética brasileira pode ser considerada proporcionalmente menos poluente do que a matriz mundial. Apesar de a maior parte da matriz energética brasileira vir de fontes emissoras de gases do efeito estufa (39,3% do petróleo e derivados, 12,8% do gás natural e 5,6% do carvão mineral), esse total (57,7%) ainda é menor do que o percentual total utilizado no mundo (87%). Ou seja, esse já é um dado revelador de que a matriz brasileira é menos poluente do que a utilizada mundialmente em média.

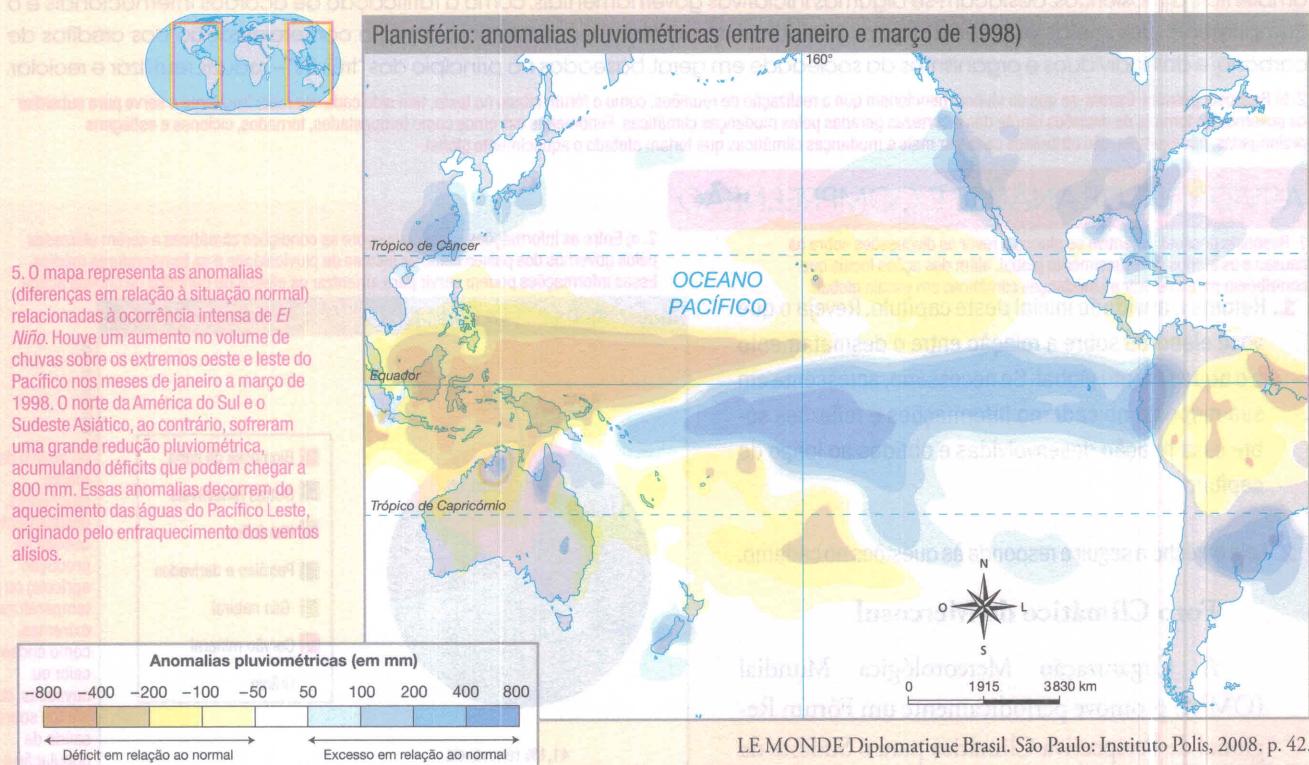
4. Como o artigo trata de mudanças climáticas, pode-se deduzir que a paciente é o planeta Terra; e as células são os seus habitantes, tanto as pessoas como as espécies animais e vegetais que já sofrem os efeitos das mudanças climáticas.
4. Leia o trecho a seguir, extraído de um texto que trata de mudanças climáticas e de ações necessárias para amenizar seus efeitos.

“Considerando que a maior parte dos danos provocados à saúde da nossa paciente é crônica, será difícil reverter completamente esse quadro. Serão necessárias ações de adaptação, reabilitação, prevenção, mitigação e terapias capazes de proporcionar melhor qualidade de vida às suas células [...]”

SALDIVA, Paulo; VORMITTAG, Evangelina. Problemas crônicos exigem terapia de reabilitação preventiva. *Scientific American*. São Paulo, ano 8, n. 95. p. 38.

- Identifique, nesse trecho, a quem os autores se referem como “paciente” e como “células”.

5. Observe o mapa a seguir. Identifique e explique o fenômeno associado às anomalias pluviométricas que ele representa.
5. Neste mapa os oceanos ficaram em branco para facilitar a visualização das anomalias pluviométricas.



5. O mapa representa as anomalias (diferenças em relação à situação normal) relacionadas à ocorrência intensa de *El Niño*. Houve um aumento no volume de chuvas sobre os extremos oeste e leste do Pacífico nos meses de janeiro a março de 1998. O norte da América do Sul e o Sudeste Asiático, ao contrário, sofreram uma grande redução pluviométrica, acumulando déficits que podem chegar a 800 mm. Essas anomalias decorrem do aquecimento das águas do Pacífico Leste, originado pelo enfraquecimento dos ventos alísios.

6. a) O trecho se refere a um tornado. Justificativa: a referência à cobertura de ferro e a árvores retorcidas por movimento circular do vento. Outro fenômeno que poderia provocar esses efeitos seria o ciclone, porém o fato de ter ocorrido em uma área distante do oceano (extremo oeste do estado de Santa Catarina), segundo o enunciado da questão, diminui a probabilidade de se tratar de um ciclone, pois este se forma sobre o oceano e perde força em áreas continentais.

7. Como a camada formada por gases de efeito estufa dificulta a dispersão do calor, o resultado é o aumento da temperatura global. A expressão “aquecimento global” é usada para denominar o aumento das temperaturas em razão da emissão de gases poluentes pelas atividades humanas.

6. b) No trecho citado, as supressões [...] feitas por razões didáticas, são da palavra “tornado”. O título da matéria no original é “Inpe confirma tornado em Santa Catarina”.

6. Leia o trecho a seguir, referente a um fenômeno atmosférico registrado no município de Guaraciaba, no extremo oeste de Santa Catarina, em 10 de setembro de 2009.

Para confirmar a passagem dos [...], os meteorologistas levaram em consideração imagens da cobertura de ferro de um ginásio que ficou retorcida, efeito do movimento circular do vento. Outras pistas também ajudaram na conclusão: “árvores que tiveram o tronco cortado, carros que foram virados com a roda pra cima e relato de pessoas que foram arremessadas a algumas distâncias, ou seja, isso são características de um [...]”, diz o meteorologista Leandro Puchalski.

Portal G1, com informações do Jornal Nacional, 10 set. 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1300086-5598,00.html>>. Acesso em: 12 out. 2015.

- a) O trecho se refere a qual fenômeno? Justifique a sua resposta.

- b) O aumento das temperaturas atmosféricas globais pode contribuir para intensificar esses fenômenos? Justifique a sua resposta.

7. Qual é a relação entre o efeito estufa e o aquecimento global?

b) Resposta pessoal. Espera-se que os alunos percebam que o aquecimento global pode, sim, influenciar a ocorrência desses fenômenos, originados pela acentuada diferença de temperatura entre diferentes massas de ar (nesse caso, entre a superfície e as camadas mais altas da troposfera). Com o aquecimento global, a diferença de temperatura entre essas camadas se torna ainda maior, intensificando o movimento circular dos ventos, bem como o surgimento de tornados e de ciclones.

8. Cite duas consequências do aquecimento global para o planeta e explique-as.

8. Aumento do nível dos oceanos e submersão de muitas cidades litorâneas, o que está em vias de ocorrer por causa do derretimento das calotas polares e da elevação do nível das águas oceânicas. Esse derretimento, por sua vez, decorre do aumento da temperatura atmosférica global, provocado por desmatamentos e queimadas de florestas e matas – com o aumento de CO₂ na atmosfera, dificulta-se a dispersão do calor para o espaço.

QUESTÕES DE VESTIBULARES E DO ENEM

Nas questões de múltipla escolha, escreva no caderno um comentário para justificar a alternativa escolhida. As questões dissertativas também devem ser respondidas no caderno. Os mapas desta seção foram reproduzidos das questões de vestibulares e do Enem, por isso nem sempre apresentam todos os elementos cartográficos.

1. (IFSC)



Imagen disponível em: <http://meioambiente.culturamix.com/lixo/cores-da-reciclagem>. Acesso em: 2 ago. 2014.

Os três “Rs” do desenvolvimento sustentável, REDUZIR, REUTILIZAR e RECICLAR, estão no topo dos projetos alternativos que visam racionalizar o uso dos recursos naturais. As campanhas educativas defendem que no cotidiano das pessoas essas ações podem ser concretizadas por atitudes simples como a redução no uso de sacolas de supermercado, a separação dos resíduos sólidos e o reaproveitamento, por exemplo, de garrafas de refrigerantes para outros fins. Há, entretanto, de acordo com o interesse, divergências na forma como esses três “Rs” são tratados pelos diversos setores que compõem as sociedades.

Leia e analise as afirmações abaixo: 1. A. Alternativas III e IV estão incorretas. Veja outras orientações na Assessoria Pedagógica.

- I. Essas divergências existem porque para as indústrias de forma geral não interessa REDUZIR o consumo dos seus produtos. Por isso, ao mesmo tempo que se dizem preocupadas com o meio ambiente, elas fazem grandes investimentos em campanhas publicitárias para incentivar o consumo.
- II. O consumo de mercadorias é a base que sustenta o modo de vida capitalista: sem ele, o sistema entra em colapso. Por isso, dos três Rs, as grandes corporações capitalistas dão mais ênfase ao REUTILIZAR e ao RECICLAR.
- III. Não podemos viver sem consumir, portanto, o problema maior não é tanto na forma e na quantidade que consumimos, mas sim com o destino final dos resíduos sólidos após se completar o ciclo do consumo. Por isso, dos três Rs, o REUTILIZAR e o RECICLAR são de fato os mais importantes porque resolvem o problema dos aterros sanitários.
- IV. Os ambientalistas defendem que o desenvolvimento sustentável passa pelo consumo consciente, estimulado por políticas tais como a redução das taxas de juros ao crédito e a isenção de impostos sobre produtos industrializados, e um eficiente controle da natalidade.

Assinale a alternativa CORRETA.

- a) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- b) Apenas a afirmação III é verdadeira.
- c) Apenas as afirmações II e IV são verdadeiras.
- d) Apenas as afirmações III e IV são verdadeiras.
- e) Todas as afirmações são verdadeiras.

2. a) As cidades modificam o clima local, produzindo um clima próprio denominado clima urbano. Um fenômeno característico que ocorre nas cidades é a ilha de calor, que se caracteriza por temperaturas mais elevadas nas áreas centrais, diminuindo em direção às áreas periféricas e rurais circunvizinhas.

2. (UFC-CE) A urbanização tem gerado uma série de problemas de degradação dos recursos naturais repercutindo na qualidade de vida das populações. Em relação às influências da urbanização sobre o clima, observa-se uma série de alterações nos diferentes atributos do sistema climático. Sobre esse tema, responda ao que se pede a seguir.

2. d) A maior concentração de poluentes na cidade pode gerar uma série de consequências: os edifícios sofrem corrosão, os metais são oxidados e as pinturas, deterioradas; o ar poluído reduz a visibilidade, com efeitos sobre o sistema de transporte. A poluição causa ainda doenças no sistema respiratório, notadamente a bronquite crônica, além das doenças alérgicas e dermatológicas.

- a) Identifique o fenômeno térmico que se forma sobre as cidades.
- b) Cite dois fatores que causam o aumento da temperatura na cidade.
- c) Identifique um elemento da natureza que ameniza as condições térmicas nas cidades.
- d) Mencione uma consequência da poluição da atmosfera nas cidades. 2. c) A presença de vegetação e corpos hídricos contribui para amenizar o clima da cidade, daí a importância de áreas verdes e espelhos d’água no ambiente urbano.

3. (Unicamp-SP)

A poluição nos grandes centros urbanos, como Curitiba, pode causar determinadas doenças como rinite, alergias, asma, problemas de pele e cabelo. Pessoas sensíveis às partículas em suspensão no ar podem desenvolver tais doenças ao respirar o ar poluído dos grandes centros.

Durante todo o ano essas doenças podem acontecer, mas é no inverno que ficam mais acentuadas.

(Adaptado de *Jornal do Estado*, Curitiba, 1º/6/2009.)

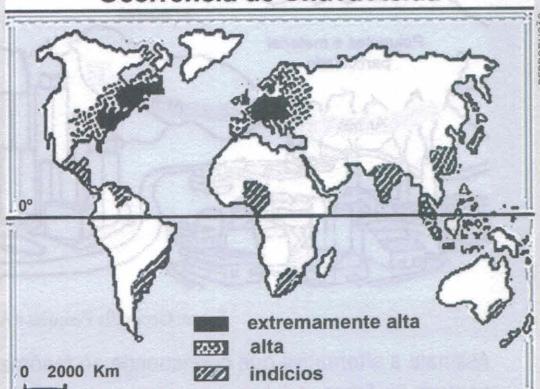
Durante o inverno, em Curitiba, é comum a ação da Massa Polar Atlântica, que facilita a ocorrência de problemas respiratórios, pois:

- a) aumenta a umidade relativa do ar e promove a inversão térmica, o que provoca a concentração de poluentes nas partes altas da cidade.
- b) aumenta a umidade relativa do ar e promove a inversão térmica, o que provoca a concentração de poluentes próximos da superfície do solo.
- c) reduz a umidade relativa do ar e promove um maior aquecimento da parte central da cidade, se comparado à periferia, o que concentra os poluentes.
- d) reduz a umidade relativa do ar e promove a inversão térmica, o que provoca a concentração de poluentes próximos da superfície do solo. 3. D. No inverno o ar está sujeito a inversões térmicas, que é o ar frio fica próximo à superfície, abaixo do ar quente, dificultando a circulação do ar, deixando-o estagnado e ajudando a concentração dos poluentes. Nas condições descritas no enunciado ocorre uma diminuição da umidade do ar. O maior aquecimento do centro urbano em relação à periferia (alternativa C) é chamado ilha de calor.

4. (Enem)

enunciado ocorre uma diminuição da umidade do ar. O maior aquecimento do centro urbano em relação à periferia (alternativa C) é chamado ilha de calor.

Ocorrência de Chuva Ácida



Disponível em: <http://img15.imagestack.us> (adaptado).

REPRODUÇÃO

6. B. As inversões térmicas são mais comuns no outono e na primavera, períodos de baixa pluviosidade. O ar próximo à superfície resfria-se rapidamente, ficando embaixo de uma camada de ar quente. Esse processo dificulta a circulação de ar e a dispersão de poluentes.

A maior frequência na ocorrência do fenômeno atmosférico apresentado na figura relaciona-se a:

- a) concentrações urbano-industriais.
- b) episódios de queimadas florestais.
- c) atividades de extrativismo vegetal.
- d) índices de pobreza elevados.
- e) climas quentes e muito úmidos.

5. (UFPR) A urbanização é um processo que apresentou considerável intensificação com o advento da revolução industrial. Desde então, as cidades passaram a concentrar cada vez mais pessoas, atividades e mercadorias, produzindo importantes alterações na natureza local. O clima urbano atesta um aspecto dessas alterações, fato evidenciado de maneira clara na poluição do ar das grandes cidades.

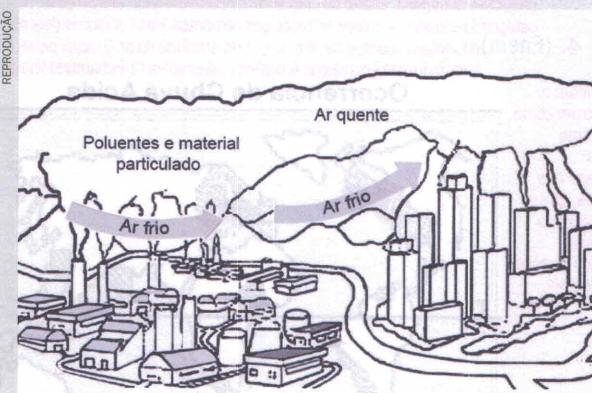
Quanto à poluição do ar nas grandes cidades, é **incorrecto** afirmar:

- a) A poluição atmosférica urbana pode ser tanto de origem natural quanto decorrente das atividades humanas.
- b) A ocorrência de chuvas ácidas nas cidades está relacionada, principalmente, à concentração de poluentes na atmosfera local.
- c) A poluição atmosférica é composta por gases e material particulado e, quando intensa e associada a nevoeiro, dá origem ao **smog**.
- d) Na estação de inverno, quando o ar se torna mais pesado devido às baixas temperaturas, a atmosfera tende a concentrar poluentes.
- e) A concentração e dispersão de poluentes na atmosfera, ao longo do ano, se mantêm constantes, pois os gases e os materiais particulados são imunes às condições térmicas do ar.

Smog: Termo formado pelas palavras *smoke* (= fumaça) e *fog* (= nevoeiro denso), que nomeia um forte nevoeiro, misturado a elementos poluentes.

6. (Unemat-MT) As metrópoles são os ambientes que mais expressam a intervenção humana no meio natural.

A figura, a seguir, representa um fenômeno climático cada vez mais comum nas grandes cidades.



Fonte: Geografia Pesquisa e Ação (2005).

Assinale a alternativa que corresponde ao fenômeno representado na figura.

5. E. A alternativa é falsa, pois a concentração e a dispersão de poluentes na atmosfera urbana estão relacionadas diretamente com as condições térmicas do ar. Os ventos que dispersam os poluentes são originados da variação de temperatura e, consequentemente, da pressão. No verão, estação mais chuvosa, o ar fica mais limpo. No inverno, período de baixa pluviosidade e temperaturas mais baixas, o ar fica estagnado e poluído.

4. A. O mapa mostra as regiões mais industrializadas dos continentes. Nessas regiões são maiores as emissões de gases como óxidos de nitrogênio e de enxofre, responsáveis pela formação dos ácidos nítrico e sulfúrico, os quais contribuem para a formação da "chuva ácida".

7. C. A emissão de gás carbônico e de gás metano por indústrias e veículos e em função de queimadas resulta na elevada concentração de gases estufa, impedindo a liberação de parte do calor das radiações solares para além da atmosfera. A elevação da temperatura decorrente desse fenômeno intensifica o efeito estufa, com efeitos sobre a manutenção do equilíbrio vital do planeta. Veja na Assessoria Pedagógica uma sugestão de atividade complementar, com a elaboração de painéis sobre a participação de países nos encontros e conferências sobre clima.

7. (PUC-RJ)



POLITICAL CARTOONS

www.politicalcartoons.com

Um problema ambiental e seu efeito sobre a Terra, diretamente relacionados à charge, estão corretamente apresentados na opção:

- a) A destruição da camada de ozônio pelo despejo de resíduos de CFC nos mares, rios e lagos promove a contaminação das águas, a perda da biodiversidade e alterações na dinâmica das massas de ar.
- b) O acúmulo de enxofre e metano pela fertilização dos solos e a expansão das queimadas contaminam os lençóis freáticos, provocando a alteração do ecossistema de rios, lagos e mares e a destruição de florestas.
- c) A intensificação do efeito estufa, decorrente da queima de combustíveis fósseis pelas indústrias, resulta em efeitos sobre a dinâmica das chuvas e dos ventos, além de alterar os níveis dos oceanos e extinguir espécies.
- d) A formação de ilhas de calor, como decorrência do acúmulo de energia nas superfícies impermeabilizadas, reduz os efeitos da radiação solar sobre a superfície terrestre e aumenta gradativamente a umidade relativa do ar.
- e) O aumento no uso de produtos químicos destinados a melhorar a produtividade da agricultura resulta na contaminação do solo, poluição dos mananciais de água e alteração da cadeia alimentar de pragas e predadores.

Leitura Transversal

Leia o texto a seguir.

Texto 1

O objetivo desta atividade é abordar e correlacionar os temas transversais saúde e meio ambiente. Com base nos documentos apresentados é possível relacionar algumas ameaças à saúde humana, como a ocorrência de epidemias, a determinadas características e fenômenos naturais, em especial aqueles relacionados ao clima e suas possíveis mudanças futuras. É importante discutir com os alunos as responsabilidades da sociedade em geral e, principalmente, dos órgãos governamentais diante dessa realidade presente e futura. A omissão ou a inoperância dos órgãos do governo aumentam os riscos aos quais comunidades inteiras são expostas, sobretudo aquelas em que a infraestrutura é mais

Impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana

Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana podem ser apreciados, de forma resumida [...]

precária, em que se verifica a ausência de tratamento de água e esgotos, coleta de lixo, entre outros serviços essenciais à saúde humana.

A atividade pode ser desenvolvida em conjunto com o(a) professor(a) de Biologia, que pode aprofundar as patologias citadas (doenças infecciosas, epidemias, distúrbios alimentares, entre outras) e suas consequências para a saúde e a qualidade de vida das populações atingidas pelas catástrofes naturais e por mudanças climáticas. Os conceitos de



O clima basicamente atua de duas formas: de maneira contínua, influenciando os fenômenos biológicos, e de forma episódica, através dos eventos climáticos/meteorológicos extremos. No primeiro caso, no que diz respeito à saúde humana, temos os fatores tais como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e até o ciclo hidrológico afetando a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados **vetores** de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da malária, da febre da dengue etc.

No caso dos eventos extremos, o principal impacto na saúde da população humana se dá através dos acidentes e traumas, como no caso de tempestades seguidas de inundações – especialmente em zonas urbanas – que provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra, desabamentos de prédios etc. Um outro tipo de evento extremo, a seca, tem efeitos na saúde mais insidiosos e indiretos, por perda na produção agrícola e, consequentemente, impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de fenômenos demográficos [...].

Alguns tipos de eventos meteorológicos extremos podem também causar, de forma direta, epidemias de doenças infecciosas, conforme verificamos em várias aglomerações urbanas brasileiras, durante as chuvas de verão; com a leptospirose, por exemplo, que é uma doença de **veiculação hídrica** disseminada pela água das inundações, em regiões onde a coleta de lixo é precária e os roedores de esgoto são abundantes.

CONFALONIERI, Ulisses E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. In: *Terra Livre*, São Paulo. Ano 19, v. I, n. 20, jan./jul. 2003. p. 194-195. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/UConfalonieri2.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2015.

1. Sim. Os dois textos discutem a relação entre eventos climáticos e a saúde humana. No primeiro texto, essa ideia é apresentada já no primeiro parágrafo: “Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana [...]”. No segundo texto, também a afirmação inicial transmite essa ideia: “As catástrofes ambientais cada vez mais frequentes e intensas vão destruindo vidas [...]”.

Patógeno: microrganismos causadores de doenças ou patologias, como as bactérias, vírus, fungos, entre outros.

Vetor: organismos vivos que podem abrigar e propagar bactérias, vírus, parasitas ou outros causadores de doenças. Um exemplo de vetor é o mosquito *Aedes aegypti*, transmissor dos vírus da dengue, da zika e da chikungunya.

Veiculação hídrica: transporte ou transmissão por ambientes aquáticos como rios, lagos etc.

2. Os impactos na saúde humana são maiores nas populações mais pobres. No primeiro texto, essa associação é menos explícita, mas é apresentada ao final ("[...] pela água das inundações, em regiões onde a coleta de lixo é precária e os roedores de esgoto são abundantes"). O segundo texto é mais explícito: já no primeiro parágrafo se afirma que as catástrofes naturais "Podem prejudicar as capacidades humanas e ameaçar o desenvolvimento humano em todos os países – especialmente nos mais pobres e mais vulneráveis". Além disso, o segundo texto vai além ao afirmar que as mulheres, pessoas com deficiência e minorias étnico-raciais sofrem de forma ainda mais intensa esses efeitos.

Texto 2

Catástrofes naturais

Resiliência: capacidade de retornar ao estado inicial ou natural após um período crítico. A ONU usa esse conceito para se referir à capacidade de uma comunidade de retomar sua condição de sobrevivência após eventos naturais extremos, como secas prolongadas, inundações, terremotos, entre outros.

Mitigados: diminuídos, aliviados, abrandados.

3. O gráfico mostra que a partir de meados do século XX houve um aumento significativo de catástrofes naturais climatológicas (aumento das temperaturas globais, por exemplo), meteorológicas (chuvas torrenciais e secas prolongadas) e hidrológicas (inundações). Nesses eventos ocorre um aumento no número de pessoas afetadas por doenças transmitidas em condições ambientais extremas, como a leptospirose durante as inundações. Deve-se considerar que parte do "aumento das catástrofes" pode ser decorrência de melhorias nas medições e no monitoramento de desastres ambientais.

5. Respostas pessoais. Oriente os alunos a respeito da possível relação entre os textos e a realidade local. Ressalte a importância da elaboração de planos de emergência para os diferentes casos, como a obtenção de água potável no período de seca, a evacuação de áreas sujeitas a inundações ou a deslizamentos, a proteção das residências contra fortes ventanias, entre outras medidas. Caso em sua região não se verifiquem esses eventos (chuvas torrenciais, secas prolongadas, possibilidade de aumento do nível do mar etc.), procure motivar os alunos a pesquisar outras áreas sujeitas a esse tipo de catástrofes e suas consequências ambientais e sociais. O site português "Público"

As catástrofes ambientais cada vez mais frequentes e intensas vão destruindo vidas, meios de subsistência, infraestruturas físicas e ecossistemas frágeis. Podem prejudicar as capacidades humanas e ameaçar o desenvolvimento humano em todos os países – especialmente nos mais pobres e mais vulneráveis. O rendimento mais elevado e o *status socioeconômico* estão associados a uma maior capacidade para absorver perdas e a uma maior **resiliência**. As mulheres, pessoas portadoras de deficiência e minorias raciais e étnicas podem enfrentar maiores entraves à recuperação de catástrofes, em parte porque dispõem de menos bens pessoais e de acesso desigual aos vários tipos de assistência. As crianças, as mulheres e os idosos são particularmente vulneráveis.

As catástrofes naturais vêm aumentando tanto na frequência como na intensidade. Entre 1901 e 1910 registraram-se 82 catástrofes, contudo, entre 2003 e 2012, registraram-se mais de 4 000. Mesmo tendo em conta melhores técnicas de registro, o aumento é substancial. Um fator particularmente preocupante é a maior incidência de catástrofes hidrológicas e meteorológicas [ver gráfico]. Apesar de o número de mortes por causa das catástrofes naturais estar diminuindo, o número de pessoas afetadas vem aumentando.

A frequência e a gravidade das ondas de calor, inundações, secas e elevada precipitação estão associadas às alterações. Estes fenômenos meteorológicos extremos infligem custos econômicos e sociais excepcionalmente elevados. Além disso, cada vez maiores são as provas científicas de que a ação do homem é responsável pelo aquecimento da atmosfera e dos oceanos, pelo aumento do nível das águas do mar e por alguns fenômenos climáticos extremos. O aquecimento global aumenta a probabilidade de impactos graves, profundos e irreversíveis. Assim, alguns destes fenômenos meteorológicos extremos poderiam, potencialmente, ser evitados, ou pelo menos **mitigados**. As alterações climáticas e a degradação ambiental constituem as principais ameaças ao desenvolvimento humano. As ações destinadas a reduzir estas vulnerabilidades, incluindo a celebração de um acordo mundial sobre as negociações em matéria de alterações climáticas, serão fundamentais para garantir e sustentar o desenvolvimento humano.

PNUD. Relatório do Desenvolvimento Humano 2014. *Sustentar o Progresso Humano: Reduzir as Vulnerabilidades e Reforçar a Resiliência*. p. 50-51. Disponível em: <www.pnud.org.br/arquivos/RDH2014pt.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2015.

Com base nos textos, esquema e gráfico, responda às questões:

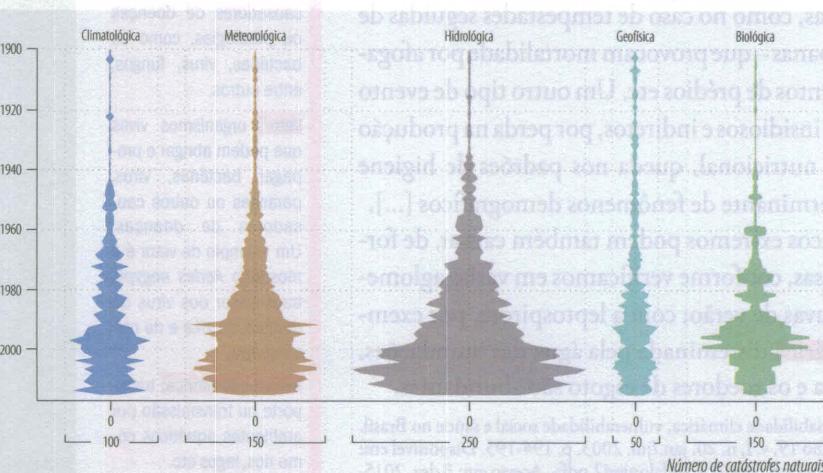
1. É possível identificar uma ideia central comum aos dois textos apresentados? Justifique sua resposta.

2. Considerando os dois textos, em quais grupos sociais os impactos negativos dos eventos climáticos na saúde humana são maiores? Por que isso ocorre?

Figura que mostra a ocorrência de catástrofes naturais do início do século XX ao início do século XXI.

PNUD. Relatório do Desenvolvimento Humano 2014. *Sustentar o Progresso Humano: Reduzir as Vulnerabilidades e Reforçar a Resiliência*. p. 50-51. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/arquivos/RDH2014pt.pdf>>. Acesso: 3 dez. 2015.

(<www.publico.pt/catastrofes-naturais>, acesso em: 9 mar. 2016) tem uma seção voltada para a publicação de catástrofes naturais no mundo. No site da revista *Veja*, há uma reportagem sobre os maiores desastres ocorridos na década 2004-2014, disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/mundo/os-maiores-desastres-naturais-dos-ultimos-10-anos>>, acesso em: 9 mar. 2016.



Planisfério: algumas das possíveis consequências das mudanças climáticas (2015)



4. Os principais impactos citados foram: acidentes e traumas: áreas com previsão de aumento de ciclones tropicais e extratropicais (costa pacífica e atlântica da América do Norte; costa atlântica da América do Sul; Europa Ocidental; Leste e Sudeste da Ásia e na Oceania); impacto nutricional: áreas com previsão de aumento de ondas de calor (oeste da América do Norte; sul da Europa, Oriente Médio; sudeste da Austrália). O mapa não apresenta essa informação, mas explique aos alunos

HAACK Weltatlas (Atlas mundial Haack). Stuttgart/Gotha: Ernst Klett, 2015. p. 237.

3. Quais relações podem ser estabelecidas entre os dados apresentados na figura e os textos?
 4. Identifique os principais impactos na saúde humana citados no texto 1 e, com base no mapa, dê exemplos de áreas em que esses impactos poderão ocorrer com maior intensidade no futuro.
 5. No lugar onde você vive (bairro, município ou região), já ocorreu algum dos eventos naturais mencionados nos textos? Quais ações devem ser tomadas pelas autoridades para aumentar a resiliência da comunidade local?
- que o impacto nutricional poderá ocorrer também no Nordeste brasileiro; epidemias de doenças infecciosas: áreas com aumento de chuvas torrenciais, aumento ameaçador do nível do mar (região do Mar do Caribe, Golfo da Guiné, costa sul da Ásia, leste da Ásia e ilhas do Pacífico oriental).

LEIA MAIS

Livros

- OBEID, César. *Aquecimento global não dá rima com legal*. São Paulo: Moderna, 2008.
- Depois de um breve texto introdutório que resume a questão do aquecimento global, o livro traz ilustrações e textos em prosa de literatura de cordel para tratar das suas causas e consequências.
- KLINK, Carlos. *Quanto mais quente melhor? Desafiando a sociedade civil a entender as mudanças climáticas*. São Paulo: Peirópolis, 2007.

Este livro trata do desafio da espécie humana para garantir a sobrevivência das futuras gerações no planeta Terra, por meio de reflexões e debates sobre as mudanças climáticas e seus impactos.

Sites

- **Expedição Rios Voadores.** Disponível em: <www.riosvoadores.com.br>. Acesso em: 12 out. 2015.
- Publica as notícias referentes ao Projeto Rios Voadores, que coleta dados atmosféricos para analisar a influência da Floresta Amazônica no clima local e em outras regiões brasileiras, principalmente o Centro-Oeste e o Sudeste.
- **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 14 out. 2015.

Disponibiliza mapas de normais climatológicas (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, insolação etc.) do Brasil no período de 1961 a 1990; gráficos climatológicos dos períodos de 1931 a 1960 e de 1961 a 1990; monitoramento climático e previsão climática. Divulga também textos de fóruns e boletins climáticos.

Filmes

- *A última hora*. Direção: Nadia Conners e Leila Conners Peterson. Estados Unidos: Warner Bros, 2007, 95 min.
- Dezenas de entrevistados, neste documentário, falam sobre as causas e os efeitos do aquecimento global e as formas de enfrentá-lo.
- *6 graus que podem mudar o mundo*. Produção: National Geographic. Estados Unidos: Log on, 2008, 90 min.
- Documentário que destaca os impactos do aquecimento global sobre as calotas polares e os diversos ecossistemas.
- *Mudanças do clima, mudanças de vidas: como o aquecimento global já afeta o Brasil*. Direção: Todd Southgate. Brasil: Paramount Home Entertainment, 2006, 52 min.
- Vídeo de autoria do Greenpeace que apresenta possíveis impactos do aquecimento global em diversas regiões brasileiras.

Esta abertura da Unidade 4 visa apresentar os temas que serão abordados nos três últimos capítulos do livro e despertar o interesse dos alunos para os estudos.

Haverá um momento, no início de cada capítulo, para resgatar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos abordados.

Se julgar pertinente, esta abertura também poderá ser explorada com tal finalidade, sobretudo na leitura da imagem. Veja outros comentários na Assessoria Pedagógica.

4

DOMÍNIOS NATURAIS E SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Nesta unidade, os assuntos a serem abordados são:

CAPÍTULO 10

Formações vegetais: distribuição e características: biomas, ecossistemas, domínios naturais e morfológicos, em escala global e no Brasil.

CAPÍTULO 11

Formações vegetais: exploração e impactos ambientais: a exploração econômica das formações vegetais no mundo e no Brasil.

CAPÍTULO 12

Sustentabilidade socioambiental: a busca da sustentabilidade socioambiental, as Unidades de Conservação no Brasil e os aspectos econômicos envolvidos.

Foto do desmatamento de uma área de Floresta Equatorial no distrito Central Kalimantan, na Indonésia, em 2014, para dar lugar ao plantio de palma, utilizada na produção de óleos vegetais que atendem ao mercado internacional. A exploração dos recursos naturais para atender às necessidades crescentes do consumo mundial transforma as paisagens e resulta em diversos impactos ambientais.

BAY ISMOYO / AFP

