

Fenômenos da
NATUREZA

Capítulo 7
Interação Homem-Atmosfera

Olá! Seja muito bem vindo!

Neste capítulo será tratada a relação entre o homem e a atmosfera. Ao compararmos o contato que temos diariamente com a água e com o ar vemos que nossa relação é muito maior com o ar. Ele nos cerca vinte e quatro horas por dia, dentro de casa, na praia, no elevador, na universidade ou dentro de uma caverna. A água, conforme visto anteriormente, é imprescindível para nossa vida e nosso bem estar, mas o contato existe apenas durante alguns momentos do dia, como na higiene por exemplo.



<http://tinyurl.com/489fvho>

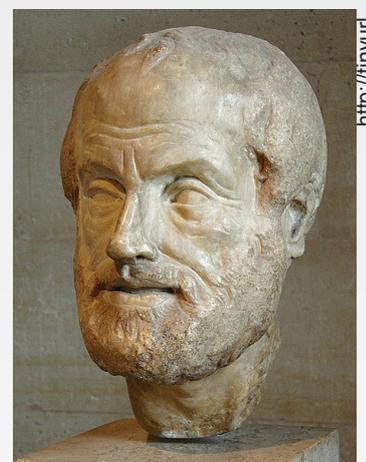
A atmosfera nos influencia de maneira direta ou indireta. Dependemos de seus componentes e da regulação que realiza nos ambientes. Podemos ficar dois minutos sem beber água, mas poucas pessoas resistem a dois minutos sem respirar. Ainda assim, a atmosfera é um dos componentes que mais sofre com a degradação causada pela atividade humana, e acaba sendo prejudicial para nós e para o ambiente. Entenda um pouco melhor essa relação.

- A Atmosfera e a Ciência

Você já deve ter ouvido a palavra meteorologia, não é mesmo? Um pouco difícil de pronunciar, mas fácil de entender. Significa o estudo da atmosfera terrestre, e não está ligada apenas à previsão do tempo.

Muito tempo antes de filósofos e cientistas, os povos antigos eram capazes de prever as condições do tempo com base na observação dos astros, medidas essas essenciais para sua sobrevivência. O ar começou a ser identificado como matéria em um momento da história em que a Ciência não existia, e a origem e características do meio que nos cerca era estudada pelos filósofos.

Um de seus grandes representantes, Aristóteles (imagem ao lado), é considerado o pai da meteorologia. Ele apontava o ar como um dos elementos fundamentais da matéria, juntamente com a água, o fogo e a terra. Essa afirmação significava que tudo no planeta seria formado por uma combinação desses quatro elementos. Tal fato demonstra a importância que já se associava ao ar, mesmo sem conhecer sua composição e propriedades. Em seu livro “Meteorologica” tratava dos conceitos com um enfoque filosófico e não científico, mas foi



<http://tinyurl.com/489fvho>

respeitado durante cerca de 2.000 anos. Apresentava o conhecimento sobre elementos da atmosfera como nuvens, chuva, vento, raios e trovões. Isso tudo ocorreu na Grécia Antiga, berço da filosofia e da ciência mundiais, por volta do século IV antes de Cristo, sendo ideias aceitas e espalhadas pelo mundo ao longo dos tempos (RONAN, 1997¹).

O século XVII marca o início de estudos científicos detalhados sobre as características e propriedades do ar. Personalidades da Ciência como Galileu Galilei (1564-1642), Blaise Pascal (1623-1662), Evangelista Torricelli (1608-1647), Robert Boyle (1627-1691) e, mais tarde, Antoine Lavoisier (1743-1794) trabalharam conceitos como pressão atmosférica e vácuo (ausência de ar), além da identificação dos gases que formavam o ar. Edmond Halley (1656-1742) foi um dos primeiros a concluir que os fenômenos atmosféricos são derivados do aquecimento solar (RONAN, 1997; CHASSOT, 2004²).

Muitos deles ajudaram também no desenvolvimento da meteorologia através da criação de instrumentos para medição. Exemplo disso são pluviômetro (medidor da quantidade de chuva, inventado pelo príncipe coreano Munjong em 1441), higrômetro (medidor de umidade do ar, inventado por Nicholas de Cusa em 1450), cata-vento (indicador da direção do vento, inventado por Leonardo Da Vinci em 1500), termômetro (indicador da temperatura atmosférica, inventado por Galileu Galilei em 1593) e

barômetro (medidor da pressão atmosférica, inventado por Evangelista Torricelli em 1643).

As escalas e unidades de medidas de temperatura que utilizamos hoje em dia surgiram durante o século XVIII com Gabriel Fahrenheit (graus Fahrenheit, 1714) e Anders Celsius (graus Celsius, 1742). Mesmo com muitas melhorias que ainda seriam feitas (e ainda são feitas atualmente), ao final do século XVIII, a determinação de temperatura na atmosfera pode ser considerada satisfatória em termos de qualidade, quando comparada aos nossos dias.

Já no século XIX, a chegada do telégrafo elétrico, em 1837, permitiu, pela primeira vez, um método prático para a rápida coleta de dados meteorológicos de superfície de uma grande área. Tais dados foram usados para produzir mapas atmosféricos de superfície e estudar como a atmosfera evolui ao longo do tempo. Uma rede confiável de observação atmosférica foi criada em 1849 para fazer previsões mete-



<http://tinyurl.com/4avt5wt>

¹ RONAN, C.A. *História ilustrada da ciência*. São Paulo: Editora JZE, 4 volumes, 1997.
² CHASSOT, A. *A ciência através dos tempos*. São Paulo: Editora Moderna, 2007.

orológicas. As primeiras previsões diárias do tempo diárias foram publicadas no jornal The Times da Inglaterra em 1860. Apenas no final do século XIX que os avanços na compreensão da física atmosférica levaram à fundação da previsão numérica do tempo.

A partir de 1950, tornaram-se viáveis as previsões numéricas por meio de computadores que, na maioria das vezes, usavam apenas a variáveis da pressão atmosférica. Em abril de 1960, foi lançado com sucesso o primeiro satélite meteorológico, o TIROS-1, marcando o início da era em que as informações meteorológicas tornaram-se disponíveis globalmente. Nos últimos anos, modelos climáticos têm sido desenvolvidos e são usados para investigar mudanças climáticas em longo prazo, tais como os efeitos que podem ser causados por emissões humanas de gases do efeito estufa. A história que cerca os estudos científicos da atmosfera é bastante vasta³ e demonstra a evolução do conhecimento dessa parte do planeta que interessa a todos nós.

- Atmosfera e o corpo humano

A atmosfera interage com o corpo humano de duas maneiras principais: através de seus componentes (gases) e através de suas características que regulam as condições do ambiente ao nosso redor.

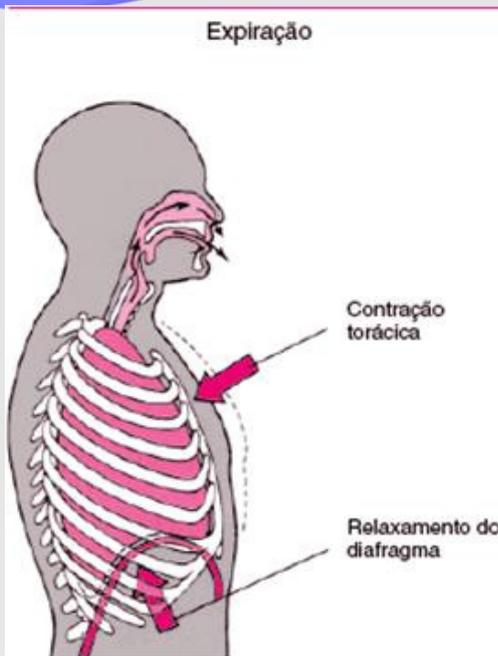
A respiração e a manutenção da vida

Talvez a relação mais direta a ser estabelecida entre a atmosfera e o corpo humano é a respiração. Esse processo envolve diferentes elementos atmosféricos.

Um desses elementos é a pressão atmosférica, ou seja, a pressão exercida pela atmosfera num determinado ponto (força exercida pelo ar contra uma superfície). Quando se viaja para locais mais altos, embarca em aviões ou passa por alguma outra situação na qual se muda de altitude rapidamente, pode haver uma sensação desagradável na parte interna da orelha. Essa sensação é decorrente de um desequilíbrio momentâneo entre a pressão que existe dentro do seu corpo e a do ambiente, em que houve alteração. A pressão atmosférica exerce força desigual sobre um dos lados do tímpano, distendendo-o (HICKMAN et al., 2004).

Essa mesma pressão atmosférica é a responsável pela entrada de ar nos nossos pulmões (figura abaixo). Na inspiração o tórax se expande, isto é, aumenta de volume. Quando isso ocorre, os pulmões também aumentam de volume, e o ar entra. Na realidade, com a expansão do tórax, a pressão do ar nos pulmões diminui, ficando menor que a pressão atmosférica. É essa diferença entre a pressão atmosférica e a pressão de dentro dos pulmões que impulsiona o ar para dentro do nosso corpo. Quando o ar sai, na expiração, ocorre o inverso: o volume do tórax e o dos pulmões diminuem, e

³ Para mais detalhes sobre a parte histórica da meteorologia um bom resumo pode ser acessado em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Meteorologia>



<http://tinyurl.com/4gv4och>

a pressão do ar interna torna-se maior que a da atmosfera, fazendo o ar sair (HICKMAN et al., 2004⁴).

Os atos de inspirar e expirar chamamos de respiração pulmonar. Essa é a porta de entrada para outro processo importante que é a respiração celular. Mesmo sem ter feito ou visto essa experiência, você deve saber que um animal mantido em um local fechado, sem entrada e saída de ar, morre logo, mesmo que se deixe água e comida a sua disposição, não é mesmo? Isso ocorre porque esse organismo foi privado de oxigênio (O₂) e sem ele não conseguem energia suficiente para se manter vivo. Isso é o que ocorre com a maioria dos seres vivos, inclusive conosco. Mas onde está esse oxigênio? A resposta você já sabe... na atmosfera! O O₂ é o gás que corresponde a quase 21% do volume da atmosfera e sua presença, nessa quantidade, garante o sucesso da respiração celular.

O ar que entra pelos pulmões na inspiração

está carregado de O₂ que é distribuído pelo corpo através do sangue. Assim, consegue chegar a todas as células e ser usado num processo onde se combina com substâncias químicas, como os açúcares, e libera energia, gás carbônico (CO₂) e água. O CO₂ deixa nosso organismo também pelo ar, durante a expiração. É essa energia que nos mantém vivos e sem o O₂ do ar ela não é formada (HICKMAN et al., 2004).

Quando uma pessoa boceja inúmeras vezes, sabemos que ela está cansada, sonolenta, aborrecida ou desatenta. É a reação do cérebro “avisando” que as suas células precisam de mais oxigênio para produzir mais ener-



<http://tinyurl.com/4igt72>

⁴ HICKMAN, C.P.; ROBERTS, L.S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

gia e, assim, continuar as suas atividades. Ao bocejarmos, inspiramos bastante ar, enviando ao organismo uma carga extra de oxigênio.

A atmosfera e os nossos alimentos

O ar é fundamental à manutenção da nossa vida, mas não nos serve de alimento, certo? Se levamos ao pé da letra está certo. Mas ele é fundamental para que muitos de nossos alimentos existam. Nossa alimentação depende de animais, vegetais e outros microrganismos que são seres vivos e, portanto, dependem da atmosfera para viverem.

Vacas, porcos, cabras e galinhas que nos servem de alimento, respiram o ar como nós e dependem do O₂ para se manterem vivos. Os peixes, embora não respirem o ar como nós, retiram o O₂ da água que, por sua vez, obteve esse



<http://tinyurl.com/4hfo3lo>

gás a partir do contato com a atmosfera. Durante a respiração celular dos animais o CO₂ sai das células e vai para a atmosfera. A partir daí é usado

pelas plantas para produzir açúcares através da fotossíntese. Esses açúcares são transformados pelas próprias plantas em proteínas e gorduras, que as faz crescer e servir de alimento para nós (RICKLEFS, 2003⁵).

Mas, conforme você já sabe, CO₂ e O₂ não são os gases mais abundantes na atmosfera terrestre. Esse posto é ocupado pelo nitrogênio (N₂). Ele também é fundamental para os seres vivos por fazer parte da composição das proteínas. Como ele dificilmente se combina com outros elementos ou substâncias, geralmente entra e sai dos corpos dos seres vivos sem sofrer grandes alterações. Contudo, apesar de sua abundância no ar que nos cerca, animais e plantas não conseguem obter o N₂ diretamente dele. Apenas alguns microrganismos (bactérias nitrificantes) conseguem fazer isso e transformar o N₂ em sais que, aí sim, são absorvidos pelas plantas. Apenas quando os animais se alimentam de plantas é que conseguem obter o N₂ contido dentro delas. Esse é o ciclo do nitrogênio e está presente nas diferentes cadeias alimentares (RICKLEFS, 2003).

Numa análise final, até mesmo o fogo, utilizado de diversas maneiras para preparar o alimento, só é possível devido ao oxigênio da atmosfera.

Os componentes do ar e a nossa saúde

Como vimos, o oxigênio garante a manutenção da vida, logo, nos mantém saudáveis. Contudo, existem outros elementos do ar que podem pre-

⁵ RICKLEFS, R.E. A economia da natureza. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

judicar nossa saúde. Com o ar podem ser absorvidas substâncias, partículas de poeira, fuligem, e até seres vivos microscópicos, como os vírus, os fungos e as bactérias, capazes de causar danos à nossa saúde. Um grande problema relacionado a esse tema é que esses elementos podem viajar milhares de quilômetros levados pelos ventos, ampliando sua área de influência. Algumas impurezas são “filtradas” pelos órgãos do sistema respiratório, mas outras conseguem entrar em nosso organismo, provocando doenças variadas.

As doenças mais comuns que atingem o sistema respiratório podem ser infecções (por exemplo, gripes e resfriados) ou alergias (por exemplo, rinite e asma). Outros exemplos de doenças contraídas por inalação de microrganismos do ar são: catapora, sarampo, rubéola, caxumba, varíola (todas essas causadas por vírus); coqueluche, meningite, difteria, pneumonia, tuberculose, amigdalites (todas essas causadas por bactérias). Para se ter uma noção da importância do ar como transmissor de doenças, segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS)⁶, entre as dez doenças infecciosas que mais matam no mundo, cinco são transmitidas pelo ar.

Quando impurezas do ar, como fumaça e poeira, ficam presas em nossa garganta o organismo responde imediatamente com o objetivo de eliminá-las. Aí temos a tosse e o espirro, quando o ar sai com muita força e velocidade



dos pulmões, na tentativa de expulsar as impurezas.

A estrutura da atmosfera e nossa saúde

A estrutura e composição da atmosfera garantem condições adequadas à vida na maior parte do planeta. A quantidade de calor e radiação solar que chega até nós na superfície da Terra é adequada e essencial à nossa saúde. No entanto, alguns cuidados são sempre bem vindos porque a exposição excessiva aos raios solares pode ser prejudicial.

As pesquisas médicas mais recentes indicam que os benefícios dos raios solares superam seus possíveis malefícios para a pele. A exposição solar faz bem para o esqueleto, fortalece o sistema imunológico e regula a pressão arterial. Pode, ainda, prevenir o diabetes tipo 2 e até alguns tipos de câncer, como os de mama, próstata, pulmão e intestino. O sol tem, inclusive, ação antidepressiva. Por outro lado, quando os raios ultravioleta (tipo B) atingem as camadas mais profundas da pele, podem alterar suas células e provocar envelhecimento precoce, lesões nos olhos e até câncer de pele (SBD, 2006⁷).

<http://tinyurl.com/5wfwohf>

- Atmosfera e as atividades humanas

É possível observarmos na sociedade de hoje várias atividades humanas que dependem das condições da atmosfera ou que se utilizam de suas características. Embora a tecnologia nos permita utilizar, cada vez mais esse recurso, a relação da humanidade com o ar é muito mais antiga do que o primeiro computador ou avião construído. É interessante notar que no início a atmosfera nos controlava totalmente, haja vista que nossos ancestrais mais distantes, na época dos homens das cavernas, dependiam totalmente das condições climáticas para obter alimento e para viajar de um lugar a outro



<http://tinyurl.com/6bqp2as>

(ilustração abaixo).

Com o passar do tempo, e o avanço da tecnologia conquistamos uma dominação aparente da atmosfera, ou seja, aprendemos a utilizá-la me-

lhor em nosso proveito e até a prever os seus comportamentos, mas a qualquer momento ela pode nos surpreender e mostrar quem realmente controla a situação.

A influência do clima sobre a humanidade

Normalmente quando vamos sair de casa pensamos: “Como está o tempo lá fora?”. Em outra situação pode aparecer o seguinte pensamento: “Nossa, choveu muito no último mês... esse clima está mesmo maluco!” Estes pensamentos simples nos mostram que sabemos, mesmo que intuitivamente, a diferença entre clima e tempo. O clima se refere às condições atmosféricas ao longo do tempo. Por outro lado, as condições atmosféricas que nos atingem diariamente devem ser chamadas de tempo meteorológico.

Clima pode ser formalmente definido como:

“tempo meteorológico médio’, ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. O clima num sentido mais amplo é o estado, incluindo as descrições estatísticas do sistema global.”⁸

Tanto o tempo meteorológico quanto o clima dependem, quase que exclusivamente de fatores naturais que envolvem elementos da atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera além do Sol (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007⁹). Veja no quadro abaixo alguns desses elementos:

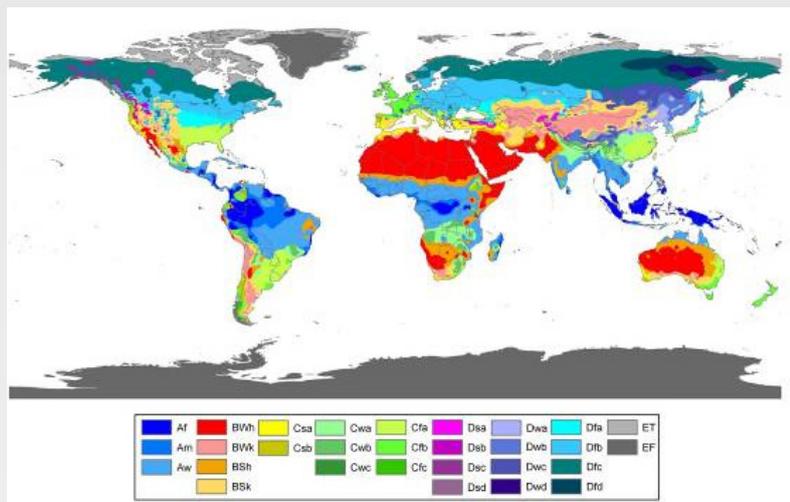
Esfera do planeta	Elemento com influência no clima
Atmosfera	- camadas (troposfera e estratosfera); - gases; - ventos; - umidade; - temperatura; etc.
Hidrosfera	- vapor de água; - reservatórios de água da superfície; etc.
Litosfera	- relevo; - tipo de material da superfície; - gases liberados do interior da Terra; - poeira e fumaça geradas naturalmente; etc.
Biosfera	- presença de vegetação; - presença humana**;

** Conforme será destacado mais adiante, há influência das atividades humanas no clima mundial.

De acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (WMO¹⁰), órgão da ONU para a questão climática mundial, há muitos meios de se classificar os climas em tipos diferentes. Normalmente é levada em conta a distribuição da temperatura, precipitação, ventos, entre outros

fatores. Além da classificação mundial, cada país pode criar classificações particulares de acordo com as variações locais. A classificação mais usada em Geografia, Ecologia e Climatologia foi criada pelo climatologista alemão Vladimir Köppen em 1900, sendo aperfeiçoada ao longo dos anos. Sua estrutura básica é composta por cinco climas diferentes, conforme representado no quadro abaixo:

A distribuição desses climas pelo planeta pode ser observada pelo mapa a seguir;



Legenda: Cada cor está representada por um código de letras. A primeira letra desse código indica um dos cinco climas definidos na Classificação de Köppen: A= clima tropical, B= clima árido, C= clima temperado; D= clima continental, E= clima glacial.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utiliza uma classificação alternativa para o clima em nosso território, apontando a existência de três climas distintos

Fonte: <http://tinyurl.com/4kfygtn>

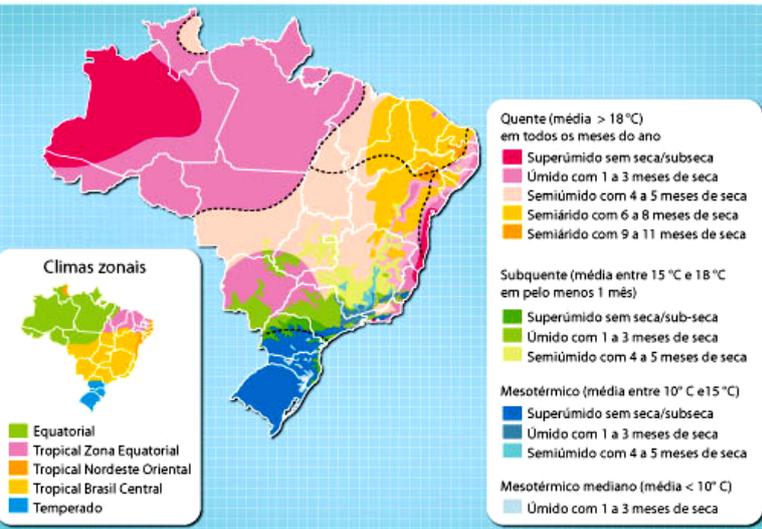
Tipo	Descrição
Clima tropical	- Climas com altas temperaturas o ano todo - Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C - Inverno ausente - Muita chuva durante o ano
Clima árido	- Climas secos (precipitação anual inferior a 500mm) - Não permite a existência de rios permanentes
Clima temperado ou Clima temperado quente	- Climas com temperaturas intermediárias durante o ano - Temperatura média nos meses mais frios entre -3°C e 18°C - Temperatura média do mês mais quente é maior que 10°C - Estações de Verão e Inverno bem definidas
Clima continental ou Clima temperado frio	- Climas com baixas temperaturas o ano todo - Temperatura média nos meses mais frios é menor que -3°C - Temperatura média no mês mais quente é maior que 10°C - Estações de Verão e Inverno bem definidas
Clima glacial	- Climas polares e de alta montanha - Temperatura média no mês mais quente é menor que 10°C - Estação do Verão pouco definida ou inexistente

9 MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo Oficina de Textos, 2007.

10 http://www.wmo.int/pages/themes/climate/understanding_climate.php

Clima brasileiro

Mapa com clima predominante nas regiões brasileiras



(isto é, Equatorial, Tropical e Temperado) com algumas variações. Confira sua distribuição no mapa a seguir.

Os climas normalmente são constantes em cada região ou país. São responsáveis por períodos de seca e períodos de chuva. Épocas quentes e frias. Neves, geadas, furacões e tempestades também estão associadas a climas específicos. Contudo, há momentos em que suas condições sofrem grandes variações que duram curtos períodos e têm causas naturais. O clima define as características dos ambientes. Quantidade e tamanho dos rios são características que dependem do clima, assim como o tipo de solo da região. A força e a direção dos ventos também têm ligação direta com o clima. A quantidade de luminosidade, de ventos e de chuva ou neve definem o tipo de vegetação da área. E a vegetação influencia na distribuição de animais.

Dessa forma, ao longo dos séculos e milênios o clima tem moldado a distribuição das

populações humanas bem como suas atividades. Populações apresentam a tendência de ocupar locais com condições climáticas mais agradáveis, evitando calor ou frio extremos. De maneira semelhante, as atividades humanas que garantem nossa sobrevivência dependem, em grande parte do clima. São exemplos disso a agricultura e a pecuária. O avanço da tecnologia tem nos auxiliado a contornar, em muitos aspectos, as dificuldades trazidas pelo clima.

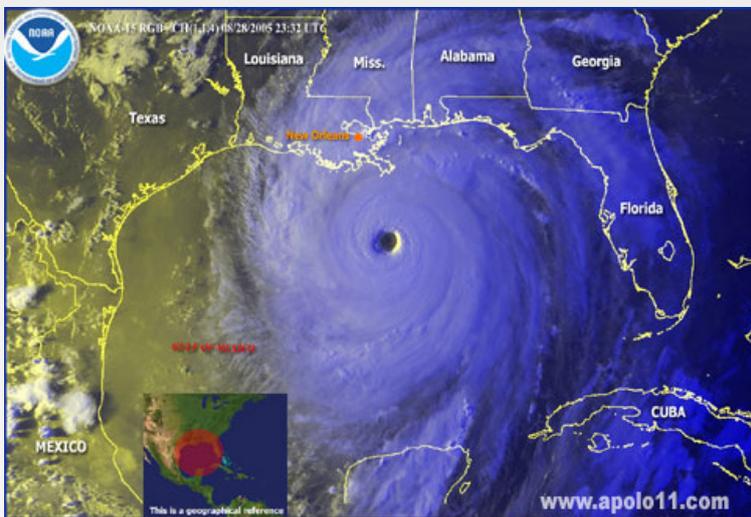
Fenômenos climáticos naturais que afetam a população

Nesta parte do texto não serão tratados aqueles fenômenos climáticos mais comuns como neve e chuva. Serão apresentadas condições especiais do clima que, apesar de afetarem a população de uma forma negativa, têm causas totalmente naturais.

a) Furacão

Também conhecido como tufão ou ciclone tropical, o furacão é basicamente uma tempestade que se forma e gira ao redor de um eixo bem definido. É alimentado por muito calor, alta evaporação da água dos oceanos e ventos fortes e rápidos (com mais 120km/h) que sobem carregados de umidade, formando imensos conjuntos de nuvens com forma de espiral, que pode ter centenas de quilômetros de comprimento. Esses ventos giram no sentido horário no Hemisfério Sul e em sentido anti-horário no Hemisfério Norte. Seu

eixo ou parte central é conhecido como olho do furacão e, ao contrário do que diz o conhecimento popular, é um local sem nuvens e com ventos calmos. Furacões acontecem sobre a maioria dos Oceanos Tropicais em áreas onde a temperatura do mar encontra-se acima de 26°C. Como depende de temperatura e umidade do oceano sua tendência é de desaparecer quando avança sobre um continente. Ocorrem com maior frequência no Atlântico Tropical Norte (ilustração abaixo), Pacífico Tropical Oriental, Pacífico Tropical Norte Oriental e Pacífico Tropical Sul Oriental, além do Oceano Índico. O Brasil não é uma área sujeita a furacões constantes. O primeiro furacão observado no Atlântico Sul, pelo menos nos últimos 100 anos, foi o Furacão Catarina, um fenômeno raro e atípico que atingiu a região sul do Brasil em 2004, e que fez mudar o paradigma sobre furacões no Atlântico Sul. Seu poder de destruição é muito grande não apenas pelas chuvas e inundações como também pelos ventos fortes (CPTEC/INPE¹¹).



Furacão se desenvolvendo no oceano Atlântico Norte tropical próximo aos EUA, Cuba e México.

¹¹ Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos; <http://tinyurl.com/4ruob39>

b) Tornado

Tornado é um redemoinho de ventos girando com muita velocidade e que se forma em condições especiais num ambiente de tempestade muito forte. Este redemoinho desce de uma nuvem de tempestade e, muitas vezes, atinge o chão, cau-



<http://tinyurl.com/4uq3uye>



<http://tinyurl.com/4j5swso>

sando destruição por onde passa. Pode atingir centenas de metros da nuvem até o chão e sua duração é de apenas alguns minutos, tempo suficiente para que percorra uma extensão de 500 a 1500 metros. Seus ventos passam facilmente dos 200km/h. Embora pareçam furacões sua origem é muito diferente e só é visível por causa da poeira e sujeira levantadas do solo e pelo vapor d'água condensada. Ocorrem em muitas partes do mundo, mas os mais frequentes e violentos acontecem nos Estados Unidos, numa média de mais de 800 por ano.

Fonte: <http://tinyurl.com/6grbjl8>

As Planícies Centrais dos EUA estão mais sujeitas aos tornados porque a atmosfera favorece o desenvolvimento de trovoadas severas, especialmente na primavera. Tornados destroem os instrumentos necessários para medir velocidades de ventos e pressão e, por essa razão, muitas de suas características são desconhecidas (CPTEC/INPE).

c) El Niño e La Niña

O El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico ao longo da linha do Equa-

maram a esta presença de águas mais quentes de Corrente de El Niño em referência ao Niño Jesus ou Menino Jesus. Como se pode ver, não é um fenômeno atmosférico, uma vez que afeta as águas do oceano. Contudo, é um fenômeno que tem conseqüências no tempo e no clima em todo o planeta, porque ocorrem mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, como o enfraquecimento dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste). Com isso, ocorrem alterações no transporte de umidade pelos ventos bem como variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e temperadas. Em

algumas regiões do globo também são observados aumento ou queda de temperatura. Todas essas variações no clima trazem problemas para várias regiões do planeta, algumas por falta de chuvas (períodos de seca) outras por excesso (inundações) (veja ilustrações abaixo; CPTEC/INPE).



dor. A palavra El Niño é derivada do espanhol, e refere-se a presença de águas quentes que todos os anos aparecem na costa norte de Peru na época de Natal. Os pescadores do Peru e Equador cha-



Efeito mundial do El Niño em diferentes épocas do ano.
Fonte: www.cptec.inpe.br/enos

O termo La Niña (“a menina”, em espanhol) surgiu, pois o fenômeno se caracteriza por ser oposto ao El Niño, ou seja, há um resfriamento das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico ao longo da linha do Equador, o que também traz consequências para o clima mundial (veja CPTEC/INPE).

Uso dos elementos atmosféricos em atividades humanas

O Homem aprendeu, ao longo do tempo, a utilizar elementos atmosféricos em benefício próprio. Dois exemplos muito típicos são a chuva e os ventos. No início das primeiras civilizações o Homem dependia totalmente das chuvas para desenvolver suas plantações. A estação das chuvas era muito aguardada aumentando o nível dos rios e garantindo água para a irrigação. O vento também foi domado desde cedo pelas civilizações mais antigas e usado para impulsionar barcos por rios e mares. Atualmente os ventos ainda continuam impulsionando barcos na prática de esportes e no lazer.

Com o passar do tempo o desenvolvimento da tecnologia permitiu novas utilizações dos elementos atmosféricos. Os moinhos de vento (ilustração abaixo) representam o primeiro investimento na energia eólica para a realização de trabalho. São formados por torres contendo hélices que captam e convertem a energia dos ventos

(eólica) em energia mecânica, aproveitada para algum tipo de trabalho, como a moagem de grãos ou como bomba d’água.



<http://tinyurl.com/4sejywo>



<http://tinyurl.com/4ejd9r6>

Energia eólica explorada pelos antigos moinhos e pelos modernos aerogeradores.

Hoje em dia a versão moderna dos moinhos é o aerogerador (ilustração acima), também formados por hélices que captam a energia eólica, mas a convertem em energia elétrica por meio da movimentação de turbinas.

Há, também, a utilização do oxigênio do ar no processo de combustão, ou seja, na quei-

ma de lenha, velas, etc.

- Influência das atividades humanas na atmosfera

Após vários séculos de desenvolvimento humano e prosperidade das civilizações ao redor do mundo, seria praticamente inevitável que a atmosfera viesse a sofrer algum tipo de influência das atividades humanas. Assim como já foi visto no caso da água (Capítulo 5), a atmosfera também vem sofrendo prejuízos na qualidade e quantidade de seus componentes.

As influências negativas causadas pelas atividades humanas podem ser computadas desde praticamente a época das cavernas, uma vez que o Homem sempre dependeu de recursos naturais para sobreviver. Contudo, durante muito tempo as consequências dessa utilização eram rapidamente recuperadas pela natureza. O problema começou a se agravar no momento em que as grandes cidades se desenvolveram, a população passou a crescer e necessitar cada vez mais de recursos.

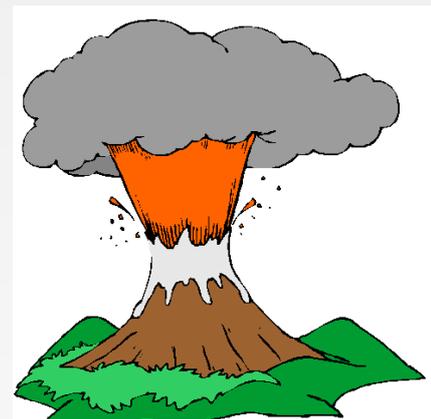
Com a Revolução Industrial, que se iniciou no século 18, os combustíveis fósseis passaram a ser cada vez mais utilizados, aumentando a emissão de gases poluentes na atmosfera, sem que, a princípio, houvesse preocupação com as consequências que poderiam ser provocadas. Na verdade, a própria noção de poluição ainda era desconhecida e só a partir do século 20 os cientistas começaram a se aperceber dos problemas que estavam sendo criados.

De lá para cá, uma série de problemas tem afetado nossa atmosfera, com consequências terríveis e diretas para a população. E seus efeitos já estão sendo sentidos.

Os vilões que influenciam a atmosfera

Embora existam causas naturais para o desequilíbrio e as alterações da atmosfera, as atividades humanas ainda figuram como o principal vilão nesse processo. A dinâmica interna do planeta, bem como fatores extraterrestres¹², podem ter uma influência negativa na atmosfera causando alterações meteorológicas de curta e média duração (SUGUIO & SUZUKI, 2003¹³, SUGUIO, 2008¹⁴). Entre os mais comuns destacam-se:

- Os aquecimento das águas oceânicas, causa dos fenômenos El niño e La niña;
- Os ciclos solares de maior e menor intensidade alteram a quantidade de energia solar que chega até a Terra, mudando seu padrão de funcionamento;
- A decomposição da matéria gera gases que vão se concentrar na atmosfera e alterar sua composição;
- As erupções vulcânicas liberam gases e cinzas vulcânicas na atmos-



¹² Consideram-se fatores extraterrestres todos aqueles que não dependem da dinâmica interna do planeta.
¹³ SUGUIO, K. & SUZUKI, U. A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2003.
¹⁴ SUGUIO, K. Mudanças Ambientais da Terra. São Paulo: Instituto Geológico, 2008.

fera alterando seu funcionamento numa escala local ou regional.

Um exemplo recente aconteceu com o vulcão sob a geleira Eyjafjallajökull, na Islândia, em março e abril de 2010, quando sua erupção espalhou cinzas por vários países da Europa através de nuvens de fumaça com até 10km de altura.

Entre as atividades humanas destacam-se (SUGUIO, 2008):

- O desmatamento, independente da finalidade, representa a retirada de vegetação de uma área. Isso pode causar a diminuição da produção de O₂ e do consumo de CO₂, diminuição da umidade local e, no caso da madeira retirada ser usada para fabricar carvão, existem os problemas decorrentes da queima da madeira;
- As queimadas destroem a vegetação, tendo o mesmo efeito do desmatamento (descrito acima), acrescido da grande liberação de CO₂ e fumaça;
- A pecuária é um grande fator a ser levado em conta porque está relacionado a uma

grande produção de metano (CH₄), um dos piores gases para o aumento do efeito estufa. Cerca de 20 vezes mais potente que o dióxido de carbono (CO₂), é produzido pela flatulência de animais como bois, vacas, ovelhas e carneiros. Isso faz da pecuária a responsável por 16% da poluição mundial. Cientistas procuram a solução para esse problema e estão desenvolvendo um remédio para tentar resolver o caso. Na Nova Zelândia pensou-se em cobrar-se taxas por vaca, para compensar o efeito dos gases emitidos;

- A agricultura muitas vezes depende do desmatamento e das queimadas, produzindo os efeitos comentados acima. Além disso, os pesticidas e fertilizantes (agrotóxicos), podem se espalhar pelo ar, sendo carregados pelos ventos e causar contaminações;

- A queima dos combustíveis fósseis (carvão, gasolina e seus derivados) é uma das principais causas a serem combatidas na atualidade. Seu principal prejuízo para a atmosfera é a grande quantidade de CO₂ gerada nesse processo;

- As indústrias produzem diversos tipos de gases que são liberados diretamente na atmosfera. Muitos deles não têm efeitos na atmosfera. No entanto, alguns desses gases são conhecidos como “gases do efeito estufa” com sérios prejuízos ao equilíbrio atmosférico;

Há uma categoria de fatores que não cau-



sam alteração na atmosfera, mas atingem a população através dela, representando ameaças à nossa saúde. É o caso dos microorganismos causadores de doenças, que se espalham pelo ar, e dos vazamentos radioativos, como recentemente ocorrido no Japão, em decorrência do terremoto no início do mês de março de 2011.

Os problemas gerados e suas consequências

A atmosfera do planeta é uma exceção na medida em que é um dos raros recursos naturais que é compartilhado pelo mundo inteiro. Da mesma forma, os efeitos negativos sobre esta são globalmente sentidos.

Assim como a água, a atmosfera pode ser atingida por contaminação e por poluição. Os elementos contaminantes podem ser microorganismos (vírus, bactérias, fungos, algas) ou radiações, que se espalham pela atmosfera sem alterar seu equilíbrio, mas afetando a população e a biosfera de uma maneira geral. Os elementos poluentes podem ser representados por energias, gases ou partículas que entram na atmosfera e podem afetar diretamente a população/biosfera ou afetar o equilíbrio da atmosfera, causando alterações climáticas. Para facilitar a relação podemos considerar que a contaminação do ar atinge diretamente os seres vivos causando doenças (epidemias ou pandemias). Já a poluição afeta primeiro o ambiente e este, em consequência, causa prejuízos à população

(SUGUIO, 2008).

Na década de 1970, os cientistas começaram a estudar os efeitos causados na atmosfera pelas emissões de clorofluorcarbonos (CFC, um gás muito usado em geladeiras e em aerossóis). A descoberta foi surpreendente. Não apenas descobriu-se que o CFC destruía o ozônio da estratosfera como também foi encontrada uma região já muito pobre em ozônio, localizada no Pólo Sul, sobre a Antártida. Essa região ficou mundialmente conhecida como o “buraco” da camada de ozônio (SUGUIO, 2008).

Como consequência dessa destruição do ozônio, a Terra passou a receber uma carga excessiva de radiação ultravioleta. Para piorar, outros gases industriais, chamados “gases do efeito estufa” (GEE), se acumulavam na atmosfera, impedindo a dispersão do calor emitido pelo Sol e provocando um aumento da temperatura do planeta, denominado efeito estufa (SUGUIO, 2008).



Entre os gases de efeito estufa estão o

CO₂, CH₄, hidrofluorcarbonos (HFC); hidrocarbonetos perfluorados (PFC); hexafluoreto de enxofre (SF₆) e óxido nitroso (N₂O). Eles absorvem alguma radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e devolvem um pouco dessa energia absorvida de volta para a superfície. Como resultado, a superfície recebe quase o dobro de energia da atmosfera, se comparado à situação normal, e a superfície fica cerca de 30°C mais quente do que normalmente estaria (SUGUIO, 2008).

Alguns cientistas defendem que o termo “efeito estufa” não é o mais adequado para representar a situação observada, uma vez que a atmosfera terrestre não se comporta como uma estufa (ou como um cobertor). Chamamos de estufa toda construção revestida por vidro ou plástico transparente onde normalmente se cultivam vegetais. O revestimento deixa os raios solares entrarem causando o aquecimento do ar no interior da estufa, mas como ela é inteiramente fechada, a circulação de ar é mínima e não há troca de ar entre o interior e o exterior. De fato essa situação não se repete na atmosfera onde o ar circula livremente em movimentos verticais e horizontais. Talvez a única semelhança esteja no aquecimento (SUGUIO, 2008).

O efeito estufa é essencial para a vida na Terra, pois é ele que mantém as condições ideais para a manutenção da vida, com temperaturas mais amenas e adequadas. É,

na verdade, um processo natural do planeta gerado pela interação dos gases da atmosfera com a radiação solar. Muito antes do primeiro ser humano surgir no planeta o efeito estufa já garantia condições que permitiam a existência de vida no planeta (SUGUIO, 2008).

O que se pode tornar catastrófico é a ocorrência de um agravamento do efeito estufa que desestabilize o equilíbrio energético no planeta e origine um fenômeno conhecido como aquecimento global. O IPCC (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, estabelecido pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988) tem alertado, através de seus relatórios, que a maior parte deste aquecimento observado durante os últimos 50 anos, se deve, muito provavelmente, a um aumento dos gases do efeito estufa (SUGUIO, 2008).

Alguns dos principais efeitos que já estão sendo sentidos ou projetados para um futuro próximo são (SUGUIO, 2008):

- A redução do ozônio aumentaria o número de casos de certos tipos de câncer de pele e afetaria negativamente colheitas e ecossistemas;
- O derretimento de muitas reservas naturais de gelo do planeta (por exemplo, calotas polares, “gelos eternos” no alto de montanhas, geleiras) elevaria o nível das águas dos oceanos e dos lagos, deixando ilhas e grandes

áreas litorâneas densamente povoadas embaixo d'água;

- O super aquecimento das regiões tropicais e subtropicais

contribui para aumentar o processo de desertificação e de proliferação de insetos nocivos à saúde humana e animal;

- A destruição de habitats naturais provoca o desaparecimento de espécies vegetais e animais;

- Estabelecimento de novo equilíbrio climático mundial onde multiplicar-se-ão as secas, inundações e furacões, deixando rastro de destruição e morte.

Durante esse período, que compreende as cinco últimas décadas, várias mudanças climáticas começaram a ser percebidas e atribuídas ao aquecimento global. Então, passou a existir uma preocupação muito grande de que ocorressem mudanças ainda mais drásticas, caso os seres humanos continuassem a emitir gases industriais em larga escala. Atualmente há o reconhecimento de que as mudanças climáticas são um problema real, que afeta o planeta todo, e que tem nas atividades humanas um fator fundamental. Sendo assim, é preciso que todos os países se esforcem para diminuir o problema, reduzindo a emissão dos



<http://tinyurl.com/4bhxrfc>

gases que promovem o aquecimento do planeta (efeito estufa).

Iniciativas ambientalistas associadas à atmosfera

O problema do aumento dos gases estufa e sua influência no aquecimento global, tem colocado em confronto partes da sociedade com opiniões contrárias sobre esse assunto. De um lado, os defensores das causas antropogênicas como principais responsáveis pelo aquecimento acelerado do planeta representam a maioria e conseguem espaço na mídia. Do outro lado estão os “céticos”, que afirmam que o aquecimento acelerado está muito mais relacionado com causas ligadas à dinâmica da Terra, do que com o desmatamento e a poluição.

Embora alguns cientistas não acreditem no risco do planeta se superaquecer, durante a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que aconteceu no Rio de Janeiro, em 1992, os representantes dos países participantes escreveram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Para transformar essa convenção em propostas objetivas, em 1997, foi criado o Protocolo de Kyoto, que tem por objetivo lutar contra alterações climáticas, através de uma ação internacional de redução de determinados gases que provocam o efeito estufa.

O protocolo de Kyoto só entrou em vigor

em 16 de fevereiro de 2005, quando os países que assinaram, iniciaram o desenvolvimento de projetos para diminuir a taxa de emissão de gases do efeito estufa até 2012. Contudo, nem todos os países aderiram a ele. Os Estados Unidos, um dos principais responsáveis pela emissão de gases se recusa a aderir, devido a questões econômicas. Infelizmente, a questão parece estar se agravando.

As fontes de poluição atmosférica são inúmeras e inúmeras são também as formas de impedir ou de aliviar a poluição. A legislação ambiental é rica em detalhes que começam por dois grandes ramos: o controle das emissões e da qualidade do ar, ambos regulamentados pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Fontes de poluição atmosférica não controladas, com certeza, de uma hora para outra, serão identificadas pelos órgãos fiscalizadores e o controle será exigido. Dessa forma, há que se contratar um projeto para controlar a fonte emissora. Existem dezenas de maneiras para controlar a poluição atmosférica e a escolha de um deles tem que ser acertada, por motivos da eficiência exigida e principalmente pelo custo envolvido. Para se agir adequadamente contra a poluição atmosférica é necessário:

- Medir e conhecer a concentração dos poluentes no ar
- Definir as fontes poluentes
- Definir a qualidade do ar
- Analisar os valores limite
- Definir a qualidade do ar
- Observar a evolução da qualidade do ar

Planejar ações que promovam melhor qualidade do ar, tais como: reordenar atividades socioeconômicas, localizar fontes poluentes, alterar o percurso rodoviário e reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.



<http://tinyurl.com/4lksdu8>

“Cada um de nós é uma causa de aquecimento global; mas cada um de nós pode se tornar parte da solução - em nossas decisões sobre o produto que compramos, a eletricidade que usamos, o carro que dirigimos, o nosso estilo de vida. Podemos até fazer opções que reduzam a zero as nossas emissões de carbono.”
Al Gore, político norte americano.