A Floresta e o Ar

volume 4

afulra

Prefácio

Impulsionada pelo êxito das três edições anteriores, a Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA) dá continuidade à Série Ecologia, investindo, este ano, no tema "A FLORESTA E O AR".

Fator vital para o desenvolvimento da vida na Terra, o ar, embora invisível, é tão importante quanto a água, o solo, os vegetais, entre outros elementos, dos quais depende a sobrevivência humana. Por isso mesmo, é preciso destacar a importância de sua preservação e a necessidade imediata de despoluir nossa atmosfera.

Para realizar este trabalho, esperamos mais uma vez contar com o apoio das escolas, através de seu corpo de professores, de entidades ambientais e de estudiosos em geral na divulgação da necessidade de unir esforços para manter e recuperar o meio ambiente em que vivemos. Afinal, ninguém realiza um trabalho de tamanha envergadura sozinho. É preciso que haja a colaboração e conscientização de todos.

Nesse sentido, merece registro especial o apoio que temos recebido dos abnegados professores das redes pública e privada nos Estados do RS, SC e PR, integrando mais de 500 mil alunos ao programa. A eles, nosso reconhecimento e gratidão e, aos novos adeptos, as boas-vindas.

Hainsi Gralow,
Presidente.

Introdução

A Terra está envolvida por uma camada de ar invisível, de onde os seres vivos retiram o oxigênio para a sua respiração e as plantas absorvem o gás carbônico para a produção da biomassa. O ar é um elemento importante do ecossistema, pois seu uso é obrigatório e contínuo e, através dele, ocorrem todos os processos vitais na superfície da Terra, e também todos os fenômenos climatológicos da atmosfera. Por isso, é fundamental para a manutenção da vida de todos os seres. Da sua interação com as florestas e com os outros vegetais, resulta a despoluição da atmosfera. Contribui também na formação do macro, meso e microclima. No entanto, as transformações que ocorrem na superfície do globo terrestre, motivadas pela modernização da tecnologia utilizada a cada dia com mais intensidade, vêm trazendo conse- qüências consideráveis para o equilíbrio da natureza, prejudicando a manutenção da biodiversidade da água, da terra, do ar, da fauna e da flora, colocando em risco a integridade da biosfera, a longo prazo. A pressão exercida sobre o ambiente natural é conseqüência da firme determinação do homem em levar vantagens imediatas sobre tudo em que investe, atuando sobre a natureza, dominando-a e servindo-se dela egoisticamente. O conhecimento dos efeitos globais causados pelos grandes complexos industriais, pelos excessivos cortes das florestas, pelas grandes represas que são construídas nas mais diversas regiões do mundo, pelo uso indiscriminado de produtos químicos, pelo emprego da energia nuclear e também pela excessiva queima de combustíveis fósseis, é fundamental para se entender o grau de poluição da biosfera. Não devem ser desconsideradas as pequenas atividades que contribuem sensivelmente para o aumento da quantidade de impurezas

no ar, como dirigir automóveis, usar trator para preparo do solo, aplicar defensivos etc. A iminência do desequilíbrio ecológico da atmosfera é permanente, isso porque a ação da biosfera é dinâmica no seu funcionamento, envolvendo desde a superfície do solo até a camada superior das copas das árvores, caracterizando as mais diversas paisagens e interferindo nas condições climáticas.

O ar é o elemento do ecossistema que recebe grande carga de poluição, pois a queima de qualquer tipo de combustível ocasiona a emissão de gases e subprodutos que se transformam nos principais poluentes, os quais, dependendo da quantidade e da diversidade de elementos, são mantidos de forma invisível pelo ar, sendo, por isso, de extrema importância para os estudos ecológicos e para o controle das contaminações da atmosfera. Assim, a atmosfera encontra-se impregnada de poeiras das mais diversas origens, as quais atuam diretamente sobre a saúde humana, tornando a população vulnerável ao ataque de muitas doenças. Como elemento de purificação do ar, as florestas surgem com muita importância, uma vez que filtram, através de suas folhas, e armazenam grande volume de poeiras e outros elementos tóxicos que são conduzidos ao solo pelas chuvas. Além disso, interceptam, absorvem e refletem a radiação solar, interceptam a precipitação da chuva e o vento e, por isso, têm participação considerável na formação do microclima regional, tendo também influência direta sobre a temperatura do ar, a umidade relativa, a evaporação e a evapotranspiração.

Composição do ar

O ar é o resultado de uma mistura complexa de vários elementos que constituem a atmosfera da Terra. Seus componentes variam de lugar para lugar e de um dia para o outro, e sua importância está relacionada com a proteção da Terra contra a ação direta dos raios solares, com a manutenção da temperatura, que permite a vida, e ainda com o fornecimento do gás carbônico para a fotossíntese e do oxigênio para a respiração.

A porção gasosa do ar que respiramos é composta de aproximadamente 78% de nitrogênio e 21% de oxigênio, e a presença desses elementos normalmente independe de tempo e localização. O restante, para completar 100% da composição, é representado por um grande número de outros elementos químicos. Entre eles estão os chamados gases nobres como argônio (Ar), hélio (He), criptônio (Kr), xenônio (Xe), radônio (Rn) e o neônio (Ne), que são inertes, isto é, não produzem reações químicas com outras substâncias, e sua participação atinge 0,93% da composição do ar natural.

O dióxido de carbono ou gás carbônico (CO^2) contribui com 0,03% da atmosfera e o restante é constituído pelos elementos metano (CH4), hidrogênio (H^2), óxido nitroso (N^2O) e ozônio (O^3). Esse último é formado a partir da reação entre a radiação ultravioleta do Sol e partículas de oxigênio. O tênue manto de ar que envolve a Terra aparece como uma bruma leitosa, sob a transparência da alta atmosfera. O espaço apresenta-se completamente negro, pois o azul celeste só existe nos primeiros 20 quilômetros, faixa onde se concentra a quase totalidade dos gases que compõem a atmosfera (Figura 1)

Figura 1: A terra e a atmosfera

Na tabela 1, pode-se observar a composição do ar seco:

Tabela 1. Composição química do ar seco

Tabela 1.	Componente	Concentração por volum %	ppm*
	Nitrogênio	78,084	
	Oxigênio	20,946	
	Dióxido de carbono	0,033	
	Argônio	0,934	
	Neônio		18,18
	Hélio		5,24
	Criptônio		1,14
	Xenônio		0,087
	Hidrogênio		0,5
	Metano		2
	Óxido nitroso		0,5

Fonte: Adaptado de FAURE (1998).
** ppm= % X 10.000*

Em condições normais, em cada 10.000 moléculas de ar, encontram-se aproximadamente:

Nitrogênio	7.800 moléculas
Oxigênio	2.100 moléculas
Gases nobres	93 moléculas
Gás carbônico	3 moléculas
Outros elementos	4 moléculas

Em suspensão na atmosfera, encontram-se elementos sólidos formados por poeiras, pólens, cinzas, microorganismos e ainda uma porção líquida constituída por gotículas resultantes da condensação do vapor d`água, que se apresentam em forma de nuvens, neblina e chuvas. A porção sólida pode ser de origem inorgânica, representada por grãos de terra e areia, os quais

são transportados pelo vento a vários quilômetros de distância e ainda por material de origem vulcânica, que forma grandes nuvens, espalhando-se em grandes áreas, bem como pelos sais minerais originados da maresia, podendo também ser encontrados a vários quilômetros de distância de sua origem. As partículas orgânicas são constituídas pelos grãos de pólen, esporos de fungos, bactérias e por pequenos animais, como aranhas e outros microinsetos (Figura 2).

Figura 2. Grãos de terra e areia, bem como material de origem vulcânica, formam a porção sólida de origem inorgânica do ar, ao passo que grãos de pólen e pequenos animais constituem as partículas orgânicas

A maior fonte do oxigênio encontrado na atmosfera é produzido pelas algas marinhas, especialmente as azuis, cianofícias, e as verdes, clorofícias. Os vegetais, através da fotossíntese, fixam o gás carbônico e liberam o oxigênio, porém, em pequena quantidade, quando comparados com as algas encontradas nos mares. Já os animais, através da respiração, consomem o oxigênio e liberam o gás carbônico.

A importância da atmosfera

Se o homem constitui um ser excepcional no Universo, o ar que o envolve também deve ser considerado como tal.
Se não existisse a atmosfera, não haveria animais nem plantas. Todas as características do mundo, tal como o percebemos, e o próprio ambiente terrestre, dependem essencialmente do ar. Sem a atmosfera, não haveria vento, nuvens ou chuva. Não haveria céu azul, nem crepúsculos ou auroras. Não existiria o fogo, pois toda combustão resulta da união do oxigênio com as substâncias que queimam. Não existiria o som, pois o que chamamos de som é a vibração das moléculas de ar contra o tímpano. Sem ar, enfim, as plantas não poderiam nascer e crescer.
Além de suas demais propriedades, a atmosfera serve de imenso escudo que protege a Terra da violência dos raios solares, absorvendo as radiações de ondas curtas mais perniciosas. À noite, funciona como teto de vidro de uma gigantesca estufa, conservando o calor do dia e impedindo que ele se perca todo no espaço.

Camadas da atmosfera

A camada de ar que compõe a atmosfera tem uma extensão aproximada de 1000 km, porém a sua distribuição não ocorre de forma regular em toda sua amplitude. Assim, na parte próxima ao solo, a camada é mais densa e, à medida que vai afastando-se da superfície, a quantidade de ar vai diminuindo, a presença de oxigênio é menor e o ar fica rarefeito.

A atmosfera terrestre é subdivida em cinco camadas com características próprias, de acordo com a distância da Terra (Figura 3).

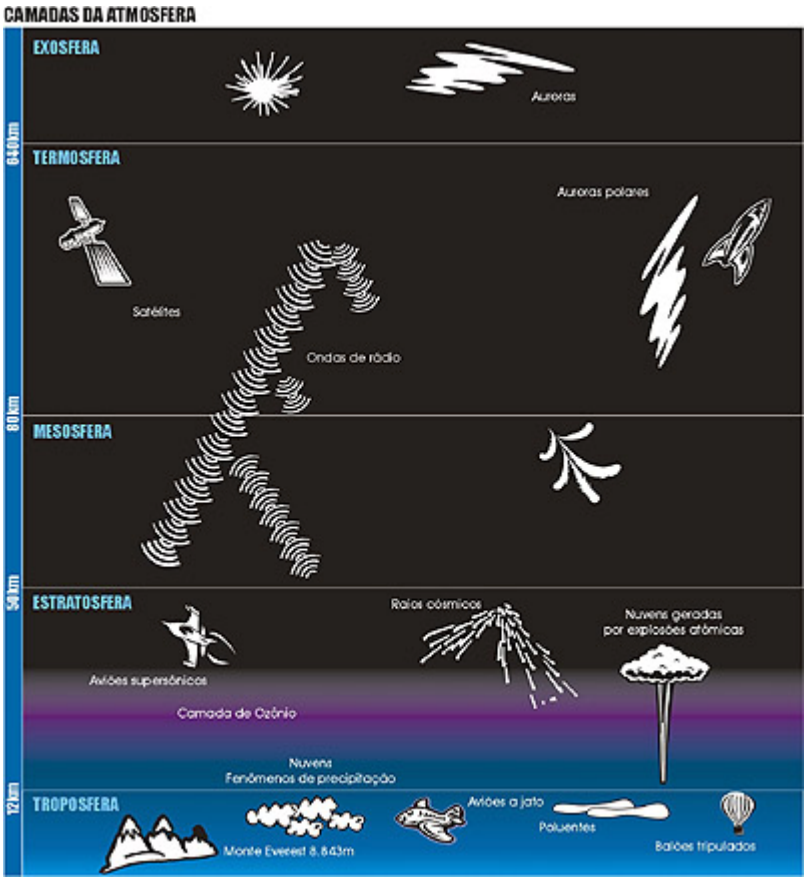

Figura 3. Distribuição vertical das camadas da atmosfera
Fonte: Adaptado de WARNECKE (1991).

Troposfera

É a camada mais próxima ao solo e atinge aproximadamente 12km de altitude. É onde ocorre uma intensa movimentação dos elementos componentes do ar, como ventos, tempestades, chuvas , geadas e neve. É na troposfera que os seres e as plantas vivem e retiram o oxigênio e o gás carbônico para a sua sobrevivência.

Estratosfera

Esta camada inicia onde termina a troposfera e atinge 50 km de altitude. Nesta camada quase não existe oxigênio: o ar é muito rarefeito e as temperaturas são muito baixas, atingindo - 50°C. Na estratosfera, está localizada a camada de ozônio e o elemento gasoso predominante é o nitrogênio.

Mesosfera

A partir do final da estratosfera, encontra-se a mesosfera que se estende até 80 km de altitude. Nesta camada, a temperatura é muito baixa, atingindo - 120°C. É nesta camada que se realizam as pesquisas meteorológicas.

Termosfera

Esta camada atinge aproximadamente 640 km acima da superfície do solo e se caracteriza pela alta temperatura, a qual aumenta com o aumento da altitude, podendo chegar a mais de 1000°C nas camadas superiores. Na termosfera, as radiações ultravioletas da luz solar são muito intensas, decompondo as moléculas em átomos e íons. Por isso, é também conhecida como ionosfera. Essa camada é da maior utilidade pelo fato de refletir as ondas de rádio, permitindo a comunicação fácil entre regiões afastadas.

Exosfera

É a última camada da atmosfera terrestre. Nesta camada o ar é extremamente rarefeito, constituindo o limite entre a atmosfera e o espaço cósmico. Na exosfera, a temperatura apresenta grandes variações, podendo atingir 2000°C durante o dia e caindo para -270°C durante a noite.
O estudo das atmosferas da Terra e dos outros planetas só começou a ser desvendado com grande precisão graças às sondas lançadas nos últimos anos. De todos os planetas do sistema solar, apenas Marte parece ter uma atmosfera algo semelhante à nossa, contendo baixo teor de vapor d`água e, possivelmente, traços de oxigênio.

A poluição do ar

A poluição é caracterizada pelas alterações na composição e nas propriedades do ar, tornando-o nocivo, impróprio ou ainda inconveniente à saúde humana, à vida animal e também aos vegetais Durante muito tempo, a humanidade viveu num equilíbrio harmônico com a natureza, devido à baixa densidade demográfica e ao caráter empírico das atividades desenvolvidas. No entanto, com o aumento vertiginoso da população, especialmente nas últimas décadas, o que levou a uma ocupação desordenada da superfície da Terra, aliada à explosão econômica e ao grande avanço industrial e tecnológico, ocorreu um grande desequilíbrio na biosfera (Figura 4).

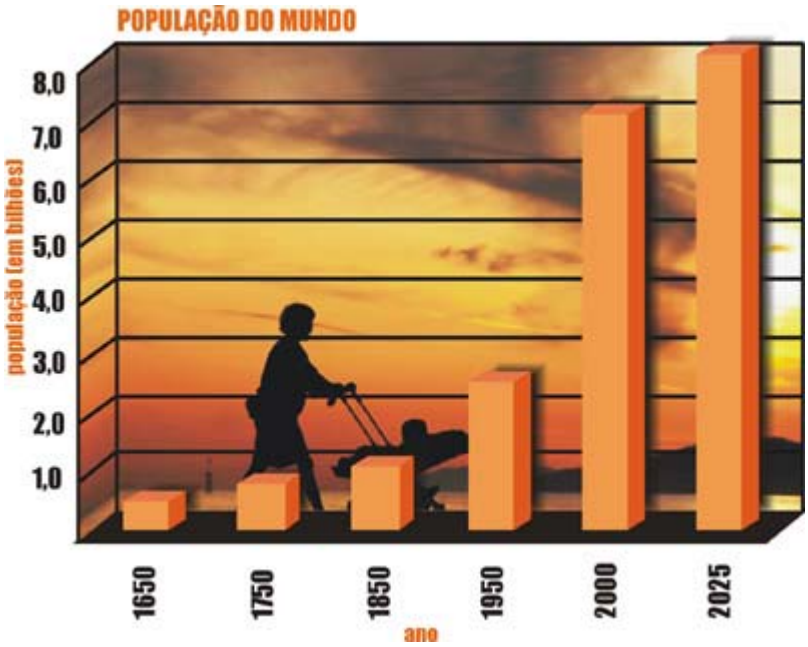

Figura 4. Evolução da população no mundo
Fonte: Adaptado de BOSSEL (1994).

O ar é um dos elementos do ecossistema que tem sofrido grandes ataques de poluentes oriundos das atividades do homem, principalmente nas aglomerações urbanas. Assim, enormes conflitos contra a natureza têm se verificado ao longo dos últimos anos, atingindo fortemente o ar que respiramos.

Atualmente, a poluição do ar é talvez o problema mais preocupante que deve ser resolvido ou, ao menos, amenizado com urgência, para que se possa continuar com uma razoável qualidade de vida na Terra.

A poluição do ar pode ser de várias origens. Assim, tem-se a poluição tóxica causada por gases que apresentam toxicidade, como o dióxido de enxofre (SO2), oriundo principalmente dos vulcões; o óxido de nitrogênio (NO), resultante da queima de combustíveis energéticos a altas temperaturas; o monóxido de carbono (CO), oriundo dos veículos automotores, e outros gases em menor escala, mas igualmente tóxicos. Também as emissões de partículas liberadas pelas queimas de qualquer natureza contribuem para a alteração da composição do ar, entre as quais destacam-se as poeiras, a fumaça e o vapor d'água (Tabela 2), emitidos pelas chaminés, e as fuligens, resultantes da deficiente combustão da lenha, carvão ou do gás, que são eliminados pelos complexos industriais.

Altitude em km	Vapor d'água % de volume
0,0	1,30
0,5	1,16
1,0	1,01
1,5	0,81
2,0	0,69
2,5	0,61
3,0	0,49
3,5	0,41
4,0	0,37
5,0	0,27
6,0	0,15
7,0	0,09
8,0	0,05

Tabela 2. Distribuição média do vapor d'água em diferentes altitutes médias
Fonte: Landsberg (1996)

Da trituração das rochas, especialmente as fosfáticas, para a produção de fertilizantes, é eliminado o flúor, que é muito tóxico, quando em altas concentrações. Muitos desses elementos ou a combinação de alguns deles causam doenças como bronquite, asma e irritações no aparelho respiratório das pessoas, razão pela qual, em regiões que existem intensas poluições aéreas, a população é mais susceptível a esses tipos de enfermidades.

Várias são as fontes de poluição do ar. Entre elas, destacam-se:

- os grandes empreendimentos industriais que, embora aplicando eficientes medidas preventivas, ainda causam intensa poluição da atmosfera. Nesse aspecto, é importante observar que os complexos industriais normalmente têm localização pontual, o que permite um controle adequado;
- as residências e as pequenas indústrias que usam lenha ou carvão para suas atividades, ao emitirem fumaça, poeiras e óxido de enxofre;
- a circulação de milhares de veículos automotores nas cidades de todos as países do mundo, liberando grandes volumes de monóxido de carbono, chumbo, partículas sólidas, óxido de nitrogênio e outros (Figura 5);

Figura 5. Aspecto da poluição do ar causada pelo tráfego de veículos automotores

- a prática permanente de queimadas de florestas e campos, resíduos agrícolas e os incêndios, em geral, além de contribuírem para a diminuição da fertilidade do solo, causam grande poluição do ar (Figura 6);

Figura 6. Aspecto de uma queimada

- a utilização de clorofluorcarbono através de sprays, refrigeradores e aparelhos de ar condicionado ajuda fortemente na poluição, atingindo principalmente a camada de ozônio da atmosfera.

Consequências da poluição do ar

As alterações que ocorrem na composição do ar resultam sempre em poluição, a qual pode causar conseqüências que variam de acordo com a intensidade de elementos poluentes contidos na atmosfera (Figura 7).

Figura 7. Aspecto da mortalidade de árvores

As conseqüências da poluição do ar vêm sempre acompanhadas de efeitos diretamente ligados à saúde humana, dos animais e também dos vegetais, sendo classificados em estéticos, irritantes e tóxicos. Um único poluente pode provocar mais de um efeito. Assim, um elemento, de acordo com sua estabilidade, pode ser irritante e tóxico ao mesmo tempo.

Os efeitos estéticos são aqueles causados pela presença de vapores, fumaças, poeiras e aerosóis, provocados pela ação antrópica, e que, muitas vezes, causam odores desagradáveis, como é o caso do lixo, esgotos e das águas poluídas, que liberam o gás sulfídrico ou sulfeto de nitrogênio, com forte odor.

Já os efeitos irritantes manifestam-se diretamente nos olhos, na garganta e nos brônquios, com gravidade maior nas crianças e nas pessoas idosas ou naquelas que apresentam problemas pulmonares, como alergias, bronquites, asma ou outro tipo de afecção. Esses sintomas irritantes são causados pelo formol emitido na queima da madeira seca ou verde e pelas poeiras e aerosóis que estão em suspensão no ar.

Os efeitos tóxicos são provocados pela presença, principalmente, do gás carbônico, que acaba sendo absorvido em grande escala, juntamente com o oxigênio.

Uma grande gama de elementos estranhos ao ar, quando absorvida através da respiração, causa sintomas distintos, conforme a origem e a quantidade dos mesmos. Esses sintomas podem ser: dores de cabeça, desconforto, cansaço, palpitações no coração, vertigens, diminuição dos reflexos, irritação nos olhos, nariz, garganta e pulmões, asma aguda e crônica, bronquite e enfisemas, câncer, destruição de enzimas e proteínas, degeneração do sistema nervoso central e doenças dos ossos.

Milhões de Reais são gastos anualmente com o tratamento de doenças respiratórias provocadas pela poluição do ar

Na Tabela 3, observam-se as principais fontes de emissões, poluentes e suas conseqüências à saúde e ao ambiente.

Tabela 3: Fontes, principais poluentes e efeitos da poluição

Fontes de poluição
Tipos de poluentes
Efeitos sobre o meio ambiente
Efeitos sobre a saúde
Queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão
Monóxido de carbono (CO)
Reação com o oxigênio formando o (CO_2)
Dificuldades respiratórias (asfixia)
Queima de combustíveis fósseis como derivados de petróleo e lenha
Dióxido de carbono (CO_2)
Aumento da temperatura e alterações climáticas
A presença do CO_2 em grande escala pode acabar com a vida humana na Terra
Queima de combustíveis que contenham enxofre
Dióxido de enxofre (SO_2)
O SO_2 reage com o vapor d'água produzindo ácido, causando a chuva ácida
Irritação nas vias respiratórias, provocando bronquites, asma e tosse
Queima de combustíveis energéticos a altas temperaturas
Óxido de nitrogênio (NO)
Colabora na formação da chuva ácida
Ataca o sistema respiratório podendo levar ao surgimento de edema pulmonar
Compostos orgânicos que contenham H e C
Hidrocarbonetos (HC)
Reagem com os elementos da atmosfera, formando os oxidantes fotoquímicos
Irritação, principalmente nos olhos
Combustão incompleta
Poeiras e fuligens
Diminui a visibilidade e interfere nas trocas gasosas dos vegetais
Sistema respiratório, afetando principalmente os pulmões

A poluição, além de prejudicar a saúde humana, modifica sensivelmente a atmosfera, alterando sua composição, e ainda absorve parte dos raios solares, que deveriam incidir sobre a Terra e auxiliar nas atividades biológicas dos ecossistemas.
Os organismos aeróbicos realizam sua respiração pelo consumo do oxigênio e da devolução do gás carbônico para a atmosfera, através de uma reação de oxidação, realizando o caminho inverso da fotossíntese.

Efeito estufa

O Sol é a fonte de todos os fenômenos que ocorrem na atmosfera, na superfície da Terra e no solo, sendo a energia solar a principal responsável por todas as manifestações climáticas do planeta. A camada de ar que envolve nosso planeta é constituída de gases, que permitem a passagem da radiação solar e absorvem grande parte do calor emitido pela Terra, principalmente as radiações infravermelhas térmicas, funcionando como uma estufa, que mantêm a temperatura média da superfície do planeta em torno de 15°C. Se não ocorresse o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria de menos 18°C. Isso mostra que o efeito estufa aumenta a temperatura em 33°C. Conclui-se, portanto, que esse fenômeno é muito importante e benéfico, pois fornece as

condições para o desenvolvimento da vida. Embora a existência do efeito estufa seja benéfica, a preocupação dos cientistas é que ocorra uma intensificação desse fenômeno, o que poderia causar graves conseqüências.

Sendo o gás carbônico o principal responsável pela presença do efeito estufa, contribuindo com 60% na formação do fenômeno, existe uma preocupação geral com o aumento desse gás na atmosfera, liberado pela atividade antrópica. Com um acréscimo de CO2 no ar, poderá ocorrer uma maior absorção da radiação solar de ondas curtas pelas partículas desse gás, as quais serão novamente irradiadas para a superfície, causando um aumento na temperatura da Terra. Além do gás carbônico (CO2), o vapor d'água, o metano (CH4), o ozônio (O3), o óxido nitroso (N2O), os compostos de clorofluorcarbono (CFC)-freons, presentes na atmosfera, contribuem para o aumento da temperatura na superfície da Terra. Neste final de século, em função do desenvolvimento tecnológico e da destruição das florestas, tem ocorrido um aumento na quantidade dos gases presentes na atmosfera. Somente a emissão de CO2 causada pela queima de produtos fósseis, está avaliada em mais de 5 bilhões de toneladas anuais (Figura 8), acrescida ainda de 0,4 a 2,5 bilhões de toneladas, causadas pela queima das florestas.

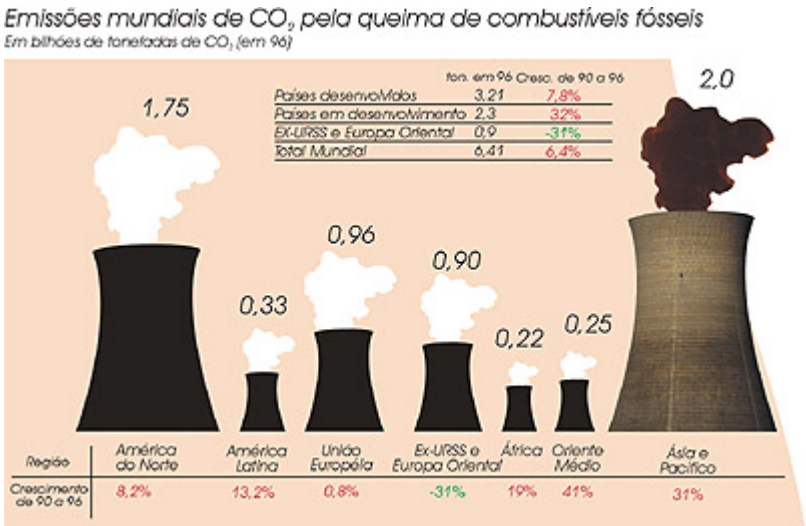

Figura 8. Emissões mundiais de CO2 pela queima de combustíveis fósseis
Fonte: Folha de São Paulo (11/1998).

Caso não sejam tomadas medidas inibidoras, as previsões apontam que no ano de 2050 a quantidade de CO2 na atmosfera passará dos 350 ppm atuais para 500 a 700 ppm, o que poderá acarretar sérios transtornos para a humanidade (Figura 9).

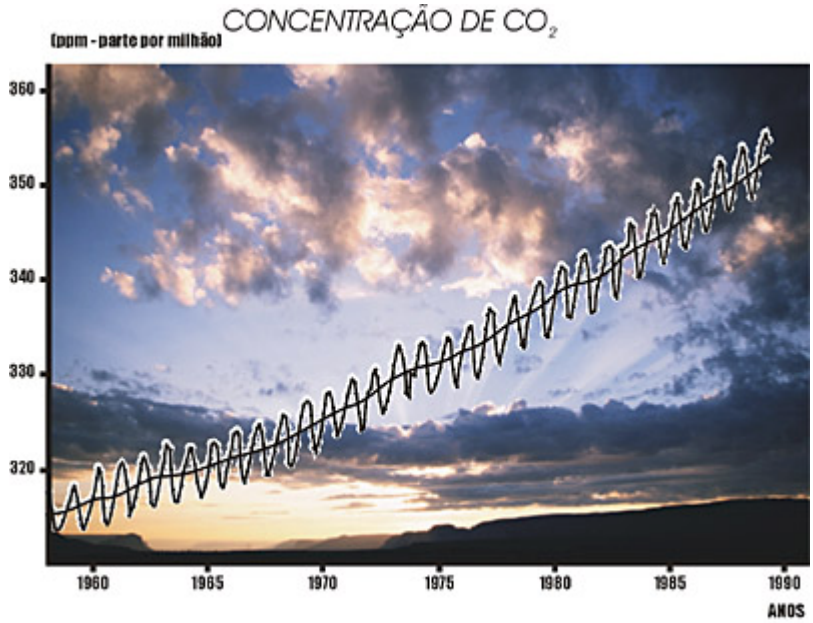

Figura 9. Concentração do dióxido de carbono na atmosfera
Fonte: Adaptado de CHAPMAN & REISS (1995)

Um aumento da temperatura global provocado pelo efeito estufa causará sérios problemas para a população, tais como: um maior consumo de energia para a refrigeração, um maior consumo de água potável e de filtros solares. Ainda pode levar ao extermínio de muitas espécies vegetais que não se adaptariam em outro gradiente de temperatura, diminuindo o número de plantas para seqüestrar o dióxido de carbono do ar. Além disso poderia ocorrer a elevação dos níveis dos mares, resultado do degelo das calotas polares, o que acarretaria grandes inundações das partes baixas dos continentes e também alteraria a produtividade dos oceanos.

Atualmente, as alterações climáticas causadas pelo "El Niño", que é o fenômeno de aquecimento anormal das águas de uma área de 4.000 km2 do Oceano Pacífico e que se desloca em direção à costa peruana, interferindo nas condições atmosféricas, provocam um aumento das chuvas no sul e nordeste do Brasil, com reflexos também no Sudeste e na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

Por outro lado, o " La Niña" causa o resfriamento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial. Os efeitos deste fenômeno são representados pela aceleração da passagem de frentes frias sobre a região sul do Brasil, reduzindo as chuvas entre o período de setembro a fevereiro, especialmente no Rio Grande do Sul. Em anos de “La Niña”, ocorrem chuvas abaixo do normal, com estiagens que, algumas vezes, causam sérios prejuízos às culturas de verão (milho, soja e fumo).

O vapor de água e a Terra

Todas as nuvens são formadas pela mesma substância: a água, que flutua no ar em altitudes determinadas pelos ventos, pela temperatura e pelo sol.

Apesar de seu volume relativamente pequeno, esse gás é um dos mais importantes componentes do ar. Sem ele não existiriam os fenômenos meteorológicos, nem a vida na Terra, tal como a conhecemos. A superfície terrestre permaneceria sufocada sob densas nuvens de poeira revolvidas pelo vento e sofreria as mais extremas variações de temperatura, pois o deslocamento do vapor de água, nos sentidos vertical e horizontal, constitui um dos mais importantes mecanismos de intercâmbio térmico do planeta. Duas vezes por ano, por exemplo, 10 bilhões de toneladas de ar, carregados de vapor de água, cruzam o equador, passando do hemisfério em que é verão para o hemisfério em que é inverno. Esse processo contribui para moderar e equilibrar as diferenças de temperatura entre as regiões quentes e frias da Terra. E a capacidade que tem o vapor de água de absorver o calor proveniente da superfície terrestre desempenha um papel essencial na conservação do equilíbrio térmico, que possibilita a existência da vida na Terra.

De todo o calor que deixa a superfície da Terra, apenas cerca de 15% se perde no espaço. O resto fica retido pela atmosfera, devido, principalmente, à presença do vapor.

Nos dias claros e secos, o vapor de água permanece invisível. Às vezes, contudo, ele se revela, caindo sob forma de chuva, granizo ou neve.

Essa chuva que cai nas florestas, bem como a evapotranspiração da cobertura vegetal, tem papel de destaque no ciclo da água e na manutenção da vida no planeta. É através das águas que as plantas absorvem os nutrientes da solução do solo e conduzem os mesmos até o alto das copas, onde ocorre a transformação pela fotossíntese, sendo novamente distribuídos pela água os elementos, agora elaborados, por todas as partes das plantas. Essa mesma água é que garante a vida dos animais e, inclusive, do homem na Terra, pois, com sua ausência, jamais existiriam condições de sobrevivência de qualquer ser vivo. .

Chuva ácida

Este é um fenômeno que se agravou muito com o aumento da industrialização, principalmente pela queima do carvão nas indústrias. Tem uma relação direta com a poluição do ar, aparecendo em maior intensidade nos países com maior índice industrial. No Brasil, esse fenômeno ocorre com maior volume nas regiões onde estão estabelecidos complexos industriais que utilizam, para gerar energia, combustíveis fósseis ou madeira, sendo também muito expressivo nas grandes capitais, onde o número de veículos automotores é elevado.

A chuva ácida é resultante da reação química que ocorre entre os compostos de enxofre, nitrogênio e outros, liberados pela queima dos combustíveis fósseis e pelo vapor d'água da atmosfera, na presença da energia solar, resultando em ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3), que se precipitam em forma de partículas de chuva, e cuja acidez varia com a concentração e o local, sendo considerada ácida quando o pH for inferior a 5,0. Essa chuva, quando freqüente, é responsável pela corrosão de metais, alterações nas cores de pinturas de paredes de casas e edifícios, desgaste de pedras, estátuas, qualidade das águas, acidificação do solo, prejudicando também as plantas e animais, bem como a vida dos rios e florestas (Figura 10).

Os efeitos deste tipo de fenômeno não ocorrem somente junto às áreas de emissões, mas também em locais distantes, uma vez que sua dispersão ocorre através dos ventos. Por isso, não pode ser

considerada de maneira pontual, devendo ser estudada em grandes regiões, principalmente naquelas para onde as correntes de vento dominantes conduzem a chuva ácida.
O consumo de água acidificada por longos períodos pode causar doenças como mal de Parkinson, mal de Alzheimer, hipertensão e problemas renais. Em crianças, existe grande possibilidade de atacar o sistema nervoso central.

Figura 10. Efeito da chuva ácida sobre o ecossistema aquático e florestal

A solubilidade de metais potencialmente tóxicos como o alumínio, manganês e cádmio, é dependente do pH e aumenta rapidamente com a diminuição do pH da solução do solo. O alumínio é fitotóxico e causa prejuízos ao sistema radicular, diminuindo a habilidade das plantas para absorver os nutrientes e a água do solo, afetando o crescimento das sementes e a decomposição do folhedo, e, interagindo sinergisticamente com os ácidos, aumenta o prejuízo às plantas e aos ecossistemas aquáticos. Outro efeito sobre a vegetação é a redução no seu crescimento ou, no pior caso, a morte, devido não só à lixiviação dos nutrientes como o magnésio e o potássio, mas também por causas secundárias, afetando a planta enfraquecida.

A camada de ozônio

O ozônio (O3) é um elemento químico gasoso, formado por três átomos de oxigênio, que se encontram puros e livres na atmosfera. Sua maior abrangência localiza-se na estratosfera, situado entre 16 e 50 km de altitude, com maior concentração ao redor dos 28 km de altura.
A camada de ozônio é uma capa em constante renovação na atmosfera, com alta concentração desse elemento, o que protege a Terra de vários tipos de radiação. É uma camada benéfica que tem sido objeto de muitos esforços para sua preservação, devido a grandes ameaças de destruição.
O ozônio evita a passagem de grande parte dos raios ultravioletas emitidos pelo sol, constituindo-se numa barreira contra a ação dessas radiações prejudiciais à vida.
As radiações ultravioletas ultracurtas desmancham o oxigênio e formam o ozônio, que absorve os raios ultravioletas, não os deixando chegar à Terra. Quanto maior a concentração de ozônio, maior será a retenção dessas radiações, ou seja, menor a quantidade de radiações ultravioletas que chegam até nós.

Os raios ultravioletas são os responsáveis pela cor morena que é conferida à pele branca quando exposta ao sol. Porém, exposições prolongadas e excessivas podem ser mortais.
Toda a vida na Terra é especialmente sensível à radiação ultravioleta com comprimento de onda entre 290 a 320 nanômetros. Tão sensível, que essa radiação recebe um nome especial: UV-B, que significa "radiação biologicamente ativa". A maior parte da radiação UV-B é, pois, absorvida pela camada de ozônio, mas mesmo a pequena parte que chega até a superfície é perigosa para quem se expõe a ela por períodos mais prolongados.
A UV-B provoca queimaduras solares e pode causar câncer de pele, inclusive o melanoma maligno, freqüentemente fatal. A Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental estima que 1% de redução da camada de ozônio provocaria um aumento de 5% no número de pessoas que contraem câncer de pele. Em setembro de 1994 foi divulgado um estudo realizado por médicos brasileiros e norte-americanos, em que se demonstrava que cada 1% de redução da camada de ozônio desencadeava um crescimento específico de 2,5% na incidência de melanomas. A incidência de melanoma, aliás, já está aumentando de forma bastante acelerada. Entre 1980 e 1989, o número de novos casos anuais nos Estados Unidos praticamente dobrou; segundo a Fundação de Câncer de Pele, enquanto em 1930 a probabilidade de as crianças americanas terem melanoma era de uma para 1.500, em 1988 essa chance era de uma para 135 (Figura 11).

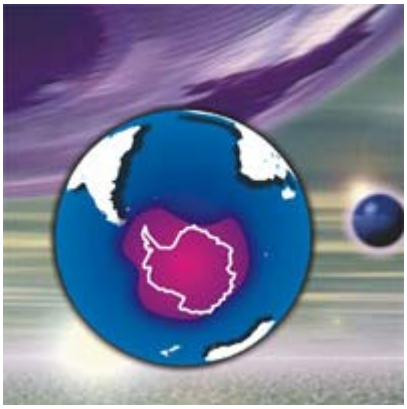

Figura 11. Buraco na camada de ozônio (em violeta)

Em 1995 já se observava um aumento nos casos de câncer de pele e catarata em regiões do hemisfério sul, como a Austrália, Nova Zelândia, África do Sul e Patagônia. Em Queensland, no nordeste da Austrália, mais de 75% dos cidadãos acima de 65 anos apresentam alguma forma de câncer de pele; a lei local obriga as crianças a usarem grandes chapéus e cachecóis quando vão à escola, para se protegerem das radiações ultravioletas. A Academia de Ciências dos Estados Unidos calcula que apenas naquele país estejam surgindo anualmente 10 mil casos de carcinoma de pele por causa da redução da camada de ozônio. O Ministério da Saúde do Chile informou que desde o aparecimento do buraco na camada de ozônio sobre o pólo Sul, os casos de câncer de pele no Chile cresceram 133%; atualmente o governo faz campanhas para a população utilizar cremes protetores para a pele e não ficar exposta ao sol durante as horas mais críticas do dia.

Os raios ultravioleta são os responsáveis pelo bronzeamento da pele

A molécula de oxigênio, a uma altura suficiente, na estratosfera, é dissociada pelos raios ultravioletas do sol, resultando em dois átomos de oxigênio atômico, (O + O), o que pode ser representado quimicamente por O2 + raio ultravioleta = O + O . Após, ocorre a produção de ozônio através da associação da molécula do oxigênio O2 com o átomo de oxigênio O, que pode ser representada quimicamente da seguinte maneira: O2 + O = O3.

Ao processo de produção de ozônio seguem-se vários processos de perdas, ou seja, elementos que destroem a molécula de ozônio, inclusive sua dissociação, absorvendo a radiação ultravioleta. Do equilíbrio entre a perda e a produção depende a concentração de ozônio na atmosfera, em estado estacionário.

A concentração do ozônio na atmosfera varia com as diferentes altitudes, sendo o próprio processo de produção de O3 o responsável pela atenuação da intensidade dos raios ultravioletas de cima para baixo, o que resulta na maior concentração numa altura em torno dos 28km, diminuindo bruscamente para cima e para baixo.

A incidência direta dos raios ultravioletas sobre os mares afetaria diretamente as algas, que realizam a fotossíntese na superfície dos oceanos, o que resultaria na extinção de muitos animais que vivem nos ecossistemas marinhos.

O ozônio, na sua fórmula química, é constituído por três moléculas de oxigênio com alto poder de filtragem dos raios ultravioletas, porém, na presença do CFC, desintegra-se, formando oxigênio (O2) sem poder de filtragem . Na Figura 12, observa-se o esquema da destruição do ozônio na estratosfera, através dos radicais de cloro.

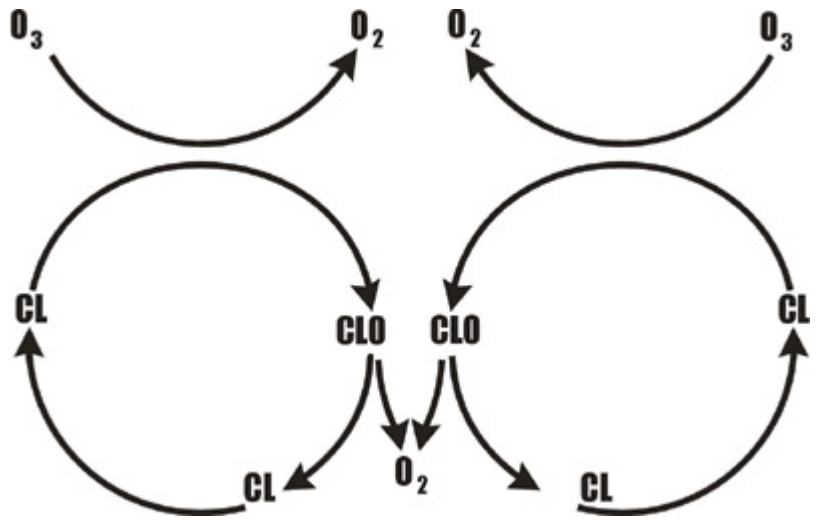

Figura 12. Esquema da destruição do ozônio na estratosfera através dos radicais de cloroFonte: KRAPFENBAUER (1992).

Estima-se que um átomo de cloro pode destruir até 100 mil moléculas de ozônio até retornar à Terra.

A redução na camada de ozônio provocaria inibição da fotossíntese por parte de todas as espécies sensíveis, com gravíssimas conseqüências para a vida na Terra.

À medida em que se amplia a consciência que o homem tem do universo, fica mais clara a noção de que o mar não apenas fornece certos meios para o nosso sustento, mas também assegura nossa própria existência. O que chamamos de vida surgiu no mar; foi aí que se originou a matéria básica de todos os seres vivos e o mar preside todo o sistema natural que constitui o meio ambiente do homem.

São muito preocupantes os efeitos devastadores que as elevadas radiações ultravioletas podem provocar no mar, principalmente na inibição da fotossíntese por parte de espécies que apresentarem sensibilidade a esse tipo de poluição; além disso, um aumento da temperatura global causada pelo efeito estufa causará, também, a elevação dos níveis dos mares, resultado do degelo das calotas polares, o que acarretaria grandes inundações das partes baixas dos continentes e também alteraria a produtividade dos oceanos.

A importância das florestas na qualidade do ambiente

O papel das florestas na vida das populações sempre foi compreendido. No entanto, somente nas últimas décadas é que as influências florestais sobre o clima, ar, água, solo, saúde e aspectos psicológicos dos homens ganharam sua real importância, porque começaram a aparecer conseqüências negativas na qualidade de vida (Figura 13).

Figura 13

Figura 14

O aumento da população, aliado às mudanças do ambiente imposto pelo homem, exerce grandes pressões sobre a atmosfera, ocasionando diferentes impactos sobre o ar e também sobre a natureza, especialmente sobre os recursos florestais que proporcionam múltiplas utilizações para o homem.

A destruição da vegetação, especialmente das florestas (Figura 14), causou problemas sérios para o equilíbrio da biosfera, como erosão eólica, hídrica, degeneração do solo e muita poluição do ar. Por isso, é necessário restabelecer a cobertura vegetal para retomar o equilíbrio e a produtividade dos ecossistemas e diminuir a poluição do ar.

A participação das florestas de coníferas e folhosas na contenção dos poluentes que se encontram acumulados no ar acontece de forma expressiva, uma vez que elas atuam diretamente, absorvendo e armazenando nas suas folhas 32 a 80 toneladas por hectare por ano de poeira, que é posteriormente conduzida ao solo pela ação das chuvas (Figura 15).

Figura 15. Esquema da deposição seca e lavagem, através da chuva, dos poluentes da copa das árvores para o solo

Também a poluição sonora pode ser atenuada pelas florestas. Quando bem manejadas, bem estruturadas e possuindo 50 metros de largura, reduzem de 30 a 50 decibéis os barulhos e ruídos causados pelos processos mecânicos gerenciados pelas atividades do homem.

As florestas e o clima

As florestas têm influência direta sobre o clima, provocando variações na temperatura do ar, atuando e definindo as médias, máximas e mínimas, as diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas diárias, mensais e nos diferentes períodos do ano. Influencia diretamente na umidade relativa do ar e, principalmente, na transpiração e na evapotranspiração dos seres vivos. Reduzem a velocidade dos ventos, favorecendo a recreação ao ar livre e proporcionando um perfeito intercâmbio entre o ar puro e poluído, principalmente nas regiões metropolitanas (Figura 16).

Figura 16. As florestas interagindo com o meio urbano

Sendo a atmosfera o reservatório de oxigênio (O2) e gás carbônico (CO2), para as plantas e demais seres vivos é importante lembrar que, devido ao índice de poluição do ar, esses organismos vão se adaptando às variações climáticas que, muitas vezes, podem ser drásticas, até

chegar a uma situação além da qual não têm mais condições de sobrevivência e acabam desaparecendo.
Nos ecossistemas florestais, as plantas crescem com as alternâncias climáticas que podem ser favoráveis ou desfavoráveis. Por isso, é importante conhecer as relações existentes entre as condições do clima e o crescimento das árvores, bem como o microclima dos habitats onde estão crescendo os vegetais.

A radiação solar nas florestas

Figura 17. Atenuação da radiação solar em uma floresta boreal
Fonte: LARCHER (1986).

A radiação solar interceptada pelas florestas pode ser absorvida, refletida ou ainda transmitida. Uma parte da energia transportada pela radiação é absorvida pelas árvores e pelo solo, e utilizada para evaporar água e para aquecer o solo e o ar, enquanto parte perde-se no espaço. A quantidade de energia recebida por um solo coberto por floresta varia de 5% a 20%, dependendo da densidade das copas (Figura 17).
Apenas pequena parte da radiação global é responsável pela temperatura na superfície terrestre. Essa energia é absorvida pela cobertura vegetal, pelo solo, pela água e pelo ar, sofrendo, nesses meios, transformações, transferência e condução. Esse tipo de energia é consumido por irradiação, reflexão, absorção e evaporação. Assim, o movimento da energia na superfície da Terra, nos diferentes habitats e ecossistemas, bem como o aquecimento do ar nesses diversos locais, variam de acordo com vários fatores; entre eles:

- o movimento da terra;
- a altitude;
- a exposição e a inclinação;
- a época do ano;
- o efeito da atmosfera.

A influência das florestas na temperatura do ar

As informações climáticas obtidas no interior das florestas apontam que a temperatura do ar, diária ou mensal, é inferior àquela obtida fora do povoamento florestal. As diferenças maiores ocorrem durante os períodos mais quentes, e as temperaturas máximas são mais afetadas do que as mínimas, principalmente nas florestas caducifólias. Isso significa dizer que a amplitude de temperatura do ar é menor nas florestas do que nas áreas de campo aberto.

As temperaturas baixas no interior das florestas são as responsáveis pela umidade relativa do ar mais alta. Por isso, as florestas são mais úmidas mesmo que a temperatura do ponto de orvalho e a pressão do vapor d'água ambiental sejam aproximadamente iguais às da área externa. A temperatura mais amena no interior das florestas pode ser explicada pelos seguintes fatores: a vegetação intercepta a radiação que entra e a radiação que sai da floresta, tendo um efeito marcante na temperatura; as folhas verdes não aquecem tanto quanto o solo e a camada de serapilheira e também porque as folhas trocam calor com o ar que está na sua volta (Figura 18).

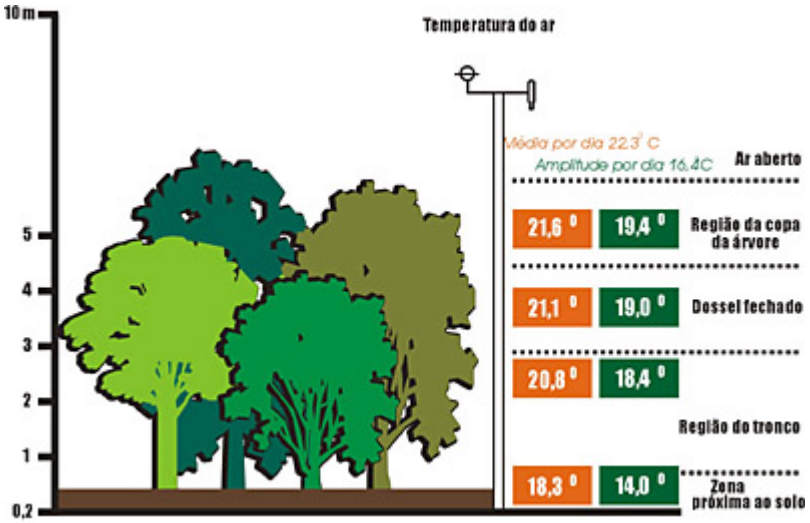

Figura 18. Temperatura do ar nos diferentes estratos de uma floresta densa de abetos
Fonte: LARCHER (1986)

Por conseqüência, durante os períodos de radiação líquida positiva, a temperatura próxima ao solo da área com floresta é reduzida, enquanto à noite o ar junto ao solo é mais quente que acima das copas das árvores, onde a radiação líquida negativa é maior.

Quando a atmosfera está encoberta, a intensidade absoluta de luz no povoamento florestal é logicamente menor. No entanto, a diminuição relativa da intensidade é mais lenta, porque a luz difusa tem maior porcentagem de radiação global.

A copa das florestas densas formam uma superfície contínua, transformando-se na área de contato com o ar. Logo, as temperaturas são mais altas no topo do dossel, diminuindo gradativamente até o solo florestal, podendo atingir diferença de 18 a 20ºC em relação à temperatura da serapilheira, ocorrendo o inverso durante a noite.

A região das copas das árvores é muito ativa em relação aos aspectos climáticos, pois a radiação é recebida e emitida, ocorrendo uma relativa circulação do vento naquela área, o que causa um contraste entre o clima exterior e o interior da floresta, o qual é atenuado constantemente pela convecção forçada. Por isso que o microclima no interior das copas é muito instável, contrastando com o equilíbrio que ocorre na região do fuste.

No inverno, em florestas decíduas, a temperatura se mantém praticamente uniforme; já nas florestas fechadas, a diferença de temperatura da superfície do solo é marcante tanto no inverno como no verão.

A influência das florestas na umidade relativa do ar

A umidade relativa é um importante elemento da biosfera. As altas umidades relativas criam ótimos ambientes para o desenvolvimento de fungos e outros elementos patogênicos, enquanto que as baixas umidades relativas causam ressecamento e proporcionam ambientes propícios para a ocorrência de incêndios florestais.

Durante o aquecimento diário da superfície terrestre, a umidade relativa é geralmente mais baixa no fundo dos vales ou nas faces diretamente expostas à incidência dos raios solares. À noite, as partes mais baixas, como o fundo dos vales, são relativamente mais úmidas e a umidade relativa mínima ocorre na posição média do declive, onde as temperaturas são mais altas.

As florestas moderam a temperatura superficial e contribuem para o aumento da umidade do ar por meio da evapotranspiração. Além disso, o dossel contínuo de uma floresta possui o efeito de reduzir a velocidade do vento e as misturas de massa de ar causadas pelo movimento das brisas. Diante disso, a diferença de umidade entre os povoamentos florestais variam com a densidade das copas das árvores. Onde as copas são fechadas, a umidade geralmente é mais alta do que em locais com densidades menores. Essa umidade é mais alta durante o dia e mais baixa durante a noite, sendo mais pronunciada nas florestas com sub-bosque verde. Nas florestas decíduas, seus efeitos sobre a umidade são muito suaves.

A umidade relativa do ar apresenta comportamento bem mais simples quando comparado com a temperatura. No entanto, existe uma estreita correlação entre essas duas variáveis.

A umidade relativa próxima ao piso florestal é maior que aquela acima do dossel, por causa da diferença de temperatura e também porque a pressão do vapor d'água nas copas é suavemente mais elevado, devido à evapotranspiração.

A influência das florestas sobre o vento

O vento é o resultado da conversão da radiação solar para energia térmica e depois para energia cinética, criando um diferencial de calor na atmosfera que causa outro diferencial de calor na superfície da Terra.

A velocidade do vento é determinada pelo relevo e pelas diferenças de temperatura existentes. Assim como o início da radiação solar aumenta a movimentação do ar, que é o vento, também o relevo pode alterar a qualidade térmica da circulação do ar, tornando-o mais quente e mais seco, ao passar por montanhas ou por fundo de vales.

O vento, pela sua influência sobre a transpiração, atua diretamente na fotossíntese e, conseqüentemente, no crescimento das árvores, uma vez que ao redor dos estômatos formam-se capas de ar úmido que são transportadas pelo vento. Eleva-se, com isso, a transpiração, o que possibilita um maior acesso de ar fresco carregado de CO^2 próximo às folhas, aumentando o nível de assimilação, quando o vento for leve. No entanto, a ação contínua do vento, depois de um certo tempo, diminui a transpiração pelo fechamento dos estômatos, prejudicando a assimilação. Com isso, o vento contínuo e forte afeta negativamente o crescimento em diâmetro e altura das árvores.

As florestas são estruturas rugosas que influenciam grandemente na turbulência do ar,

constituindo-se em superfícies de fricção que determinam e contribuem para direcionar os ventos, principalmente nos locais próximos ao solo (Figura 19).

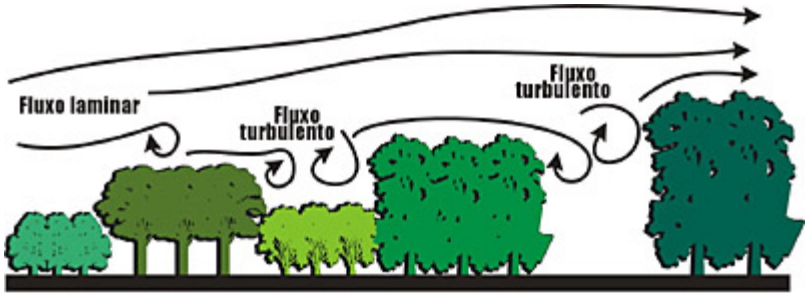

Figura 19. Diferentes alturas da vegetação e seus efeitos sobre a turbulência do ar
Fonte: Modificado de KIMMINS (1987).

A velocidade do ar varia rapidamente com a altura, sendo quase nula ao nível do solo e bastante acentuada a poucos metros de altura. Quando a vegetação for muito baixa, para efeito de estudos meteorológicos, essa superfície de fricção é desconsiderada. Porém, quando a vegetação for arbórea, o fluxo do ar dentro da floresta deve merecer consideração especial por ter participação direta nos processos fisiológicos das plantas.

As copas das árvores são muito eficientes na redução da velocidade e movimentação dos ventos por apresentarem grandes áreas de fricção. Quando a floresta apresentar sub-bosque, a velocidade do ar no seu interior pode ser a mesma tanto no sentido vertical como horizontal, da superfície do solo até o topo das copas, devido às várias superfícies estruturais que se formam ao longo da altura.

No interior de uma floresta, o vento sofre alterações que dependem da composição, densidade de estratos e de copas e também da qualidade dessas, com folhas ou desfolhadas. Com um manejo adequado é possível melhorar a estrutura das florestas, minimizando os possíveis danos causados pelos ventos (Figura 20).

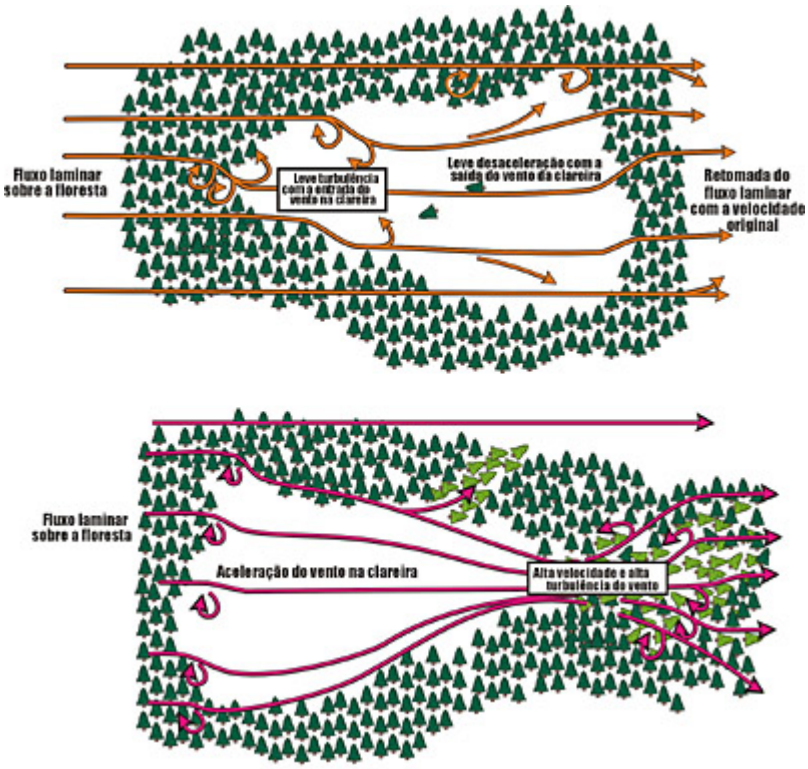

Figura 20. Influência do manejo da floresta no comportamento do vento
Fonte: Adaptado de KIMMINS (1987)

A velocidade do vento acima do teto das matas é maior do que em campo aberto, exercendo um efeito de sucção. Por isso, quando consegue entrar momentaneamente no povoamento, causa turbulências, danificando os indivíduos mais frágeis que estão presentes na constituição das florestas. Assim, para se manejar com eficiência uma floresta, deve-se conhecer a direção dos ventos dominantes, bem como avaliar as influências dos fatores do relevo local.
O vento atua dentro da floresta de maneira mais amena do que fora dessa, influindo sobre o clima do seu interior. Assim a velocidade do vento depende também do grau de estratificação das copas e da velocidade acima do dossel.

Principais efeitos do vento nos ecossistemas florestais

A remoção de poeiras e partículas orgânicas de um ecossistema para outro, alterando a fertilidade do mesmo, é um dos principais efeitos do vento nos ecossistemas florestais (Figura 21).

Figura 21. Ação do vento sobre as partículas do solo

O vento tem participação marcante na evaporação e transpiração das plantas. Ele transporta energia calorífica, amenizando temperaturas extremas em determinados locais; transporta grãos de pólen, esporos e sementes, exercendo papel fundamental na reprodução e disseminação da vegetação, e transporta, através de correntes de ar, aranhas, insetos e outros animais de pequeno porte (Figura 22).

Figura 22. Animais que podem ser transportados pelo vento

O vento é um elemento importante na dispersão de poluentes na atmosfera (Figura 23).

Figura 23. O vento como agente transportador de poluentes

Outro problema causado pelo vento nas florestas, em épocas de chuva muito intensa com solo encharcado, é o tombamento de árvores. Isto pode ser verificado na Figura 24.

Figura 24. Tombamento de de árvores em função da alta velocidade do vento

O vento tem influência direta sobre o crescimento e a forma das árvores (Figura 25).

Figura 25. Efeito da ação do vento na forma da copa das árvores

Influência da poluição do ar sobre as florestas

A poluição do ar constitui um expressivo fator de estresse para as florestas, atuando em nível molecular e bioquímico, com reflexos significativos na fisiologia das plantas. Os fatores mais expressivos que influenciam na intensidade dos prejuízos da poluição sobre os vegetais são: a dosagem e a concentração do poluente no ar e o período e a freqüência da exposição dos vegetais; as características genéticas do vegetal e as condições físicas e bióticas do ambiente. O fenômeno fotossintético das plantas é muito sensível aos poluentes, principalmente os gasosos, os quais afetam principalmente o sistema de membranas, atuando diretamente nos processos e reações da fotossíntese. As modificações das folhas, causadas pela poluição, ocasionam sensíveis danos no metabolismo. Assim, o estresse químico atua na respiração celular, provocando um aumento do consumo de energia, reduzindo a fotossíntese líquida, prejudicando o crescimento vegetal como um todo, além de diminuir a resistência contra pragas e enfermidades. Na Figura 26, verificam-se os danos causados pela emissão de poluentes sobre as árvores.

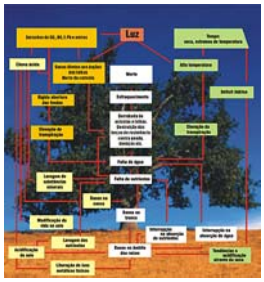

Figura 26. Danos causados pela emissão de poluentes sobre as árvores
Fonte: Adaptado de HEINRICH & HERGT (1990)

As conseqüências da poluição nos ecossistemas florestais podem manifestar-se pela eliminação de espécies sensíveis à contaminação do ar; pela eliminação seletiva de plantas emergentes; pela redução da produção de biomassa, diminuindo o estoque de nutrientes disponível no ecossistema, e pela maior incidência de pragas e doenças.

Dessa maneira, a comunidade florestal sofre grandes alterações na sua estrutura florística, resultando num empobrecimento da biodiversidade dos ecossistemas, diminuindo os valores de densidade, altura e dominância das árvores que, em conseqüência, provocam uma diminuição da biomassa aérea e subterrânea.

Os ecossistemas florestais envolvidos em poluição são submetidos às tensões dos efeitos fitotóxicos diretos dos poluentes do ar, causados pelo aumento dos processos erosivos, pelo aumento da lixiviação de nutrientes, pela redução do pH, levando a um agravamento dos processos de degradação do ambiente, o que pode tornar-se um processo irreversível . Na Figura 27, verificam-se as tensões resultantes dos efeitos diretos dos poluentes do ar sobre as florestas.

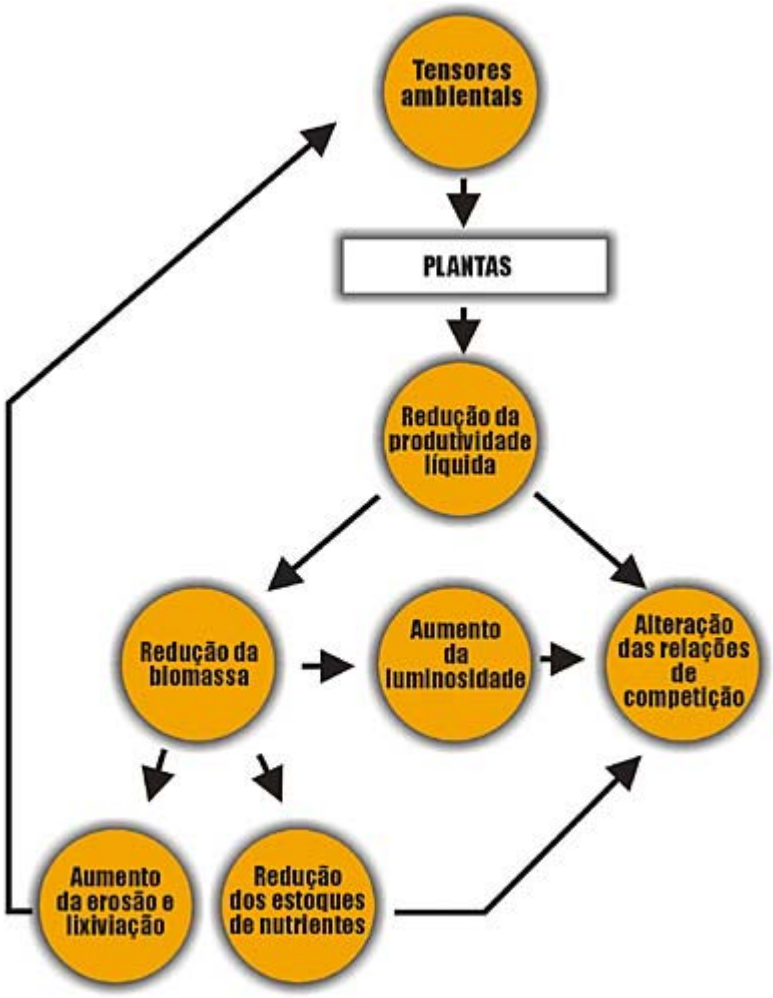

Figura 27. Esquema das principais alterações provocadas pela poluição do ar na região da Mata Atlântica, em Cubatão-SP
Fonte: Adaptado de POMPÉIA (1998).

Influência das florestas no efeito estufa

Os gases naturais que mais contribuem com o aumento relativo da temperatura da Terra são o dióxido de carbono e o vapor d'água. A cada ano, o homem está contribuindo para o aumento do efeito estufa através da devolução de grandes quantidades de gases para a atmosfera. Na década de 60, a concentração do dióxido de carbono na atmosfera era de 160 ppm; já nos anos 90, a concentração ultrapassa os 350 ppm.

No caso das florestas, essas desempenham um grande papel ambiental, pois retiram da atmosfera e armazenam grandes quantidades de dióxido de carbono na biomassa anualmente produzida. Em cada tonelada de biomassa de madeira seca produzida em uma floresta, existem acumulados 500 kg de carbono (C), que equivalem a 1500 kg de gás carbônico (CO_2).

A produtividade média do Pinus taeda, na região dos Campos de Cima da Serra, no Rio Grande do Sul, aos 20 anos de idade, é de 650 m3/ ha-1. Isso corresponde a uma biomassa de madeira do tronco de 312.000 kg/ha-1, que, por sua vez, armazena 156.000 kg/ha-1 de carbono. Cabe ressaltar que as florestas, de maneira geral, não exercem somente a função de

acumuladoras de carbono, mas também devolvem carbono para a atmosfera através da decomposição da serapilheira e de raízes mortas e da própria respiração das raízes.
Considerando a importância que as florestas exercem sobre o ciclo do carbono no planeta, está sendo desenvolvida uma série de projetos de reflorestamento, visando ao seqüestro de CO2 da atmosfera (Tabela 4).

Tabela 4. Projetos de reflorestamento para absorção de CO2

Nome do projeto	Data de início	Absorção de carbono (1000 t C)	Área (ha)	Localização	Nacionalidade do investidor
Face-Profafor	1993	9.660	75.000	Equador	Holanda
Rusafor-Sap	1993	79	450	Rússia	EUA
Klinki forestry	1997	1.600	87.000	Costa Rica	EUA
NSW + Pacific Power + Delta Electricity	1998	69	1.041	Austrália	Austrália

Fonte: Adaptado de COSTA (1998)

Conclusão

Chegando ao final do século e do milênio, é importante lembrar que o planeta que temos para viver é a Terra, e que ela é finita, por isso é um ato inteligente proteger o único sistema de sustentação da vida de todos os seres que habitam a superfície terrestre.
Pode parecer um tanto extremado e radical dizer que se não houver cuidados especiais para com a natureza, não há garantia de condições de vida para o próximo século. Diante dessa realidade, é necessário que se revejam os conceitos aplicados até o presente momento na busca desenfreada de lucros imediatos. O trato, até agora dispensado à natureza por todas as atividades humanas, foi agressivo e visando obter sempre o máximo progresso, o máximo desenvolvimento, o máximo lucro e o mais eficiente bem-estar para a população.
Felizmente, a revolução industrial está chegando ao seu final, deixando para a humanidade imensuráveis vantagens: um crescimento vertiginoso da ciência, da tecnologia e das artes; uma qualidade de vida para o homem que, se não considerados os prejuízos ambientais, pode-se dizer que é perfeita, pois o bem-estar que a tecnologia proporcionou à humanidade é algo extraordinário; os meios de transporte, as comunicações, a informática e tantos outros setores que estão no mais alto grau do avanço científico.
No entanto, o custo dessa evolução e o preço que a humanidade está pagando por tão fantástico desenvolvimento ficaram estampados no seio da natureza. O progresso deixou como resíduos a poluição da água, do solo, do ar, a destruição da superfície ativa do solo pela erosão e a destruição da vegetação, em particular das florestas. Quase a metade das florestas tropicais do mundo foi destruída, sobrando ainda a previsão de que mais um sexto das mesmas será destruído até o ano 2030, se não houver medidas drásticas para conter a ganância dos homens civilizados.
Das florestas, provavelmente sobrará um décimo em formas degradadas ou através de administração comercial.

Com o fim da revolução industrial, está surgindo a revolução do conhecimento e, com ela, a expectativa de que ocorra uma mudança de consciência, principalmente no referente à questão ambiental, que necessita de uma nova visão para garantir a sustentabilidade da produção e da vida.

No tocante à relação floresta e ar, é fundamental que se tenha a consciência voltada para a vegetação, que se constitui no mais perfeito filtro para proteger as mais variadas formas de vida dos efeitos da poluição do ar. É importante que todos os detentores de áreas de terra atentem para a manutenção das florestas nas suas propriedades, pois desta forma estarão contribuindo para amenizar a poluição e socializar os benefícios das florestas.

Embora já exista a tendência de atenção especial em favor do ambiente, é importante ressaltar que existem ambientes nos quais o equilíbrio está em adiantado estado de destruição, seja pela liberação de produtos químicos que provocam a acidificação das florestas, dos rios e lagos, através da chuva ácida; seja pela liberação de grandes quantidades de elementos destruidores do ozônio, incluindo os CFCs, que atuam diretamente sobre a camada de ozônio; ou seja pela emissão de expressiva quantidade de dióxido de carbono, provocada pelo grande uso de combustíveis fósseis e pela queima de grandes áreas de florestas, causando o preocupante efeito estufa.

Não é possível ignorar que um grande perigo está rondando o planeta Terra, lugar exclusivo que a humanidade tem para viver, trazendo preocupação para a sociedade e alarmando os cientistas ambientais, que, com segurança, afirmam que, se não houver seriedade no tratamento com as questões da natureza, a vida sobre a Terra está próxima do seu final.

Considerando que o perigo que ronda o planeta é conseqüência da ação do homem, cabe a ele próprio trabalhar no sentido oposto para garantir a retomada do equilíbrio em todos os ecossistemas. Assim, cada cidadão tem o dever de defender o ambiente e alertar seus semelhantes que o grande capital a ser acumulado hoje talvez não seja mais o dinheiro e sim um ambiente saudável que proporcione bem-estar para todos. A sociedade tem o direito de viver num ambiente adequado, cabendo às autoridades constituídas e a todos os cidadãos a responsabilidade pela criação e manutenção das condições ecológicas em toda a superfície da Terra. E isso deve começar em cada família, em cada residência, em cada escola, pois o homem jamais suportará viver, por muito tempo, em ambiente inadequado.

Glossário

Absorção: movimento de íons e água para dentro da raiz da planta.

Ação antrópica: relativa ao ser humano.

Aeróbicos: organismos que tem o O2 (oxigênio molecular) como indispensável para suas necessidades energéticas.

Aerosóis: pequenas partículas (< 0,001 mm) sólidas ou líquidas, em suspensão no ar ou gás.

Amplitude: distância entre os extremos de uma variação periódica: amplitude da temperatura.

Biomassa vegetal: refere-se à quantidade de matéria orgânica viva, presente num determinado tempo e por unidade de área (da superfície terrestre) ou de volume (de água).

Biosfera: espaço do globo terrestre ocupado pelos seres vivos. Portanto, refere-se a toda

superfície terrestre (litosfera), às águas e sedimentos aquáticos (hidrosfera) e à porção da atmosfera habitada pelos organismos que voam (pássaros) ou que flutuam (bactérias).

Bióticas: que têm vida. Diz-se dos componentes vivos de um eco ou agroecossistema (plantas, animais, microorganismos).

Camada de ozônio: geralmente situada na estratosfera (a mais ou menos 30 km de altitude) que se constitui em importante filtro da radiação ultravioleta.

Clorofluorcarbono: substância utilizada industrialmente em aparelhos de ar condicionado e de refrigeração, propelentes do tipo aerosol (em inseticidas, desodorizadores etc) e em processos de fabricação de plásticos, à qual se atribui a indesejável ação destruidora da ozonosfera. O cloro da molécula do CFC reage rapidamente com o ozônio, produzindo óxido de cloro e oxigênio molecular.

Combustível fóssil: potencial energético, visto assim pelo ser humano civilizado, armazenado no subsolo a partir de matéria orgânica (plantas e animais) decomposta ao longo dos vários períodos ou eras geológicas (petróleo ou carvão vegetal). Em termos ecológicos, além de potencial energético, é também um potencial de poluição. Em resumo, representa interferência do homem na biogeociclagem, alterando o teor de diversos componentes (C, S, N etc) no ar, água e solo.

Convecção: ação ou processo de condução, transmissão ou propagação. Na meteorologia é a troca vertical de massas de ar, produzida mecânica ou termalmente, essencial para a formação de muitas nuvens.

Decibéis: unidade não absoluta de medida do som, baseada na razão logarítmica da intensidade do som (I) para um nível de referência (I0) estabelecido arbitrariamente como a pressão sonora (mínima audível ao ser humano) de 0,0002 microbars (ou dinas/cm²).

Densidade de copas: índice de cobertura de copas

Densidade demográfica: número médio de habitantes por quilômetro quadrado.

Dossel: refere-se à folhagem das árvores, ou seja, ao estrato mais elevado num ecossistema de floresta.

Empirismo: prática de basear-se demasiado na experiência e na observação

Erosão eólica: desgaste ou arraste do solo, causado pelo vento.

Erosão hídrica: desgaste ou arraste do solo, causado pela água das chuvas.

Estresse químico: prejuízo causado pelo excesso de elementos químicos.

Evaporação: representa a passagem da água do estado líquido para o gasoso, de maneira natural, sob a ação da temperatura e na dependência do estado de saturação do ar (sua umidade relativa).

Evapotranspiração: somatório da perda de água de um ecossistema pelos processos de evaporação (das superfícies de água e solo) e de transpiração (das plantas e animais), em área (mm ou cm) por tempo (dia).

Fatores fisiográficos: elementos da geografia que caracterizam uma região.

Fitotóxicas: substâncias tóxicas às plantas.

Freons: Nome comercial de cada um de uma série de hidrocarbonetos de parafina, gasosos e líquidos, não inflamáveis, que contém um ou mais átomos de flúor na molécula e são usados, principalmente, como refrigerantes e como propelentes para aerosóis.

Fuste: parte do tronco da árvore desprovida de ramos, dando madeira.

Gases nobres: argônio (Ar), hélio (He), criptônio (Kr), xenônio (Xe), neônio (Ne) e radônio (Rn).

Irradiação: emissão de raios luminosos e caloríficos.
Maresia: efeito causado pela influência dos mares.
Macroclima: clima de uma determinada região.
Mesoclima: clima da bacia de um determinado rio.
Microclima: clima em torno de uma folha.
Nanômetro: submúltiplo do metro, igual a 10-9 m; milimícron.
Oxidação: perda total ou parcial de elétrons.
Paulatina: lenta, vagarosa.
Poluente: resíduo ou qualquer outro material proveniente da fabricação e uso ou da atividade do homem, lançado por este na natureza e que causa poluição.
Rarefeito: ar com deficiência de oxigênio.
Reflexão: ação de voltar para trás.
Serapilheira: matéria orgânica morta que geralmente se acumula na superfície do solo e no sedimento.
Tensores ambientais: elementos poluentes que influenciam na fisiologia e crescimento das árvores.
Ultravioleta: Radiação eletromagnética de comprimento de ondas, situada, aproximadamente, entre 40 a 400 Angström (A0).

Bibliografia consultada

ANDRAE, F.H. Ecologia florestal. Universidade Federal de Santa Maria. 1978. 230p.

BARROS, C.; PAULINO, W. R. O Meio Ambiente. Ed. Ática: São Paulo. 1998. 279p.

BOSSEL, H. Umweltwissen: Daten. Fakten, Zusammenhänge. 2.ed. Berlin: Springer - Verlag. 1994. 169p.

BRANCO, S.M. O meio ambiente em debate. São Paulo: Ed. Moderna, 1988. 88p.

BRANCO, S.M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Ed. Moderna, 1990. 96p.

BRANCO, S.M; MURGEL, E. Poluição do ar. São Paulo: Ed. Moderna, 1995. 87p.

BUNDESMINISTERIUM FUER ERNAEHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN. Bericht ueber den Zustand des Waldes 1998. 53p.

BUNDESMINISTERIUM FUER FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE UND DER U. S.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Waldschäden. 2.ed. Bonn: Schneider GMBH. 1987. 137p.

CAMPONOGARA, M. Um caso de poluição aérea em Santa Maria RS. UFSM. Monografia, 1999. 40p.

CHAPMAN, J. L.; REISS, M. J. Ecology Principles and Applications. Cambridge: Cambridge University Press. 1995. 294p.

COSTA, P. M. Breve história da evolução dos mercados de carbono. In: Silvicultura. Sociciedade Brasileira de Silvicultura. nº76, ano 19. p.24-33. 1998.

VII CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGÍA, VII CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGÍA. Impacto de las variaciones em el desarrollo regional: un analisis interdisciplinario. Buenos Aires, 1996. Actas. Buenos Aires, 1996. 500p.

CRUIZIAT, P.; LAGOUARDE, J.P. Actes de École-Chercheurs en Bioclimatologie. Tome 1: De la plante au couvert Végétal. Institut National de La Recherche Agronomique, 1995. 670p.
DAJOZ, R. Ecologia geral. São Paulo: EDUSP. 1972. 472p.
DIAS, F.B. Poluição do ar. http://www.congelfire.com/nh/bertholi. 1997. 3P.
DIAS, F.B.A chuva ácida. http://www.congelfire.com/nh/bertholi. 1999. 2p.
ERWIN, T. L. A copa da floresta tropical: O coração da diversidade biótica. In: Biodiversidade. Ed. Nova Fronteira. 1988. P.158-165.
FAURE, G. Principles and Applications of Geochemistry 20 Ed. New Jersey: Prentice - Hall, Inc. 1998. 600p.
FOLHA DE SÃO PAULO, Domingo, 10 de novembro de 1998.
GEIGER, R. Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 1961. 556p.
HEINRICH. D.; HERGT, M. Dtv-Atlas zur Oekologie. Muenchen:Deutscher Taschenbuch Verrlag. 1990. 286p.
KATZMANN, W.; KUX, S.; TREYTL, J. M. Wald. Bundesministerium fuer Umwelt, jugend und familie. Wien. 1990. 200p.
KIMMINS, J. P. Forest Ecology. New York: Macmillan Publishing Company. 1987. 531p.
KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. The Physiological Ecology of Woody Plants. San Diego: Academic Press, Inc. 1991. 657.
KRAPFENBAUER, A. Ozonzerstörung in der Stratosphäre und UV-B-Strahlung: Fakten und Perspektiven. Bundesministerium fuer Umwelt, jugend e familie. Wien. 1992. 55p.
KRAPFENBAUER, A. Klimaänderung und Umwelbelastungen. Wien. 1993. 25p.
LANDSBERG, H. E. Physical Climatology. Pensilvania: Gray Printing Co. 1966.
LARCHER, W. Ecofisilogia Vegetal. (Tradutores Antonio de Padua Danesi, Hildegard T. Buckup). São Paulo: EPU, 1986. 319p
LARROBLA, R. Biodiversidad bosques cultivados y clima. Sapya Forestal. Argentina, n.1,. p.12-14. 1996.
LOPES, C. V. M.; KRUEGER, V. Poluição do ar e lixo. Porto Alegre: SE/CECIRGS, 1997. 299p
LOWMAN, M.D.; NADKARNI, N.M. Forest canopies. California: Academic Press, Inc, 1995. 624p.
MARGALEF, R. Ecología. Ediciones Omega, Barcelona. 1982. 951p.
MÉGIE, G. Ozon: Atmosphäre aus dem Gleichgewicht. Berlin: Springer-Verlag. 1989. 177p.
MOTA, F.S. da. Meteorologia agrícola. São Paulo: Nobel. 1983. 376p.
O Buraco na camada de ozônio. http://www.kardec.com/estufa/index.htm. 3p.
OEDEKOVEN, K.H.; SCHWAB, L. Ordenamento Florestal. Curitiba: FAO, 1968. 114p.
PETROBRAS. Projeto preservação do solo. 1986.
POMPÉIA, S. L. Recuperação de florestas degradadas por poluição. In: Simpósio nacional, recuperação de áreas degradadas. Curitiba. 1992. Anais... UFPR/FUPEF. P.156-163.
POMPÉIA, S. L. Efeitos da poluição atmosférica na floresta tropical e seus reflexos na conservação dos solos na Serra do Mar, em Cubatão (SP). In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W.V.Recuperação de áreas degradadas. Viçosa-MG: UFV. 1998. 251p.
PORRIT, J. Salve a Terra. Ed Globo S.A. 1991. 208p.
RIO GRANDE DO SUL, Secretaria da Agricultura. Manual de conservação do solo. 3.ed. Porto Alegre, 1985. 287p.

SCHUMACHER, M,V.; HOPPE, J.M. A complexidade dos ecossistemas. Porto Alegre: Palloti, 1997. 50p.
SCHUMACHER, M,V.; HOPPE, J.M. A floresta e a água. Porto Alegre: Palloti, 1998. 70p.
SCHUMACHER, M,V.; HOPPE, J.M. A floresta e o solo. Porto Alegre: Palloti, 1999. 83p.
SILVA, S.M. Camada de ozônio. UFSM. Seminário, 1997. 13p.
TIME-LIFE INTERNATIONAL / Abril S.A. Cultural e Industrial - Formação da Terra. São Paulo – SP - 284p.
WARNECKE, G. Meteorologie und Umwelt. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 342p.