



**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Elétrica**

MEIO AMBIENTE

ATMOSFERA

**ALEXANDRE M. MACIEL
FERNANDO L. FARINA
ROBSON MOTEIRO
WESLEY R. DE LIMA**

Florianópolis, Junho de 2007.

ATMOSFERA

Podemos definir a atmosfera como sendo uma fina camada de gases sem cheiro, sem cor e sem gosto, presa à Terra pela força da gravidade. Visto do espaço, o planeta Terra aparece como uma esfera de coloração azul brilhante. Esse efeito cromático é produzido pela dispersão da luz solar sobre a atmosfera, que também existe em outros planetas do sistema solar que também possuem atmosfera.

Atmosfera terrestre

A atmosfera do planeta terra é fundamental para toda uma série de fenômenos que se processam em sua superfície, como os deslocamentos de massas de ar e os ventos, as precipitações meteorológicas e as mudanças do clima.

Temperatura e as camadas atmosféricas

A temperatura da atmosfera da Terra varia entre camadas em altitudes diferentes, portanto, a relação matemática entre temperatura e altitude também varia, sendo uma das bases da classificação das diferentes camadas da atmosfera.

A atmosfera está estruturada em três camadas relativamente quentes, separadas por duas camadas relativamente frias. Os contatos entre essas camadas são áreas de descontinuidade, e recebem o sufixo "pausa", após o nome da camada subjacente.

- A temperatura média da atmosfera à superfície de terra é 14 °C.
- A Pressão atmosférica é o resultado direto do peso exercido pela atração gravitacional da Terra sobre a camada de ar que a envolve, variando conforme o momento climático, a hora, o local e a altitude.
- Cerca de 50% do total da massa atmosférica está até 5 km de altitude.
- A pressão atmosférica ao nível do mar, é aproximadamente 101.3 quilo pascals (em torno de 14.7 libras por polegada quadrada).

Densidade e massa

- A densidade do ar ao nível do mar é aproximadamente 1.2 quilogramas por metro cúbico. Esta densidade diminui a maiores altitudes à mesma taxa da diminuição da pressão.
- A massa total da atmosfera é aproximadamente 5.1×10^{18} kg, uma fração minúscula da massa total da terra.

A Evolução da atmosfera da Terra

Podemos compreender razoavelmente a história da atmosfera da Terra até há um bilhão anos atrás. Regredindo no tempo, podemos somente especular, pois, é uma área ainda em constante pesquisa.

Primeira atmosfera

A primeira atmosfera, era principalmente hélio e hidrogênio. O calor provindo da crosta terrestre ainda em forma de plasma, e o sol a dissiparam.

Segunda atmosfera

A aproximadamente 3.5 bilhões anos atrás, a superfície do planeta tinha esfriado o suficiente para formar uma crosta endurecida, povoando-a com vulcões que liberaram vapor de água, dióxido de carbono, e amoníaco. Desta forma, surgiu a "segunda atmosfera", que era formada principalmente de dióxido de carbono e vapor de água, amônia, metano, óxido de enxofre.

Nesta segunda atmosfera quase não havia oxigênio livre, era aproximadamente 100 vezes mais densa do que a atmosfera atual. Acredita-se que o efeito estufa, causado por altos níveis de dióxido de carbono, impediu a Terra de congelar. Durante os próximos bilhões anos, devido ao resfriamento, o vapor de água condensou para precipitar chuva e formar oceanos, que começaram a dissolver o dióxido de carbono. Seriam absorvidos 50% do dióxido de carbono nos oceanos.

Surgiram organismos Fotossíntese que evoluíram e começaram a converter dióxido de carbono em oxigênio. Ao passar do tempo, o carbono em excesso foi fixado em combustíveis fósseis, rochas sedimentares (notavelmente pedra calcária), e conchas animais.

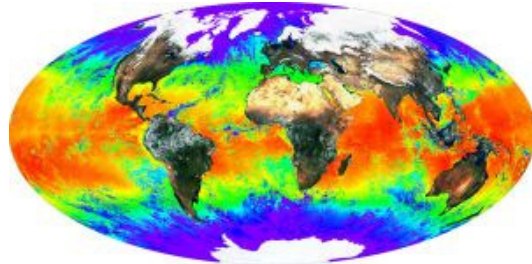
Estando o oxigênio livre na atmosfera reagindo com o amoníaco, foi liberado azoto, simultaneamente as bactérias também iniciaram a conversão do amoníaco em azoto.

Aumentando a população vegetal, os níveis de oxigênio cresceram significativamente (enquanto níveis de dióxido de carbono diminuíram). No princípio o oxigênio combinou com vários elementos (como ferro), mas eventualmente acumulou na atmosfera resultando em extinções em massa e evolução.

Terceira atmosfera

Com o aparecimento de uma camada de ozônio(O₃), a Ozonosfera, as formas de vida no planeta foram melhor protegidas da radiação ultravioleta. Esta atmosfera de oxigênio-azoto é a terceira atmosfera. Esta última, tem uma estrutura complexa que age como reguladora da temperatura e umidade da superfície.

A auto regulação da temperatura e pressão



Exemplo de Mapeamento da temperatura da superfície da Terra

A Terra tem um sistema de compensações de temperatura, pressão e umidade, que mantém um equilíbrio dinâmico natural, em todas as suas regiões.

As camadas superiores do planeta refletem em torno de quarenta por cento da radiação solar. Destes, aproximadamente 17% são absorvidos pelas camadas inferiores sendo que o ozônio interage e absorve os raios ultravioleta. O dióxido de carbono e o vapor de água absorvem os raios infravermelhos. Restam 43% da energia, esta alcança a superfície do planeta. Que por sua vez reflete dez por cento das radiações solares de volta. Além dos efeitos descritos, existe ainda a influência do vapor de água e sua concentração variável. Estes, juntamente com a inclinação dos raios solares em função da latitude, agem de forma decisiva na penetrância da energia solar, que por sua vez tem aproximadamente 33% da energia absorvida por toda a superfície atingida durante o dia, sendo uma parte muito pequena desta re-irradiada durante a noite. Além de todos os efeitos relatados anteriormente, existe ainda a influência e interação dos oceanos com a atmosfera em sua auto regulação. Estes mantêm um equilíbrio dinâmico entre os fenômenos climáticos das diferentes regiões da Terra.

Todos os mecanismos relatados acima atuando em conjunto, geram uma transição suave de temperaturas em todo o planeta.

OZONOSFERA

A ozonoesfera se localiza na estratosfera, cerca de 90% de ozônio atmosférico está nesta camada, entre 16 a 30 quilômetros de altitude, cerca de 20 km de espessura. Os gases na ozonoesfera são tão rarefeitos que, se os comprimíssemos à pressão atmosférica ao nível do mar, sua espessura não seria maior que alguns milímetros. Este gás é produzido nas baixas latitudes, migrando diretamente para as altas latitudes.

As radiações eletromagnéticas emitidas pelo Sol trazem energia para a Terra, entre as quais a radiação infravermelha, a luz visível e um misto de radiações e partículas, muitas destas nocivas.

Grande parte da energia solar é absorvida e reemitida pela atmosfera. Se chegasse em sua totalidade à superfície do planeta, esta energia o esterilizaria.

A ozonoesfera é uma das principais barreiras que nos protegem dos raios ultravioleta. O ozônio deixa passar apenas uma pequena parte dos raios U.V., esta benéfica.

Quando o oxigênio molecular da alta-atmosfera sofre interações devido à energia ultravioleta provinda do Sol, acaba dividindo-se em oxigênio atômico; o átomo de oxigênio e a molécula do mesmo elemento se unem devido à reionização, e acabam formando a molécula de ozônio cuja composição é (O₃)

A região, quando saturada de ozônio funciona como um filtro onde as moléculas absorvem a radiação ultravioleta do Sol e, devido a reações fotoquímicas, é atenuado o seu efeito. É nesta região que estão as nuvens-de-madrepérola, que são formadas pela capa de ozônio.

Medidas

O padrão de medição do ozônio é feito de acordo com sua concentração por unidade de volume que por sua vez recebe a nomenclatura de Unidade Dobson (UD).

No ano de 2005, no dia sete de outubro, uma medição realizada pelo INPE na Antártida constatou que a concentração de ozônio estava em torno de 160 UD, quando em época de normal seria 340 UD (Esta medida é considerada referencial).

Abaixo da medida de 220 UD já se pode considerar baixa densidade de ozônio, ou a formação do buraco que já causa danos ao meio-ambiente.

Formação

A camada de ozônio (ou ozonoesfera) forma-se e destrói-se por fenômenos naturais, mantendo um equilíbrio dinâmico, não tendo sempre a mesma espessura. A espessura da camada pode assim alterar-se naturalmente ao longo das estações do ano e até de ano para ano. Mas nem sempre a destruição da camada ocorre por motivos naturais. Sobre a formação, o ozônio estratosférico forma-se geralmente quando algum tipo de radiação ou descarga eléctrica separa os dois átomos da molécula de oxigênio (O₂), que então se podem recombinar individualmente com outras moléculas de oxigênio para formar ozônio (O₃). Curiosamente, é também a radiação ultravioleta que "forma" o ozônio.

Degradação

Os clorofluorcarbonetos (CFC's), para além de outros produtos químicos produzidos pelo Homem que são bastante estáveis e contêm elementos de cloro ou bromo, como o brometo de metilo, são os grandes responsáveis pela destruição da camada de ozônio. Os CFC tem inúmeras utilizações pois são relativamente pouco tóxicos, não inflamáveis e não se decompõem (facilmente)... Sendo tão estáveis, duram cerca de cento e cinquenta anos. Estes compostos, resultantes da poluição provocada pelo Homem, sobem para a estratosfera completamente inalterados devido à sua estabilidade e na faixa dos 10 a 50 km de altitude, onde os raios solares ultravioletas os atingem, decompõem-se, libertando seu radical, no caso dos CFCs o elemento químico cloro. Uma vez liberto, um único átomo de cloro destrói cerca de 100 000 moléculas de ozono antes de regressar à superfície terrestre, muitos anos depois.

O Buraco na Camada de Ozônio

Apesar dos gases que prejudicam a camada de ozônio serem emitidos em todo o mundo – 90% no hemisfério norte, principalmente resultantes da actividade humana – é na Antártica que a falha na camada de ozônio é maior. A área do buraco de ozônio é definida como o tamanho da região cujo ozônio está abaixo das 200 unidades Dobson (DUs - unidade de medida que descreve a espessura da camada de ozônio numa coluna directamente acima de onde são feitas as medições): 400 DUs equivale a 4 mm de espessura. Antes da Primavera na Antártica, a leitura habitual é de 275 DUs.

buraco na camada de ozônio é um fenómeno que ocorre somente durante uma determinada época do ano, entre agosto e início de novembro (primavera no hemisfério sul).

Relação com a temperatura

Com efeito, no ano 2000, as dimensões do “buraco” da camada de ozono atingiram um valor máximo de 27 a 28 milhões de km², devido a um Inverno particularmente frio. Tudo isto nos leva a crer que, enquanto anteriormente se pensava que este fenómeno era totalmente independente das emissões dos gases de estufa, tais como o dióxido de carbono, os dois fenómenos podem, de facto, estar relacionados. Isto porque o aquecimento climático é acompanhado de um arrefecimento da alta atmosfera em altitude, o que pode acelerar a destruição da camada de ozono. Anteriormente à descoberta da possível correlação entre estes dois fenómenos estimava-se que a recuperação da camada de ozono não deveria começar a ocorrer antes de 2010-15, e que a recuperação completa dessa mesma camada só poderia começar a ser esperada cerca de 2050-60. A eventual correlação entre os dois fenómenos poderá resultar na revisão, para mais longe, destas expectativas, a menos que o Protocolo de Kyoto venha a ter resultados positivos em breve, sobre a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa. O buraco do ozono persiste normalmente até Novembro/Dezembro, quando as temperaturas regionais aumentam. O tempo exacto e amplitude do buraco de ozono na Antártida dependem de variações meteorológicas regionais.

Conseqüências da degradação da Ozonofera

A conseqüência imediata da exposição prolongada à radiação UV é a degeneração celular que ocasionará um câncer de pele nos seres humanos de pele clara. As pessoas de pele escura não estão livres desse câncer, a diferença é somente o tempo de exposição. Até o final da década de 1990, os casos de câncer de pele registrados devido ao buraco na camada de Ozônio tiveram um incremento de 1000% em relação à década de 1950. Alguns desinformados e principalmente aqueles defensores das indústrias fabricantes de CFCs, dizem que este aumento foi devido à melhoria da tecnologia de coleta de dados, e que os danos são muito menores do que os alarmados e alardeados pelos cientistas atmosféricos.

O buraco da camada de Ozônio tem implicações muito maiores do que o câncer de pele nos humanos. As moléculas orgânicas expostas à radiação UV têm alterações significativas e formam ligações químicas nocivas aos seres vivos. A radiação UV atinge em especial o fito plâncton que habita a superfície dos oceanos e morre pela sua ação.

Medidas que cada um pode tomar

Os primeiros passos, e mais importantes, são a procura de informação: devemos todos estar informados sobre o problema e o que o causa, utilizando como fontes de informação publicações, escolas, bibliotecas públicas, Internet, etc. Como já foi referido, a única maneira de reparar a camada de ozono é parar a libertação de CFCs e outros gases que destroem o ozono troposférico (ODS's). A legislação Europeia tem isto como objectivo, através da substituição dos ODS's logo que alternativas viáveis estejam disponíveis, e onde tais alternativas não estejam disponíveis restringe-se o uso destas substâncias tanto quanto possível. Apesar disto, há diversas iniciativas práticas que podem ser aplicadas a nível individual para ajudar a proteger a camada do ozono:

- Tentar usar produtos rotulados como "amigos do ozono";
- Assegurar que os técnicos que reparam os frigoríficos e aparelhos de ar-condicionado recuperam e reciclam os velhos CFCs de modo a que estes não sejam libertados para a atmosfera;
- Verificar regularmente os aparelhos de ar-condicionado das viaturas sobre eventuais fugas.

EFEITO ESTUFA

O mecanismo que mantém aquecido o ambiente das estufas de vidro é a restrição das perdas convectivas quando o ar é aquecido pelo contato com solo que por sua vez é aquecido pela radiação solar. No entanto, o chamado «efeito de estufa» na atmosfera não tem que ver com a supressão da convecção. A atmosfera facilita a convecção e não armazena calor: absorve alguma da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e radia por sua vez alguma da energia absorvida de volta para a superfície. Como resultado, a superfície recebe quase o dobro de energia da atmosfera do que a que recebe do Sol e a superfície fica cerca de 30°C mais quente do que estaria sem a presença da atmosfera.

Fluxo de energia do efeito estufa

Toda a absorção da radiação terrestre acontecerá próximo à superfície, isto é, nas partes inferiores da atmosfera, onde ela é mais densa, pois em maiores altitudes a densidade da atmosfera é baixa demais para ter um papel importante como absorvedor de radiação (exceto pelo caso do ozônio). O vapor d'água, que é o mais poderoso dos gases estufa, está presente nas partes inferiores da atmosfera, e desta forma a maior parte da absorção da radiação se dará na sua base. O aumento dos gases estufa na atmosfera, mantida a quantidade de radiação solar que entra no planeta, fará com que a temperatura aumente nas suas partes mais baixas. O resultado deste processo é o aumento da radiação infravermelha da base da atmosfera, tanto para cima como para baixo. Como a parte inferior (maior quantidade de matéria) aumenta mais de temperatura que o topo, a manutenção do balanço energético (o que entra deve ser igual ao que sai) dá-se pela redistribuição de temperaturas da atmosfera terrestre. Os níveis inferiores ficam mais quentes e os superiores mais frios. A irradiação para o espaço exterior se dará em níveis mais altos com uma temperatura equivalente a de um corpo negro irradiante, necessária para manter o balanço energético em equilíbrio. Para maiores detalhes dos mecanismos do aquecimento da atmosfera inferior da Terra pelo aumento dos gases estufa indicam-se as seguintes publicações:

- Global Warming - The Complete Briefing de John Houghton - terceira edição - 2004 - Cambridge Press
- Climate Change de W. J. Burroughs de 2002, Cambridge University Press

As avaliações do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) são os mais completos resumos do estado da arte nas previsões do futuro do planeta, considerando vários cenários possíveis.

Emissão anual de carbono por região

O processo da queima de combustíveis fósseis criou condições para a melhoria da qualidade de vida da humanidade, porém produz como resíduo o gás carbônico e outras substância químicas, também muito poluidoras.

Os gases produzidos pela queima de combustíveis fósseis seguem vários caminhos: parte é absorvida pelos oceanos e entra na composição dos carbonatos que constituem as carapaças de muitos organismos marinhos ou é simplesmente dissolvida na água oceânica e finalmente depositada no assoalho oceânico como carbonatos. À medida que estes animais vão morrendo, depositam-se no fundo do mar, retirando o carbono, por longo tempo, do ciclo geoquímico. Outra parte é absorvida pelas plantas que fazem a fotossíntese, tanto marinhas (algas e bactérias) como pelas florestas, ao qual

transformam o carbono coletado da atmosfera em material lenhoso, reiniciando o ciclo de concentração e fossilização dos compostos carbonosos, se as condições ambientais locais assim o permitirem. O que interessa aqui, no entanto, é que uma parte importante do gás carbônico concentra-se na atmosfera

Crescimento de CO₂ no último milênio

A maior parte do aumento do gás carbônico ocorreu nos últimos 100 anos, com crescimento mais acentuado a partir de 1950. As melhores previsões para os próximos 100 anos (no caso, para o ano de 2100) estão sendo realizadas pelos pesquisadores do IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*, patrocinado pela [ONU](#).

No melhor dos cenários, a emissão anual de CO₂ no ano de 2100 será de cinco teratoneladas (10¹² toneladas) de carbono, com uma concentração de 500 ppmpv (partes por milhão por volume) de CO₂, um aumento de temperatura de cerca de 1,5°C e um aumento do nível médio dos mares de 0,1 m.

Nos piores cenários (os negócios mantidos como são nos dias de hoje), a emissão anual de CO₂ em 2100 será de 30 Gton, a concentração de CO₂ atingirá 900 ppmpv, a temperatura média da terra estará entre 4,5°C e 6,0°C mais elevada e o nível médio dos mares terá subido 90 centímetros.

CHUVAS ÁCIDAS

As chuvas ácidas são um sério problema de agressão ao meio ambiente, são gotas de água que podem ser chuva ou neblina carregadas de ácido nítrico e sulfúrico. Esses ácidos são resultados de reações químicas que correm na atmosfera a partir da presença do enxofre. O enxofre, por sua vez, é emitido para a atmosfera pelas indústrias, pela queima de carvão, pelos veículos, etc. Ela pode manifestar-se tanto no local de origem, como a centenas de quilômetros de distância.

A ação corrosiva do ácido é impiedosa, provoca acidificação do solo, prejudicando as plantas e animais, a vida dos rios e florestas. Da mesma forma as edificações presentes na área são afetadas, o excesso de nitrogênio lançado pela chuva ácida em determinados lagos também pode causar crescimento excessivo de algas, e conseqüentemente perda de oxigênio, provocando um significativo empobrecimento da vida aquática.

No Brasil, durante muito tempo e até recentemente, a maior e mais famosa região industrial poluidora do meio ambiente era Cubatão. Todos os tipos imagináveis de poluição e de agressão ao meio ambiente podiam ser encontrados nesse enorme complexo industrial, que apresenta uma grande siderúrgica (Cosipa) e uma refinaria de petróleo (Presidente Bernardes), além de inúmeras indústrias químicas (fertilizantes, sabão, etc). Poluindo atmosfera, chuva ácida, chuva química, poluição dos rios, destruição da vegetação da Serra do Mar, população afetada com problemas respiratórios, abortos e crianças nascendo sem cérebro foram alguns dos problemas ambientais que deram fama a Cubatão como uma das cidades mais poluídas do mundo.

No mundo as chuvas e neblinas carregadas de ácidos são responsáveis pelo "desgastes" de esculturas de mármore, como ocorre em Atenas e em todos os grandes centros poluídos por automóveis e fábricas do mundo.

Na Europa esse problema é muito grave, pela antiguidade das obras expostas a céu aberto. É o chamado Câncer de Pedra, que faz com que seja necessário recolher essas obras de arte, substituí-las por réplicas e somente expô-las em ambientes fechados. Infelizmente, muitas obras de arte e monumentos antigos, já se acham completamente destruídos pela corrosão provocada pelas chuvas ácidas.

As chuvas ácidas também tem provocado a destruição completa da flora e da fauna aquática de numerosos lagos nos Estados Unidos, no Canadá e na Suécia, também as florestas, como a Floresta Negra na Alemanha, vêm sofrendo os efeitos dessa poluição. Floresta Negra é o nome dado a floresta de pinheiros típicas do Sul da Alemanha. O controle da chuva ácida tem de ser feito como o emprego de combustíveis de baixo teor de enxofre, com a instalação de sistemas de tratamento de emissões gasosas nas indústrias e nos veículos com motor de explosão.

A ingestão de água potável acidificada, por longos períodos, pode causar a doença de Parkinson e de Alzheimer, a hipertensão, problemas renais e principalmente em crianças, danos ao cérebro. Estima-se que nos Estados Unidos a chuva ácida é a terceira maior causa de doenças pulmonares.

Referências bibliográficas:

- Wikipedia
- educar.sc.usp.br/licenciatura/2000/chuva/ChuvaAcida.htm