

A CAMADA DE OZÔNIO

O Ozônio

O ozônio, também chamado de ozônio ou ozona, é um gás atmosférico azul que, como vimos, quando presente na troposfera constitui um sério poluente.

É uma **forma alotrópica** do elemento químico oxigênio: enquanto uma molécula de gás oxigênio possui dois átomos (O_2), uma molécula de gás ozônio possui três (O_3). Na estratosfera, origina a camada de ozônio, que protege o planeta, impedindo a passagem de grande parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol. Sem essa proteção a vida na Terra seria extinta.

Como já foi dito, o ozônio é uma substância com alta reatividade, tendo a função de um agente oxidante eficiente, em meio ácido (o único gás com caráter oxidante superior a ele é o flúor).

Esse elevado caráter oxidante explica o uso do ozônio como bactericida, podendo ser usado para:

- Desinfetar o ar e os gases emanados do esgoto;
- Purificar a água, tanto em estações de tratamento quanto em aparelhos de uso doméstico;
- Tornar incolores certos compostos de origem vegetal;
- Quebrar as duplas ligações de compostos orgânicos, adicionando a elas oxigênio, pelo processo chamado **ozonólise**.

É também empregado na produção de hormônios esteróides, incluindo cortisona e hormônios sexuais sintéticos femininos e masculinos, nos processos em que ligações duplas têm que ser partidas.

Industrialmente, grandes quantidades de ozônio são empregadas para transformar ácido oléico em ácido pelargônico, que é um intermediário na manufatura de plásticos e lubrificantes sintéticos.

Sua alta reatividade, porém, o torna capaz de atacar proteínas, destruir microorganismos e prejudicar o crescimento dos vegetais.

As Radiações Ultravioleta

Só 40% da energia emitida pelo Sol é luz visível. Entre o restante, temos 7% de raios ultravioleta. Conforme o comprimento de onda, os raios ultravioleta são classificados como A, B ou C (ordem decrescente). Quanto mais curta uma radiação, mais nociva ela é para o organismo, gerando mutações no DNA.

1) Raios Ultravioleta A (UV-A : de 320 a 400 nm) : atingem até a segunda camada da pele (derme), estimulando o bronzeado. Constitui a imensa maioria desse tipo de radiação que chega à superfície da Terra, já que praticamente não é absorvida pela atmosfera. Danificam as membranas celulares e o DNA, provocando envelhecimento precoce da pele (devido à formação de radicais livres) e uma possível influência favorável ao desenvolvimento do câncer de pele (devido à diminuição do sistema de defesa natural). Seus danos são cumulativos.

2) Raios Ultravioleta B (UV-B: de 280 a 320 nm) : param na superfície da pele, deixando-a ressecada. É quase totalmente absorvida pela atmosfera - menos de 1% atingem a superfície do planeta. Responsável pelas queimaduras, câncer de pele e outros possíveis problemas decorrente da superexposição. Seus efeitos são imediatos.

3) Raios Ultravioleta C (UV-C : de 200 a 280 nm) : seriam os mais nocivos, penetrando mais profundamente e causando tumores. Como é totalmente absorvido pela camada de ozônio, não tem maior interesse para medidas feitas na superfície da Terra e seus efeitos normalmente não se manifestam sobre os habitantes do planeta.

Fatores que influem na intensidade dos raios UV-B :

- 1) Altitude do local (quanto maior, mais intensos são os raios).
- 2) Época do ano (na primavera e no verão os raios são mais intensos).
- 3) Horário do dia (de 10 da manhã às 3 da tarde temos o famoso horário de pico).
- 4) Proximidade da linha do equador (a inclinação dos raios solares sobre a Terra difere de um ponto a outro do globo conforme a latitude).

QUÍMICA AMBIENTAL

A Camada de Ozônio

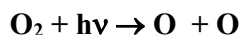
Situada na estratosfera, entre os quilômetros 20 a 35 km de altitude, a camada de ozônio tem cerca de 15km de espessura. Como a composição da atmosfera nessa altitude é bastante estável, a camada de ozônio manteve-se inalterada por milhões de anos e sua constituição permitiu o desenvolvimento de vida na Terra – admite-se que foi constituída há cerca de 400 milhões de anos.

A máxima concentração de ozônio corresponde a aproximadamente 28km de altitude. Nela existem cinco moléculas de ozônio para cada milhão de moléculas de oxigênio. O ozônio é mais concentrado nos pólos do que no Equador, e nos pólos ele também se situa numa altitude mais baixa.

Nas últimas décadas, entretanto, vem ocorrendo uma diminuição na concentração de ozônio, causada pela emissão de poluentes na atmosfera.

Ozônio: formação e destruição não catalítica (Ciclo de Chapman)

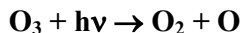
O ozônio é formado naturalmente na estratosfera através da ação fotoquímica dos raios UV (hv) sobre as moléculas de O₂, originando inicialmente o oxigênio monoatômico (O).



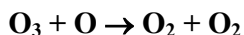
O oxigênio monoatômico (O) reage rapidamente com o O₂, na presença de uma terceira molécula M (pode ser outro O₂ ou mesmo N₂), para formar o ozônio.



O ozônio também é consumido naturalmente na estratosfera pela ação dos raios UV (hv) sobre as suas moléculas.



Adicionalmente, o ozônio reage com o oxigênio atômico regenerando duas moléculas de O₂.



A concentração de ozônio é, portanto, produto de um equilíbrio entre a sua formação e o seu consumo.

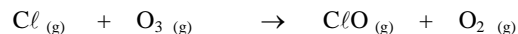
As SDO's (Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio)

Certas substâncias podem afetar a camada de ozônio. Entre as menos conhecidas estão os halons, que eram encontrados nos extintores de incêndio, e o brometo de metila, um agrotóxico, usado na preparação do solo para o cultivo de fumo, tomates, morangos, etc.

A responsabilidade maior, no entanto, é atribuída a produtos, genericamente chamados de CFC's (clorofluorcarbonetos), comercialmente conhecidos como *freons* (marca registrada da empresa americana Dupont). Antigamente eram usados em sprays domésticos, tendo sido substituídos por uma mistura de propano e butano. Até hoje, são utilizados como gases de refrigeração, como agentes expansores na fabricação de espumas e na composição de vários solventes. Na medicina, são empregados como propelentes e esterilizantes. Os possíveis substitutos dos CFC's são os HFC's (hidrofluorcarbonetos) e os HCFC's (hidroclorofluorcarbonetos): devido à presença de átomos de hidrogênio suas são menos estáveis e podem se decompor na estratosfera. Nos aparelhos de refrigeração, o CCl₂F₂ (CFC-12) vem sendo substituído pelo 1,1,1,2-tetrafluoretano, apelidado como "gás ecológico" e conhecido como SUVA (codificado como 134a).

Os CFC's permanecem estáveis na troposfera até serem levados à estratosfera, num prazo de 10 a 20 anos. Na estratosfera, devido às radiações UV (ultravioleta), são decompostos, liberando **átomos livres de cloro**, que agiriam como **catalisadores** da reação de decomposição do ozônio. Como o átomo de cloro é integralmente recuperado no final, ele pode decompor outras moléculas de ozônio: estima-se que cada átomo de cloro pode decompor cerca de 100 mil moléculas de ozônio da estratosfera.

QUÍMICA AMBIENTAL



Vale a pena citar ainda que, como os CFC's apresentam uma vida útil de pelo menos 75 anos, já houve descarga suficiente desses gases na atmosfera para reagir com o ozônio por quase 100 anos. Assim, mesmo que toda a produção de CFC parasse hoje, o fenômeno ainda poderá ser observado por muito tempo.

Consequências

A redução da camada de ozônio causa maior incidência dos raios ultravioleta, o que diminui a capacidade de fotossíntese nos vegetais e afeta as espécies animais. Nos seres humanos compromete a resistência do sistema imunológico e causa câncer de pele e doenças oculares, como a catarata.

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 o câncer de pele. Em setembro de 1994 foi divulgado um estudo realizado por médicos brasileiros e norte-americanos, onde 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 melanomas, aliás, já está aumentando de forma bastante acelerada. Entre 1980 e 1989, o número dobrou : em 1930 a probabilidade de uma criança americana ter melanoma era de 1 para 1.500 ; em 1988 essa chance era de 1 para 135. 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.

Prevenção

Redução das SDO's.

Em 1987, através do **Protocolo de Montreal**, 46 governos acordaram uma redução de 50% na produção e consumo de CFCs até o ano 2000 e congelamento da produção e consumo de halons até 1992.

Mesmo não havendo um cumprimento total do protocolo, que recebeu várias emendas, houve uma redução significativa : em 1986, o total de consumo de CFC's no mundo era de aproximadamente 1.1 milhões de toneladas; em 1997 esse consumo baixou para 146.000 toneladas.

Apesar das emissões de CFC's terem declinado, as concentrações estratosféricas estão crescendo (apesar de estarem declinando na parte inferior da atmosfera) porque os CFC's emitidos anos atrás (de longa duração) continuam a aumentar na estratosfera. Os especialistas prevêem que a destruição da Camada de Ozônio alcançará o seu pior ponto durante os próximos anos, e então, gradualmente começará a sua recuperação, retornando ao normal perto do ano 2050 ; isto, se forem cumpridas as metas do Protocolo de Montreal.

No Brasil, a Resolução nº 267 (14/09/2000) do CONAMA estabelece prazos, limites e restrições para as SDO's, de acordo com o Protocolo de Montreal.

O Buraco na Camada de Ozônio

Como já foi dito, o ozônio fica concentrado nos pólos, onde também se situa em altitude mais baixa. Por isso, as regiões do pólo sempre foram consideradas as ideais para se medir os níveis de ozônio.

Acima da Antártida são realizadas medições desde 1957 : os valores normais são de 300 a 500 unidades dobson(UD) (*). Em 1991, foi registrado o nível mais baixo até então (110 unidades dobson).

O **único** buraco na camada de ozônio situa-se sobre a Antártida (ver figura na abertura do Capítulo). Em qualquer outro local do planeta o que ocorre é uma **diminuição lenta e gradual da camada de ozônio**.

A explicação para esse fenômeno pode ser dada pelas **condições especiais do pólo Sul**, que aumentam a eficácia das reações químicas, responsáveis pela destruição do ozônio estratosférico.

Sabe-se que as massas de ar circulam continuamente devido às correntes de convecção. Na Antártida, por conta do rigoroso inverno de 6 meses, esta circulação do ar não se manifesta. Formam-se círculos de convecção exclusivos da área, chamados de **vórtice polar** ou **vórtex** que atuam como uma espécie de redemoinho, produzindo o isolamento da região e deixando as reações químicas destruírem o ozônio disponível.

A situação só se normaliza após novembro, quando a circulação de ar se modifica, com a entrada do ar proveniente de outras regiões.

Como no pólo Norte a circulação é bipolar sempre haverá renovação do ar estratosférico : por isso, o buraco não se forma no Ártico.

Deve-se ressaltar, ainda, que a concentração dos CFC's (clorofluorcarbonetos) é quase a mesma em qualquer ponto do planeta uma vez que, como já foi abordado, esses gases têm vida muito longa e podem viajar no espaço durante muito tempo. Como consequência, haverá uma distribuição mais equilibrada dos gases poluentes, mesmo sabendo-se que as principais fontes emissoras estão no hemisfério Norte.

(*) unidade dobson (UD) é uma medida de comprimento : indica a altura que teria a camada de ozônio se fosse trazida para baixo, considerando-se a pressão ao nível do mar, sob temperatura de 0°C.

A Eliminação das SDO's

- A produção legal de CFC's nos países desenvolvidos encerrou-se em 1995. Os países em desenvolvimento têm um prazo até 2010. Existem registros, no entanto, de entrada clandestina de CFC's nos países desenvolvidos.
- A produção de halons foi interrompida em 1994, mas ainda estão sendo usados os estoques existentes.
- O brometo de metila está no rol das SDO's que serão suprimidas gradualmente. Os países desenvolvidos deixarão de usá-lo em 2005 e os países em desenvolvimento em 2015, exceto onde não sejam encontrados substitutos para usos essenciais. Vale a pena informar ainda que uma quantidade considerável de brometo de metila é emitida por fontes naturais (oceanos, por exemplo) e por combustão da biomassa. Além disso, o bromo é mais eficiente do que o cloro na destruição do ozônio.
- Os países desenvolvidos têm entrado em acordo no sentido de finalizarem a produção de HCFC's em 2030. Os países em desenvolvimento deverão fazer o mesmo até 2040.

Um Ponto Polêmico

Para alguns pesquisadores, as reações fotoquímicas da estratosfera ainda escondem muitos segredos. Devido às peculiaridades da Antártida, já mencionadas, foi relativamente fácil para os cientistas compreenderem as causas da destruição da camada de ozônio nesta região.

No restante do planeta, no entanto, a circulação constante do ar dificulta a compreensão da redução dos níveis de ozônio estratosféricos. Até hoje, não se sabe se esta redução provém de alterações dinâmicas ou de destruição química. Sabe-se, porém, que as quantidades de CFC's liberadas por fontes naturais são bem maiores que as originadas por ações antropogênicas.

Em 1991, a produção mundial de CFC's foi estimada em 1,1 milhão de toneladas, correspondendo a 750 mil toneladas de cloro, com cerca de 7,5 mil toneladas (1%) alcançando a estratosfera.

Estima-se que a baixa troposfera receba anualmente 600 milhões de toneladas de cloro originadas dos oceanos e, pelo menos, mais 36 milhões de toneladas na forma de HCl pelos vulcões difusivos (aqueles que fumegam continuamente, impactando apenas o meio ambiente local). Já os vulcões explosivos (aqueles que entram em erupções repentinas e violentas, impactando o meio ambiente de maneira global), liberam milhões de toneladas de cloro, de uma só vez, diretamente na estratosfera.

Em junho de 1991 a erupção do vulcão Pinatubo, nas Filipinas, lançou, em poucos dias, uma quantidade estimada em 2 milhões de toneladas de cloro na estratosfera, provocando reduções temporárias de 9 a 14% da camada de ozônio.

Em 1982, a erupção do vulcão mexicano El Chinchón já tinha servido de alerta para os possíveis abalos que as erupções vulcânicas poderiam representar sobre a camada de ozônio, pois diminuições significativas foram percebidas durante vários anos.

Em 1815, houve a erupção do vulcão Tambora, na Indonésia, que foi 200 vezes mais poderosa que a do Pinatubo, o que teria destruído a camada de ozônio antes mesmo da invenção dos CFC's, o que só ocorreu na década de 20 do século passado.

Os que são contra esta teoria argumentam que as fontes naturais emitem quase todo seu cloro na troposfera, e não na estratosfera. Segundo eles, o cloro de sódio liberado no ar – ao nível da superfície, sobre os oceanos – e o HCl emitido na troposfera e na baixa estratosfera – pelos vulcões –, por serem solúveis em água, seriam dissolvidos pela água da chuva antes que atingissem níveis estratosféricos em que pudessem destruir o ozônio.

Refleta !

A Agência Internacional para Pesquisa do Câncer, entidade ligada à OMS, alerta que há evidências de que as pessoas que usam o filtro solar têm um maior risco de desenvolverem o melanoma. Provavelmente julgam-se protegidas e desconhecem alguns fatos, como o mencionado a seguir.

Os fabricantes de filtros solares, em todo mundo, testam seus produtos para determinar os níveis de FPS usando como referência a aplicação de 2 mg por cm² de pele. Porém, normalmente as pessoas aplicam entre 0,5 mg e 1,5 mg por cm². Portanto ou abuse do protetor ou dê um desconto em relação ao FPS utilizado de acordo com a sua “economia”.

Revista Seleções, Novembro/2001.

TIPOS de PELE

Tipo	Queimadura	Bronzeamento	Cabelos	Olhos	Cor da pele sem exposição
I	Sempre	Nunca	loiro/ruivo	claros	branca
II	As vezes	Difícilmente	loiro	claros	branca/morena clara
III	Difícilmente	Às vezes	castanhos	escuros	moreno
IV	Nunca	Raramente	castanho/preto	escuros	mulato / negro

FPS RECOMENDADO

Índice UV	Tipo de Pele			
	I	II	III	IV
1 - 3	15	12	9	6
4 - 6	30	25	15	12
7 - 9	50	40	30	20
> 10	60	50	40	30

Dicas e Precauções

- 1) Procure evitar os raios do sol entre 10 e 15 horas.
- 2) O FPS só se refere ao UVB. Veja se o filtro também barra os raios UVA.
- 3) Para o dia-a-dia, use no mínimo, o FPS 15. Use em abundância.
- 4) Os protetores devem ser aplicados 30 minutos antes da exposição ao sol e reaplicados a cada uma hora (no máximo, duas horas).
- 5) Cuidado com os produtos importados europeus : o FPS 30 de um filtro europeu equivale a um FPS 15 de um protetor solar brasileiro ou importado dos EUA.
- 6) Nos dias nublados, 80% dos raios chegam à Terra. Por isso, o protetor continua indispensável.
- 7) As roupas deixam 30% da radiação penetrar.
- 8) Prefira um hidratante com filtro solar ou passe-o antes do protetor.
- 9) Poupe os olhos usando óculos escuros com proteção UV.
- 10) As crianças merecem uma atenção especial, pois os efeitos do sol são cumulativos.
- 11) Use chapéu ou boné, que protegem o rosto e os cabelos.
- 12) As pessoas que têm facilidade de manifestar reações alérgicas devem usar produtos que possuam ação hidratante e sejam livres de óleos e fragrâncias.

Bronzeadores, Moderadores , Protetores e Bloqueadores

Os **BRONZEADORES** são materiais que contém substâncias que estimulam a pigmentação, ativando o melanócito, mesmo que a pessoa não se exponha ao sol. Exemplo : urucum, cenoura, etc. Em geral, apresentam FPS entre 2 e 4.

Embora os fabricantes não sigam com rigidez a classificação sugerida pelo Ministério da Saúde , podemos classificar os produtos de proteção solar em três categorias:

- 1) **MODERADORES**, geralmente têm FPS maior que 6 e menor que 15;
- 2) **PROTETORES**, normalmente apresentam FPS entre 15 e 20;
- 3) **BLOQUEADORES**, geralmente com FPS maior que 20.

Geralmente o filtro solar contém ingredientes químicos que filtram parte das radiações ultravioleta, transformando-as em ondas de energia não danosa à pele. Já o bloqueador solar é comumente composto por filtros físicos, substâncias que funcionam como uma barreira, refletindo e espalhando os raios UV na pele. Essas substâncias, por obstruírem as glândulas sebáceas, deixa a pele mais oleosa : a pessoa não se motiva para usar, facilitando as manifestações de alergia e as espinhas.

Índice de Ultravioleta (IUV)

O IUV define quantitativamente o teor de raios UV-B de um determinado local. Na linguagem usual, serviria para indicar se o Sol está “forte” ou “fraco”.

Antes de ir à praia, o interessado pode conferir o IUV na sua cidade, acessando os endereços eletrônicos :

www.ozonio.crn.inpe.br
www.master.iag.usp.br

*Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas
Instituto Astronômico e Geofísico da USP*

O índice IUV é calculado para o meio-dia .

