As ameaças atmosféricas

A atmosfera terrestre na qual vivemos e respiramos, e cuja temperatura de superfície oscila em torno dos 25 ° C, é composta por 80 por cento de azoto, 20 por cento de oxigénio e uma série de gases raros em proporções diminutas. Aquecida pelo Sol e impelida pelo movimento de rotação da Terra, a atmosfera está animada de um perpétuo movimento que origina ventos, turbilhões, tempestades e, por vezes, ciclones. O seu contacto mecânico e químico com a considerável reserva de calor e de água que o oceano constitui confere-lhe o papel de distribuidor planetário da humidade e das temperaturas e, justamente por isso, de agente número um do clima.

Sob a sua aparência turbilhonante, a estrutura da atmosfera é bastante simples. A densidade do ar decresce com a altitude, tal como sucede no caso da temperatura. No entanto, essa diminuição da temperatura não é perfeitamente regular: a 50 km de altitude ela aumenta de novo um pouco para, em seguida, retomar a sua descida à medida que se dirige para os espaços interplanetários gelados. Esta camada intermédia mais quente separa uma baixa atmosfera ainda apelidada de troposfera e uma alta atmosfera onde o ar se encontra estra-

tificado em camadas de igual densidade e que, por essa mesma razão, é designada por estratosfera (outra vez as esferas!).

Na medida em que o meio é pouco denso e os ventos violentos (a sua velocidade pode atingir várias centenas de quilómetros por hora), a atmosfera é permanentemente agitada e homogeneizada, e isto em distâncias enormes. Uma chuva de cinzas vulcânicas emitida no México espalha-se na totalidade da atmosfera num período de um ano. Uma explosão atómica aérea dá origem a precipitações radioactivas que vão do ponto de explosão aos antípodas em alguns meses. Este conjunto gasoso, cuja massa não atinge sequer um centésimo da do oceano, desempenha, contudo, um papel essencial na manutenção da vida à superfície da Terra.

Ora eis que a acção reguladora e benéfica da atmosfera parece estar hoje a ser ameaçada pelas actividades humanas [1].

Efeito de estufa, «buraco» na camada de ozone, chuvas ácidas: eis as ameaças de que todo o mundo fala e que se revelam aterradoras. «O céu vai-nos cair sobre a cabeça», diria o nosso Astérix nacional.

Ozone e dióxido de carbono, estas duas componentes da atmosfera, medem-se em partes por milhão: alguns gramas por tonelada de ar. Como é que, em teores tão ínfimos, eles podem ser ameaçadores, senão mesmo perigosos? É que, a despeito da sua fraca importância em termos de volume, eles desempenham um papel crucial no comportamento da atmosfera terrestre — também aqui a importância de uma componente num dado sistema não é um reflexo directo da sua abundância. Os dois problemas que lhes estão associados, o buraco na camada de ozone e o efeito de estufa, que aliás é preciso não confundir, fizeram a sua apari-

---

1 Cf. Gérard Mégie, *Stratosphère et couche d'ozone*, Masson, 1992.

ção na consciência colectiva praticamente ao mesmo tempo, uma aparição copiosamente alimentada e difundida pelos meios de comunicação. Como veremos, isto não foi um mero acaso.

O «buraco» na camada de ozone: mas de que é que se trata afinal?

O ozone é uma molécula muito especial, formada por três átomos de oxigénio ligados, enquanto a simples molécula de oxigénio, aquela que nós respiramos diariamente, não é constituída senão por dois átomos. Esta molécula que podemos, portanto, qualificar de «oxigénio oxigenado», forma-se na alta atmosfera em circunstâncias totalmente excepcionais. Os raios de Sol rompem a molécula de oxigénio e, desta forma, libertam certos átomos livres e muito reactivos. O celibato não é muito do agrado do oxigénio. Em última análise, chega a preferir o *ménage à trois*. O oxigénio livre associa-se rapidamente à molécula de oxigénio O_2, assim nascendo a molécula de ozone (O_3).

Porém, estas condições só se encontram reunidas a cerca de 40-50 km de altitude, onde o oxigénio do ar é ainda bastante abundante (o ar rarefaz-se com a altitude) e onde os raios solares são ainda assaz «vivos» para romper a molécula de oxigénio.

É desta forma que a «camada de ozone» é produzida.

Não se trata aqui de uma camada espessa, maciça, constituída por ozone puro, uma muralha molecular a rodear a Terra de forma contínua, mas antes de uma concentração anormal de ozone nesta alta atmosfera que continua a ser composta por 80 por cento de azoto e 20 por cento de oxigénio, mas cuja densidade atómica é mil vezes menos elevada do que à superfície da Terra.

Ora, por muito fraca que seja a concentração de ozone — 8 partes por milhão, 8 gramas por tonelada de ar —, este teor diminuto tem uma função muito

esta destruição da camada de ozone. Conseguiu-se demonstrar, de forma mais precisa, que se tratava dos famosos CFC utilizados nos aerossóis e nos frigoríficos.

Trata-se de factos hoje em dia indiscutíveis. A partir daqui, entramos no domínio da extrapolação. A ideia mais espalhada no seio da comunidade de especialistas é a de que este buraco, hoje restringido à Antárctida no mês de Outubro, poderia gradualmente difundir-se por todo o Globo e ao longo de todo o ano. Esta extrapolação não deixa de ser um tanto ousada. Efectivamente, é intrigante que o buraco da camada de ozone se manifeste por sobre a Antárctida, quando os grandes emissores de CFC industriais estão claramente situados no hemisfério norte, local de implantação da maior parte da indústria moderna. Por outro lado, dado que o ozone é resultante da reacção dos raios solares com o oxigénio, ele é sobretudo produzido por alturas do equador, onde a radiação solar é mais intensa. Por que razão se acumularia ele, num primeiro tempo, no Pólo Sul, para aí ser destruído em Outubro? Os cépticos — que os há! — interrogam-se sobre este duplo paradoxo [1].

Será que compreendemos bem a química e a dinâmica do ozone na estratosfera? Não será este buraco na camada de ozone senão uma simples manifestação, interessante do ponto de vista científico, é certo, mas que continuaria a não dizer respeito senão às zonas antárcticas e, portanto, no plano biológico, apenas a algumas populações de pinguins e focas?

Os pessimistas — ou seja, quase todos os especialistas — fundamentam os seus argumentos no efeito de retardamento. O «buraco» antárctico só foi detectado em 1984, quando os CFC eram emitidos para a atmosfera desde havia mais de 40 anos. Existe, portanto, um desfazamento entre causa e efeito. A ser verdade,

---

1 Que alguns explicam, mas de uma forma extremamente complicada.

esta destruição da camada de ozone. Conseguiu-se demonstrar, de forma mais precisa, que se tratava dos famosos CFC utilizados nos aerossóis e nos frigoríficos.

Trata-se de factos hoje em dia indiscutíveis. A partir daqui, entramos no domínio da extrapolação. A ideia mais espalhada no seio da comunidade de especialistas é a de que este buraco, hoje restringido à Antárctida no mês de Outubro, poderia gradualmente difundir-se por todo o Globo e ao longo de todo o ano. Esta extrapolação não deixa de ser um tanto ousada. Efectivamente, é intrigante que o buraco da camada de ozone se manifeste por sobre a Antárctida, quando os grandes emissores de CFC industriais estão claramente situados no hemisfério norte, local de implantação da maior parte da indústria moderna. Por outro lado, dado que o ozone é resultante da reacção dos raios solares com o oxigénio, ele é sobretudo produzido por alturas do equador, onde a radiação solar é mais intensa. Por que razão se acumularia ele, num primeiro tempo, no Pólo Sul, para aí ser destruído em Outubro? Os cépticos — que os há! — interrogam-se sobre este duplo paradoxo [1].

Será que compreendemos bem a química e a dinâmica do ozone na estratosfera? Não será este buraco na camada de ozone senão uma simples manifestação, interessante do ponto de vista científico, é certo, mas que continuaria a não dizer respeito senão às zonas antárcticas e, portanto, no plano biológico, apenas a algumas populações de pinguins e focas?

Os pessimistas — ou seja, quase todos os especialistas — fundamentam os seus argumentos no efeito de retardamento. O «buraco» antárctico só foi detectado em 1984, quando os CFC eram emitidos para a atmosfera desde havia mais de 40 anos. Existe, portanto, um desfazamento entre causa e efeito. A ser verdade,

---

1 Que alguns explicam, mas de uma forma extremamente complicada.

o efeito vai prosseguir e, uma vez que a produção de CFC aumentou muito entre 1960 e 1980, as consequências não deixarão de ser ainda mais significativas nos próximos anos.

Há uma série de observações recentes [1] que parecem corroborar este cenário. Em primeiro lugar, o buraco antárctico aumenta em intensidade e em duração. Tratando-se embora de uma extensão modesta, o certo é que ela está a evoluir na direcção fatal que foi prevista. Em seguida, e o que é ainda mais inquietante, foi observado pela primeira vez um indício de buraco sobre o Árctico, ou seja, no hemisfério norte, o nosso hemisfério. A sua expansão à escala do planeta parece, assim, estar no bom caminho...

Assiste-se, em suma, a uma espécie de contra-relógio entre a supressão das emissões de CFC e as suas consequências que se verificam com um atraso, ainda mal conhecido, na camada de ozone (uma incerteza que leva a temer que seja já demasiadamente tarde para impedir o inevitável!).

Dado que, tal como referimos acima, se conhece mal a química complexa do ozone atmosférico e ainda pior a sua distribuição e as suas migrações, é possível que a «destruição outonal» da camada de ozone permaneça confinada à Antárctida. Mas se assim não for? O cancro de pele tornar-se-á então a peste do século XXI!

Seja como for, devemos regozijar-nos com o facto de os governos terem reagido de uma forma relativamente rápida a esta ameaça. O protocolo de Monreal, assinado em 1987, previa a limitação da produção dos CFC e a sua interdição a partir de 1996. Convém dizer, em abono da verdade que, por detrás desta mobilização, se encontrava a empresa química Du Pont de Nemours que a patrocinava e que, por acaso, fora quem desco-

---

1 *Nature*, vol. 362, n.º 6421.

brira o substituto dos CFC (*vidé* capítulo I). Não é, pois, de admirar que essa prontidão tenha sido denunciada pelos seus concorrentes industriais! No entanto, este procedimento é, a meu ver, correcto. Como já referido, os CFC são utilizados nos aparelhos de refrigeração e nos aerossóis; ora, por maior que seja a importância económica destes sectores, não se compara à da indústria automóvel...

Portanto não há que hesitar, temos mesmo que tomar medidas. Tanto mais que não se conhecem verdadeiramente todos os efeitos biológicos dos UV. Imaginemos que, para além de provocar o cancro cutâneo, os UV destruíam também as plantas do arroz e as sementes do milho. Então o que é que sucederia? É óbvio, a fome generalizada!

Apesar de tudo, há países que mostram má vontade — a China e a Índia, por exemplo. Não é esta interdição senão um luxo dos países ricos? Não irá ela arruinar as indústrias de refrigeração destes países precisamente quando elas estão em pleno desenvolvimento? E assim, para ratificar as normas de interdição, reclamam o acesso à tecnologia de substituição produzida pela Du Pont de Nemours.

Aguardam-se os próximos capítulos...

O segundo problema que diz respeito à atmosfera e de que também se fala bastante, embora seja radicalmente diferente, é o «efeito de estufa».

De há 30 anos para cá tem-se observado um aumento regular do teor de CO_2 (dióxido de carbono) na atmosfera devido à combustão dos carvões, dos petróleos e das queimadas nas florestas tropicais. Este teor de CO_2 mede-se igualmente em p.p.m. (partes por milhão), sendo actualmente da ordem dos 300 p.p.m. Também aqui não se trata de um dos mais importantes compostos químicos. Mas a molécula de dióxido de carbono

possui uma particularidade física especial que é a de absorver os raios infravermelhos. Devido a essa absorção, ela aumenta de temperatura e aquece o ar que a rodeia. Ora a radiação emitida pela superfície iluminada da Terra está precisamente situada na faixa dos infravermelhos. Apesar de a radiação solar se encontrar no espectro visível (aquele que os nossos olhos captam), a sua reemissão pelo solo está, como se diz, «desfasada em frequência», e situa-se no infravermelho. Deste modo, uma atmosfera rica em CO_2 deixa passar os raios luminosos no seu trajecto em direcção ao solo, uma vez que eles se situam no espectro visível, mas absorve-os quando do seu trajecto reflectivo, na medida em que se tornaram raios infravermelhos [1]. Ao reter os raios luminosos como o faz uma estufa de jardineiro, esta absorpção vai então aquecer a atmosfera.

Este fenómeno encontra-se extremamente bem ilustrado pelo planeta Vénus — a sua atmosfera é muito rica em dióxido de carbono e a sua temperatura de superfície atinge os 470 °C.

O efeito de estufa é, portanto, um fenómeno físico incontestável. E é por isso que muitos se inquietam com o futuro do nosso clima [2].

---

1 A radiação solar é constituída por uma mistura de vibrações de diversos comprimentos de onda. Cada uma delas tem uma cor: violeta, anil, azul, verde, amarelo, cor de laranja e vermelho. Antes do violeta existe uma «cor», que os nossos olhos não captam, designada por ultravioleta (UV). Depois do vermelho há uma outra cor designada por infravermelho (IR). A mistura das «cores» emitidas pelo Sol resulta na luz brilhante, o chamado branco, que nós captamos, e que contém também um pouco de UV e de IR. Em contrapartida, quando a luz branca do Sol se reflecte no solo, transforma-se nos infravermelhos que não vemos. É esta a razão por que grandes zonas da superfície terrestre fotografadas por satélite se apresentam escuras.

2 Consulte-se *Économiser la planète*, op. cit.

ECOLOGIA DAS CIDADES, ECOLOGIA DOS CAMPOS / CLAUDE ALLÉGRE ; TRAD. MARIA JOÃO REIS

AUTOR(ES):	Allègre, Claude; Reis, Maria João, trad.
PUBLICAÇÃO:	Lisboa : Inst. Piaget, D.L. 1996
DESCR. FÍSICA:	226 p. ; 24 cm
COLECÇÃO:	Perspectivas ecológicas ; 13
NOTAS:	Tít. orig.: Écologie des villes, écologie des champs
ISBN:	972-8245-97-1