

A química

CO₂ N₂O

no efeito estufa

CFC

CH₄

HCFC

SF₆

Mario Tolentino
Romeu C. Rocha-Filho

A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam aspectos importantes da interface ciência/sociedade, procurando, sempre que possível, analisar o potencial e as limitações da ciência na tentativa de solução de problemas sociais. Este artigo fala das implicações do aumento do efeito estufa e explica as bases químicas para a ocorrência desse fenômeno.

► efeito estufa, gases-estufa, aquecimento global ◀

Nas últimas décadas, a polêmica sobre um possível aquecimento global do nosso planeta, decorrente de uma exacerbação do efeito estufa, passou a fazer parte das preocupações da humanidade, com constante cobertura pela mídia. Mas como ocorre o efeito estufa e a que se deve sua provável exacerbação?

O que é uma estufa

Nos países de inverno rigoroso, os cultivadores de legumes e plantas ornamentais constroem estruturas recobertas por painéis de vidro transparente, alguns dos quais podem ser abertos de forma controlada na parte superior da estrutura. Durante os períodos de baixas temperaturas, a luz e o calor do sol penetram no interior e aquecem o ar, as plantas e as estruturas de suporte. Essa energia fica aprisionada e a temperatura da estufa é regulada pela abertura adequada de alguns dos painéis móveis de vidro, o que permite a saída do ar aquecido. Portanto, as chamadas *estufas* funcionam basicamente evitando que a circulação do ar resfrie o ambiente.

Sol, atmosfera e superfície terrestres: uma interação vital

O planeta Terra apresenta certas características que o tornam único no Sistema Solar. A atmosfera terrestre,

por sua composição e estrutura, interage simultaneamente com a radiação solar e a superfície terrestre, estabelecendo um sistema de trocas energéticas que explica muitos fenômenos que afetam a vida no planeta. A distribuição espectral da radiação solar (Figura 1) vai desde o ultravioleta até o infravermelho, com predominância da luz visível (0,4 μm a 0,7 μm). Essa distribuição, conforme previsto pela teoria da radiação térmica (a primeira aplicação da mecânica quântica, feita por Planck em 1900), aproxima-se da de um corpo negro a uma temperatura de cerca de 6 000 °C. Da radiação que atinge a Terra, cerca de 70 por cento é absorvida (51 por cento pela superfície e 19 por cento pela atmosfera). A fração da energia solar absorvida na superfície aquece o planeta e provoca reações químicas e transformações físicas.

A Terra: uma grande estufa

O planeta irradia para o espaço uma quantidade de energia igual à que absorve do sol. Essa irradiação ocorre sob a forma de radiação eletromagnética na faixa do infravermelho, principalmente entre 4 μm e cerca de 100 μm (Figura 1), com uma distribuição espectral, por sua vez, próxima daquela de um corpo negro a -18 °C, uma temperatura muito mais baixa que a

temperatura média da Terra, cerca de 15 °C. Essa diferença de 33 °C é causada pelo famoso *efeito estufa*, sem o qual muito provavelmente não haveria vida como a conhecemos.

A Terra funciona, portanto, como um irradiador de infravermelho que iria todo para o espaço, não fosse a presença na atmosfera de alguns gases que absorvem grande parte dessa radiação e, conseqüentemente, aquecem-na.

De certo modo, a atmosfera transforma a Terra numa enorme estufa. Se compararmos as temperaturas existentes em Marte, poderemos avaliar o papel de verdadeiro ‘cobertor’ que a atmosfera representa. No planeta vermelho, cuja atmosfera é muito rarefeita, a temperatura média na superfície é de -53 °C, somente 3 °C acima da temperatura de irradiação de -56 °C (obtida a partir do espectro de emissão por comparação com o de um corpo negro).

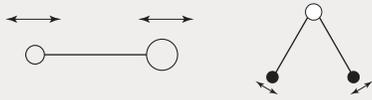
Como funciona a estufa da Terra

Nas estufas agrícolas, a retenção do calor e conseqüente aquecimento do ambiente é resultado de um bloqueio físico, que impede o escape do ar quente. Na grande estufa que é a Terra, o mecanismo é bem mais complexo.

A atmosfera terrestre é uma mistura de gases, com predominância de nitrogênio (78 por cento) e oxigênio (21 por cento), gases que não absorvem radiação infravermelha. Outros gases, nela presentes como componentes naturais ou resultantes de ações do homem (ações antrópicas), por sua natureza química, principalmente estrutura molecular, absorvem uma fração signifi-

Quadro 1: A matéria e a radiação infravermelha*.

O infravermelho corresponde à radiação eletromagnética de comprimentos de onda entre 100 μm e 1 μm (3×10^{12} Hz e 3×10^{14} Hz). Essa radiação interage com moléculas, mudando sua configuração, especialmente por meio de vibrações dos átomos em ligações intramoleculares, tais como:



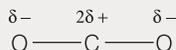
Essa interação leva a uma das espectroscopias mais úteis para o químico, a espectroscopia vibracional. O comprimento de onda em que uma absorção/emissão ocorre depende das massas relativas dos átomos, bem como das constantes de força das ligações.

Os átomos de uma molécula não permanecem fixos uns em relação aos outros; na realidade, eles vibram em torno de uma posição média. Se essas vibrações causarem mudança no momento dipolar da molécula, ela será ativa no infravermelho, isto é, absorverá e emitirá radiação infravermelha. Uma molécula apresenta um dipolo elétrico se nela existirem duas cargas q e $-q$ separadas por uma distância l ; esse dipolo é representado por uma flecha do tipo \longleftrightarrow , com o "+" marcando a ponta positiva, como na molécula de cloreto de hidrogênio:

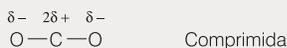
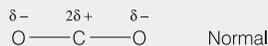


Associado ao dipolo existe um momento dipolar, definido como igual ao produto $q \times l$.

Seja a molécula do gás estufa CO_2 ; como ela atua absorvendo e emitindo radiação infravermelha? Essa molécula linear tem, no estado fundamental, um momento dipolar igual a zero (os dois dipolos se anulam):

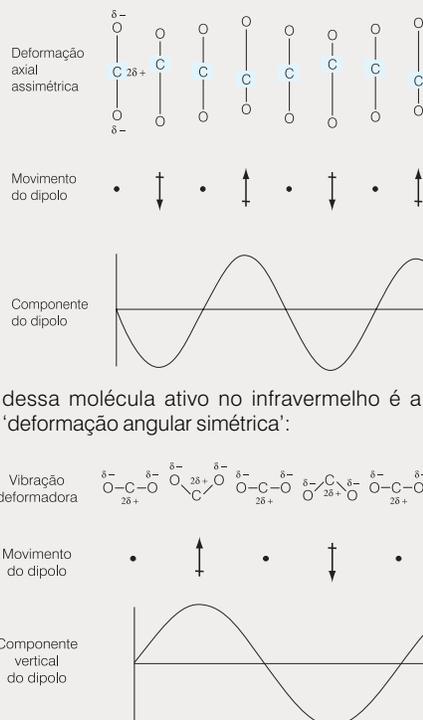


Se a molécula vibrar no modo conhecido como 'deformação axial simétrica', ela é alternadamente esticada e comprimida, com o comprimento de ambas as ligações C—O mudando simultaneamente:

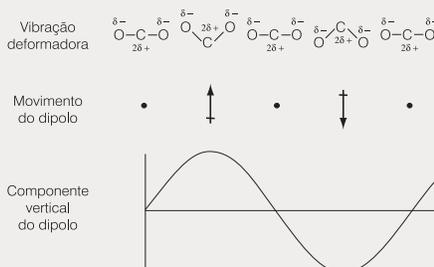


O momento dipolar claramente permanece zero ao longo de todo o movimento, fazendo com que esse modo vibracional seja 'inativo no infravermelho'. Já se a molécula vibrar no modo chamado de 'deformação axial assimétrica', a vibração é 'ativa no infravermelho' pois, como mostrado no topo da próxima coluna, ocorre uma alteração periódica do momento dipolar da molécula.

A deformação axial assimétrica, associada a rotações dos átomos, é responsável pela absorvidade do CO_2 na faixa em torno de 4,25 μm - vide Figura 2. Outro modo vibracional

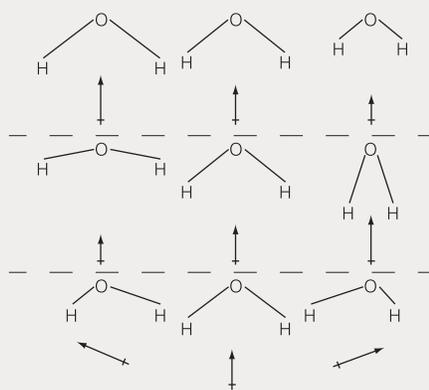


dessa molécula ativo no infravermelho é a 'deformação angular simétrica':



Esse modo é responsável pela absorvidade do CO_2 na faixa em torno de 15 μm (Figura 2).

Os modos vibracionais possíveis e as variações periódicas no momento dipolar da molécula de água são mostrados a seguir.



As deformações axiais simétrica e assimétrica são responsáveis pela absorvidade da molécula de água na região em torno de 2,7 μm (Figura 2), enquanto a deformação angular é responsável pela deformação em torno de 6 μm (Figura 2).

As deformações acima mostradas levam ao que se chama de vibrações fundamentais. Todavia, podem ocorrer interações e acoplamentos entre os osciladores, o que faz com que surjam vibrações secundárias que absorvem em outras regiões diferentes das das fundamentais (vide Figura 2 para o caso da água).

*Adaptado de Silverstein *et al.*, 1979, e Banwell, 1983.

ficativa da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Essa absorção implica um aumento nos movimentos vibracionais e rotacionais das moléculas (Quadro 1). Esses gases, por sua vez, também passam a irradiar no infravermelho. Essa radiação se espalha em várias direções, inclusive retornando à superfície, que se mantém mais quente do que seria na ausência da atmosfera. O Quadro 2 mostra como é o balanço de energia da superfície da Terra, da sua atmosfera e do planeta como um todo.

A retenção de energia pelos gases-estufa decorre de um mecanismo, físico-químico, bem diferente daquele que ocorre nas estufas agrícolas.

Cabe destacar que grande parte do efeito estufa natural se deve à presença da água na atmosfera (vide Figura 2): vapor d'água (85 por cento) e partículas de água (12 por cento). Outros gases-estufa são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os clorofluorcarbonetos (CFCs), os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6).

O aumento do teor desses gases na atmosfera em decorrência de atividades humanas pode causar uma exacerbção do efeito estufa e, conseqüentemente, um aquecimento global do planeta.

Gases do efeito estufa

Dióxido de carbono

O dióxido de carbono tem sido apontado como o grande vilão da exacerbção do efeito estufa, já que sua presença na atmosfera decorre, em grande parte, de atividades humanas. Na atmosfera atual o teor de CO_2 oscila em torno de 365 mL/m^3 , com uma tendência de crescimento que teve seu início no final do século XVIII em decorrência do aumento no uso de combustíveis fósseis.

Em termos quantitativos, anualmente cerca de 2 650 bilhões de toneladas de dióxido de carbono são lançadas na atmosfera. Como o tempo médio de residência do CO_2 na atmosfera é de cerca de cem anos, a estabilização ou mesmo a diminuição do teor atmosférico desse gás requer diminuição significativa em sua emissão.

Quadro 2: Balanço de energia da superfície da Terra, da sua atmosfera e do planeta como um todo*, mostrando o efeito estufa.

Balanço de energia da superfície terrestre			
Chegada		Saída	
Radiação solar	51	Radiação terrestre	116
Radiação atmosférica	95	Evaporação	23
Condução/convecção	7		
Total	146	Total	146

Balanço de energia da atmosfera terrestre			
Chegada		Saída	
Radiação solar	19	Radiação para o espaço	64
Condensação	23	Radiação para a superfície	95
Radiação da superfície	110		
Condução	7		
Total	159	Total	159

Balanço de energia do planeta Terra			
Chegada		Saída	
Radiação solar	100	Radiação refletida e espalhada	30
		Radiação atmosférica para o espaço	64
		Radiação da superfície para o espaço	6
Total	100	Total	100

* Energia expressa em centésimos da radiação solar incidente total.

Ao interagir com radiação infravermelha (Quadro 1), o CO_2 absorve-a significativamente em duas estreitas faixas de comprimentos de onda inferiores a $5 \mu\text{m}$ e em uma ampla faixa acima de cerca de $13 \mu\text{m}$. Portanto, como a água e o CO_2 não absorvem entre $7 \mu\text{m}$ e $13 \mu\text{m}$ (vide Figura 2), ocorre na atmosfera uma verdadeira 'janela' espectral, pela qual a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre escapa, perdendo-se no espaço (essa radiação corresponde a 6 por cento da radiação solar que atinge a Terra — Quadro 2).

Metano

Este hidrocarboneto, o gás-estufa mais importante depois do CO_2 , pode advir de processos naturais ou antrópicos. Geralmente tem origem em depósitos ou em processos de extração e utilização de combustíveis fósseis ou na decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas, principalmente celulose. Seu teor atmosférico atual é superior a $1,7 \text{ mL/m}^3$. Cento e dez anos atrás ele era de $0,9 \text{ mL/m}^3$. Como o tempo médio de residência do CH_4 na atmosfera é razoavelmente curto (cerca de dez anos), a estabilização do seu teor requer diminuição de somente 5 por cento na sua emissão. Estima-se que essa emissão atinja um total de

permitiu concluir que esse teor era de $0,28 \text{ mL/m}^3$ no início do século XX. Sua origem pode ser natural (descargas elétricas na atmosfera, reações fotoquímicas entre componentes de aerossóis etc.) ou antrópica (queima de carvão e de outros combustíveis fósseis em motores a explosão, uso de adubos nitrogenados etc.).

A taxa atual de incorporação de N_2O à atmosfera é de cerca de cinco milhões de toneladas por ano. O teor de N_2O na atmosfera tende a aumentar significativamente, porque seu tempo de residência na atmosfera situa-se entre 120 e 175 anos. Esse gás absorve infravermelho significativamente em duas regiões localizadas ao redor de $4 \mu\text{m}$ e $7 \mu\text{m}$ (Figura 2).

Ozônio

Esse gás também absorve a radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, embora seu papel principal esteja relacionado com sua presença na ozonfera, bloqueando parte da radiação ultravioleta do sol. Sua absorção numa faixa

pelo menos 515 milhões de toneladas por ano. A absorção de radiação infravermelha pelo metano ocorre em uma banda de comprimento de onda ao redor de $7 \mu\text{m}$.

Óxido nitroso

O teor atmosférico atual do N_2O , substância anestésica também conhecida como gás hilariante, é superior a $0,31 \text{ mL/m}^3$. Análise de bolhas de ar presas em gelo antártico per-

em torno de $9 \mu\text{m}$ (Figura 2) diminui a transparência da 'janela' atmosférica à radiação infravermelha existente entre $7 \mu\text{m}$ e $13 \mu\text{m}$.

Clorofluorcarbonetos (CFCs)

Os clorofluorcarbonetos ou freons, principais responsáveis pelo depauperamento da camada de ozônio, são compostos formados por moléculas do tipo do metano ou do etano, em que os átomos de hidrogênio foram substituídos por átomos de cloro e flúor. Os mais comuns são os de fórmulas CCl_3F (nome comercial CFC-11), CCl_2F_2 (CFC-12), $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$ (CFC-114) e CClF_2CF_3 (CFC-115). Esses gases, cujo tempo médio de residência na atmosfera varia de 75 anos (CFC-11) até 380 anos (CFC-115), são potentes gases-estufa; uma molécula de CFC-12, por exemplo, tem o mesmo impacto de cerca de dez mil moléculas de CO_2 .

Os CFCs são produzidos principalmente para uso em compressores para refrigeração doméstica e para expansão de polímeros. A produção, uso e emissão desses gases diminuiu muito nos últimos anos, em decorrência do Tratado de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, de 1987, e suas revisões posteriores.

O teor médio desses gases na atmosfera é de $1,2 \mu\text{L/m}^3$ e eles absorvem radiação na faixa de $7 \mu\text{m}$ a $13 \mu\text{m}$, contribuindo, portanto, para fechar a 'janela' atmosférica de escape de radiação infravermelha para o espaço.

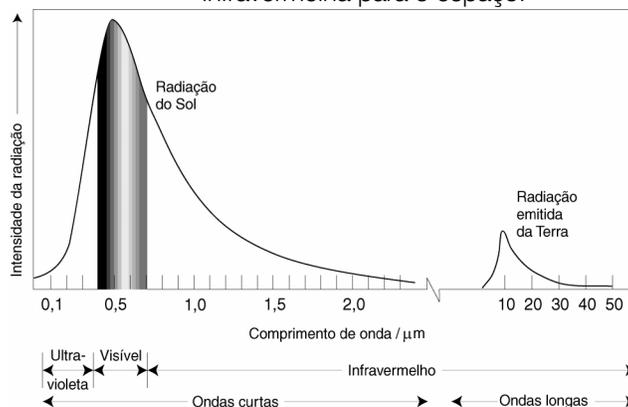


Figura 1: Comparação entre as intensidades dos espectros da radiação solar e terrestre. Em função de sua maior temperatura superficial, o Sol emite cerca de 160 mil vezes mais radiação que a Terra e de comprimentos de onda menores (mais energética). [Adaptado de Lutgens e Tarbuck, 1998, p. 34.]

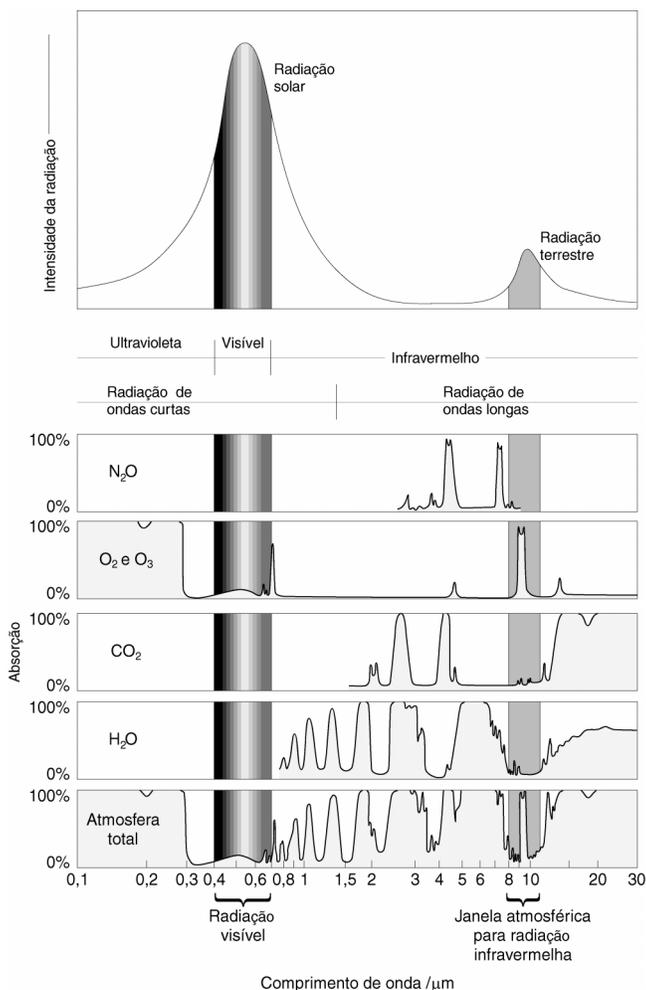


Figura 2: Absortividade de alguns gases atmosféricos e da atmosfera como um todo em função do comprimento de onda. Note que existem duas janelas atmosféricas à radiação. A primeira é para a radiação solar, entre 0,3 e 1 μm , causando o aquecimento da superfície da Terra. A outra ocorre entre cerca de 7 e 13 μm , permitindo que parte da radiação emitida pela superfície terrestre escape para o espaço. [Adaptado de Lutgens e Tarbuck, 1998, p. 41.]

Hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs)

Os hidroclorofluorcarbonetos diferem dos CFCs somente pelo fato de um ou mais átomos de cloro e/ou flúor serem substituídos por átomos de hidrogênio. Estes gases foram propostos e aceitos dentro do Protocolo de Montreal para substituir os CFCs, pois a presença de átomos de hidrogênio nas moléculas tornam-nas mais instáveis, o que minimiza muito seu potencial de destruição da camada de ozônio. Um dos HCFCs mais usados atualmente em refrigeradores no lugar dos CFCs é o de fórmula CH_2FCF_3 (nome comercial HCFC-134a).

Os HCFCs, entretanto, também são potentes gases-estufa. Uma molécula

de HCFC-134a, por exemplo, tem o mesmo impacto que cerca de 3400 moléculas de CO_2 . Estima-se que no ano 2000 as emissões globais de HCFC-134a serão da ordem de 148 mil toneladas, o que terá um impacto-estufa semelhante ao de todo o combustível fóssil queimado no Reino Unido naquele ano.

Por isso, diversas empresas européias substituíram-nos por hidrocarbonetos de baixo potencial-estufa, em especial o ciclopentano e o isobutano, o que requer adaptações nos refrigeradores.

Hexafluoreto de enxofre

Este gás inerte e não-tóxico é usado como isolante em instalações elétricas como geradores de alta tensão, disjuntores de alta capacidade em subestações blindadas, transformadores e cabos subterâneos de alta tensão.

A quantidade atualmente existente na atmosfera é pequena.

No Brasil, a liberação de SF_6 na atmosfera é da ordem de duas toneladas por ano. De qualquer modo, como esse gás tem um potencial-estufa igual a cerca de 25 mil vezes o do CO_2 , tem um longuíssimo tempo de vida médio na atmosfera (na faixa de 880 anos a 3200 anos), e como o seu consumo tem crescido a uma taxa de cerca de 7 por cento ao ano, seu impacto estufa futuro pode ser bastante significativo. O SF_6 absorve no infravermelho ao redor de 12,5 μm .

O problema da emissão de gases-estufa no Brasil

Em nosso país, a maior fonte de emissão de dióxido de carbono são as queimadas em florestas da região

amazônica (haja vista a queimada descontrolada de regiões do Estado de Roraima no início de 1998). Também trazem uma notável contribuição as queimadas de campos e cerrados e de canaviais, muito empregadas no manuseio de culturas. Outra fonte é o uso de combustíveis fósseis, principalmente os derivados de petróleo, em motores de explosão de veículos e outros sistemas de transporte.

A contribuição em metano pode ser também considerada significativa, dada a existência de grandes rebanhos de gado bovino e a presença de extensas regiões que são periodicamente cobertas pela águas, como acontece no Pantanal Matogrossense e nas várzeas amazônicas.

A estufa começa a ficar muito quente

O aumento do teor atmosférico dos gases-estufa leva a um maior bloqueio da radiação infravermelha e, conseqüentemente, pode causar uma exacerbção do efeito estufa: aquecimento da atmosfera e aumento da temperatura da superfície terrestre.

O que tem chamado a atenção dos cientistas voltados ao estudo do clima, do ambiente e da ecologia são as modificações que poderão ocorrer em ecossistemas terrestres ou oceânicos. Supondo-se que os níveis de emissão de CO_2 e de outros gases-estufa continuem crescendo e não haja qualquer providência efetiva para estacionar ou reduzir esses valores, algumas destas modificações podem ser previstas:

- Elevação do nível dos mares como resultado da dilatação térmica da massa de água oceânica e do aumento do seu volume pelo aporte de águas resultantes do degelo das calotas polares e geleiras de regiões montanhosas. Isso causará grandes alterações nos ecossistemas costeiros e perda de superfície em regiões banhadas pelo mar.
- Alterações climáticas em todo o planeta, com o aumento das tempestades, das ondas de calor e alterações nos índices pluviométricos — algumas regiões para mais e outras para menos.
- Aumento da biomassa terrestre e oceânica pela aceleração da função clorofiliana e pelo aumento do teor de CO_2 dissolvido nos oceanos. Neste último

caso, haverá sensível aumento dos organismos com exoesqueletos formados por carbonato de cálcio.

- Modificações profundas na vegetação característica de certas regiões e típicas de determinadas altitudes.
- Aumento na incidência de doenças e proliferação de insetos nocivos ou vetores de doenças, o que poderá resultar em grandes alterações sociais.

Como evitar a catástrofe?

O aquecimento global tem preocupado homens, mulheres e instituições, pois talvez o próprio destino da humanidade esteja em jogo. Além do alerta das organizações ambientalistas, há a preocupação de órgãos intergovernamentais como as Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial (OMM). Em 1988, a OMM e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), para: a) avaliar a informação científica disponível no campo de mudança do clima, b) avaliar os impactos ambientais e socioeconômicos de mudanças do clima e c) formular estratégias de resposta. Em agosto de 1990, o IPCC terminou seu *Primeiro Relatório de Avaliação*, que serviu de base para a negociação da Convenção Quadro da ONU sobre Mudanças do Clima, adotada em Nova York em maio de 1992, que visa proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras. O *Segundo Relatório de Avaliação* foi divulgado pelo IPCC em 1995,

incluindo questões técnicas relacionadas aos aspectos socioeconômicos da mudança de clima. Ambos os relatórios se tornaram padrões de referência, amplamente usados por legisladores, cientistas e outros especialistas. O terceiro relatório está previsto para o ano 2000, mas o IPCC, em seu segundo relatório, já concluiu que os aumentos globais de temperatura ocorridos no último século “são improváveis de serem totalmente devidos à variabilidade natural — um padrão de resposta climática a atividades humanas é identificável no registro climatológico”.

A Convenção Quadro da ONU prevê conferências das partes signatárias, sendo que a terceira sessão ocorreu em Kioto, Japão, no período de 1 a 10 de dezembro de 1997, quando foi acordado o Protocolo de Kioto, que visa reduzir a emissão total antrópica de gases-estufa (calculada como se só fosse CO₂, usando a relação entre o efeito-estufa de cada gás e o do CO₂) em pelo menos 5 por cento abaixo dos níveis de 1990 no período de compromisso de 2008 a 2012, mas de modo diferenciado país a país (a maioria dos países terá que diminuir suas emissões em até 8 por cento). O Brasil, como país em desenvolvimento, não assumiu nenhuma obrigação de redução de suas emissões. A quarta sessão das partes ocorreu de 2 a 13 de novembro de 1998, em Buenos Aires, Argentina.

Apesar de também existirem agen-

Glossário

Corpo negro: qualquer objeto capaz de emitir e absorver uniformemente radiação de todas as frequências. Um exemplo prático de corpo negro é um recipiente opaco com um furinho, pois a radiação que sai por ele foi emitida e reemitida tantas vezes dentro do recipiente que entrou em equilíbrio térmico com as paredes.

Distribuição espectral: gráfico da quantidade de radiação emitida por um corpo negro em função da frequência da radiação, sendo que essa distribuição varia com a temperatura (vide Figura 1).

Temperatura de irradiação: temperatura de um corpo negro emissor de radiação à qual está associada uma distribuição espectral característica. Analisando-se a distribuição espectral de um dado corpo radiante e comparando-a com a de um corpo negro a diferentes temperaturas, é possível deduzir a que temperatura de corpo negro ela equivale.

tes naturais (vulcões, tempestades solares, meteoritos etc.) que imprevisivelmente podem causar mudanças no clima da Terra, o cumprimento pelos diferentes países das medidas previstas nos protocolos da Convenção Quadro da ONU é fundamental para minimizar previsíveis mudanças do clima e para que a humanidade consiga um desenvolvimento sustentável que garanta a continuidade da vida em nosso planeta.

Mario Tolentino, doutor *honoris causa* pela Universidade Federal de São Carlos, é aposentado como professor titular do Departamento de Química - UFSCar. **Romeu C. Rocha-Filho**, licenciado em química, doutor em ciências (área de físico-química) pela USP, é docente do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos.

Referências bibliográficas

BANWELL, C.N. *Fundamentals of molecular spectroscopy*. Londres: McGraw-Hill, 1983.

LUTGENS, F.K. e TARBUCK, E.J. *The atmosphere*. 7. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

SILVERSTEIN, R.M., BASSLER, G.C. e MORRIL, T. C. *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*. 3. ed. Tradução por Alencastro, R.B. de, FARIA, R.B. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979.

Para saber mais

MOLION, L.C.B. Um século e meio de aquecimento global. *Ciência*

Hoje, v. 18, n. 107, p. 20, mar/95.

MOLION, L.C.B. Os vulcões afetam o clima do planeta. *Ciência Hoje*, v. 20, n. 120, p. 24, mai/96.

RABELLO, A.L. Efeito estufa: uma ameaça no ar. *Ciência Hoje*, v. 5, n. 29, p. 50, mar/87.

TOLENTINO, M., ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R.R. da. *O azul do planeta*. São Paulo: Moderna, 1995. Contém, entre outras, informações sobre o efeito estufa e o depauperamento da camada de ozônio.

Na Internet:

A home page do Ministério de Ciência e Tecnologia tem uma boa descrição

da Convenção Quadro da ONU: <http://www.mct.gov.br/gabin/cpmg/climate/programa/port/homeclim.htm>;

O sítio <http://kekule.fe.usp.br/global/ca-index.html> contém hipertextos com atividades a serem desenvolvidas pelos alunos dentro do tópico “A atmosfera em mudança”.

Um número enorme de outros sítios da Internet contém informações diversas sobre o efeito estufa, conforme pode ser verificado procurando pela expressão ‘efeito estufa’ na ferramenta de busca Altavista: <http://www.altavista.com> (vide *Química Nova na Escola* n. 7, p. 15-16).