



Ensinando a Química do Efeito Estufa no Ensino Médio: Possibilidades e Limites

Cristina Neres da Silva, Anderson Cezar Lobato, Rochel Montero Lago, Zenilda de Lourdes Cardeal e Ana Luiza de Quadros

As novas tendências educacionais ressaltam a necessidade de compreensão dos problemas vivenciados pela sociedade em geral e, entre eles, os ambientais. Na disciplina de Química, o efeito estufa é um dos problemas a ser considerado em função da ênfase que os meios de comunicação têm dedicado a ele. Analisamos esse tema em alguns livros didáticos de Ensino Médio e percebemos uma necessidade de tratamento mais aprofundado sobre o fenômeno. Este trabalho procura discutir alguns conceitos envolvidos no efeito estufa e a possibilidade de trabalhá-los em salas de aula do Ensino Médio.

► efeito estufa, ensino de química, livro didático ◀

Recebido em 04/03/08, aceito em 02/08/09

Desde que a primeira versão dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM – chegou às escolas, os debates sobre ensinar e aprender química se intensificaram, tanto em termos de necessidades de formação do estudante quanto do professor. Um dos objetivos do Ensino Médio, segundo os PCNEM, é desenvolver competências que possibilitem uma visão de mundo atualizada, capacidade de compreensão das problemáticas abordadas pelos meios de comunicação e ação e relação do ser humano com seu meio social e com as tecnologias (Brasil, 1999a).

Os meios de comunicação exploram novidades científicas e acabam por criar uma demanda na escola, o que impõe uma necessidade de atualização tanto dos professores quanto dos materiais didáticos.

Entre esses materiais mais disponíveis nas escolas está o livro didático, principalmente a partir do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD –, em vigor desde 1996, e do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM –, implantado em 2004. Por meio desses progra-

mas, o estudante da rede pública de ensino, cujas escolas aderiram a estes, recebe gratuitamente o livro e deverá devolvê-lo após o período de uso. Tais programas visam à melhoria da qualidade do ensino e, para tal, considera-se necessário “a melhoria e ampliação dos recursos didáticos disponíveis para o trabalho docente e para o efetivo apoio para o desenvolvimento intelectual do aluno” (Brasil, 2005, p. 32).

Um dos temas bastante explorado pela mídia refere-se ao aquecimento global do planeta, causado pelo excesso de certos gases no ar, que acentuam o efeito estufa. Assim, este é um tema ao qual professores de Química precisam, muitas vezes, dar uma atenção especial em suas aulas. Por ser o livro didático um instrumento de fácil acesso ao professor e aos estudantes e pela necessidade de atualização desse material, considera-se que alguns temas sociais relevantes es-

tejam presentes nele e, entre eles, o efeito estufa.

Considerando que, em relação ao conhecimento químico, os PCNEM afirmam que “esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhe-

cimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (Brasil, 1999b, p. 65) e que o livro didático tem uma função social na escola, consideramos importante sa-

ber como alguns dos livros didáticos de ciências abordam o fenômeno efeito estufa.

A revista *Química Nova na Escola* traz dois artigos tratando do efeito estufa: Mozeto (2001) dedica uma pequena parte do artigo para apresentar uma visão geral do fenômeno; e Tolentino e Rocha-Filho (1998) tratam do fenômeno de forma mais completa, apesar de algumas interações não

Os debates sobre ensinar e aprender química se intensificaram, desde que a primeira versão dos PCNEM chegou às escolas, tanto em termos de necessidades de formação do estudante quanto do professor.

serem discutidas.

Em Lobato e cols. (2009), analisamos a abordagem do assunto efeito estufa nos livros didáticos e percebemos um tratamento superficial do tema com possibilidade de gerar concepções alternativas nos estudantes. Neste trabalho, procuramos comentar mais detidamente sobre o fenômeno e as possibilidades de desenvolvê-lo no Ensino Médio.

O efeito estufa

O efeito estufa é o aumento de temperatura que a Terra apresenta em função da retenção de calor proveniente do Sol, propiciada pela presença de certos gases na atmosfera (vapor d'água, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, metano e outros). Em função disso, a temperatura da Terra é, em média, 30°C maior do que seria na ausência desses gases na atmosfera. Nesse processo, parte da radiação proveniente do Sol, ao ser absorvida pelos materiais ou pelas substâncias na superfície da Terra, é convertida e emitida para a atmosfera na forma de radiação infravermelha. Alguns gases atmosféricos absorvem essa radiação, causando aquecimento da atmosfera. Como resultado dessa absorção, esses gases também emitem radiação infravermelha em todas as direções, inclusive para a superfície. Desse modo, a energia fica aprisionada na região superfície-troposfera principalmente.

Resumidamente, essa é uma definição aceita para o efeito estufa, embora haja, dentro desse processo, muitos outros conceitos envolvidos que posteriormente pretendemos discutir.

Esse é um dos fenômenos que ocorrem naturalmente e que permitem a vida no planeta Terra. No entanto, o aquecimento global, causado pela acentuação do efeito estufa, pode ter sua origem na queima de combustíveis fósseis tais como o petróleo e o carvão. Essa queima gera

gases – CO₂, NO₂, SO₂ e hidrocarbonetos, além da emissão de material particulado – que são poluentes pelo excesso lançado na atmosfera. As emissões antrópicas dos gases do efeito estufa podem ocasionar um aquecimento global catastrófico, podendo provocar mudança permanente e irreversível no clima.

Algumas das consequências do aquecimento global são: elevação do nível dos mares; novos padrões no regime de ventos, pluviosidade e circulação dos oceanos; aumento da biomassa terrestre e oceânica; modificações profundas na vegetação; aumento na incidência de doenças; proliferação de insetos nocivos ou vetores de doenças, dentre outras. Por causa dessas consequências trágicas e que afetam o mundo, há a necessidade de discutir esse fenômeno em salas de aula do Ensino Médio. Entretanto, os modelos existentes nos

livros didáticos, que poderiam promover essa discussão, parecem-nos muito simplificados.

Talvez a principal necessidade esteja em diferenciar o efeito estufa do aquecimento global. Tentaremos, aqui, evidenciar o fenômeno

efeito estufa. Para ele, certamente, a principal dificuldade em explicá-lo com bases mais científicas esteja na necessidade de entender como a radiação eletromagnética interage com a matéria e se transforma por meio de processos de absorção e emissão. O efeito estufa envolve processos de absorção e emissão das diferentes formas de energia eletromagnética, nos quais uma radiação mais energética pode ser absorvida por um material e ser transformada em calor ou ser emitida como outro tipo de radiação com energia mais baixa. Pela falta de um modelo adequado que explique esses processos, acaba-se por simplificar o assunto, dando origem a um processo de memorização e repetição.

Assim, a análise da abordagem desse tema nos livros didáticos apon-

tou para a necessidade de construção de um modelo mais amplo, que possa ser utilizado nas discussões em salas de aula do Ensino Médio. Baseados em Lobato e cols. (2009), descrevemos os resultados da análise feita em livros didáticos.

O efeito estufa nos livros didáticos de Ensino Médio

Para analisar o tratamento dado a esse tema nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, selecionamos os livros indicados pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM/2007. Esse programa disponibiliza livros didáticos, sem custo aos estudantes da rede pública de ensino, para as escolas e professores que a ele quiserem aderir. A lista dos livros encontra-se na portaria nº 366, de 31 de janeiro de 2006, publicada na edição número 23 do Diário Oficial da União em 01/02/2006 (Brasil, 2006).

Dentre os seis livros selecionados pelo PNLEM/2007 para a disciplina de Química, quatro deles tratam do assunto efeito estufa. Considerando o número de livros pequenos para esta análise, adicionamos outros três que tratam do assunto e que ainda são bastante utilizados na região metropolitana de Belo Horizonte (MG), mesmo não fazendo parte do PNLEM. A análise englobou, então, um total de sete livros, os quais chamaremos de A, B, C, D, E, F e G (Tabela 1).

A seguir, estão descritos os itens que mereceram uma atenção especial pela sua relevância e pelo tratamento a eles dispensados nos livros.

Parte do conteúdo químico no qual o assunto é abordado

Nos livros A, F e G, o tema efeito estufa é tratado em capítulos que relacionam a química e o meio ambiente, mostrando a composição da atmosfera e citando alguns problemas ambientais.

No livro B, o efeito estufa é tratado no final do capítulo “Cálculo de Fórmulas”, que é posterior ao capítulo de estudo dos gases, como leitura complementar. Nos livros D e E, o tema é tratado no capítulo de estudos

Os meios de comunicação exploram novidades científicas e acabam por criar uma demanda na escola, o que impõe uma necessidade de atualização tanto dos professores quanto dos materiais didáticos.

Tabela 1: Livros de Química analisados.

A	SILVA, E.R.; NÓBREGA, O.S. e SILVA, R.H. <i>Química, transformações e aplicações</i> v. 3. São Paulo: Ática, 2001.
B	FELTRE, R. <i>Química</i> . 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.
C	PERUZZO, F.M. e CANTO, E.L. <i>Química na abordagem do cotidiano</i> . 3 ed. São Paulo: Moderna, 2003.
D	SANTOS, W.L.P.; MÓL, G.S.; MATSUNAGA, R.T.; DIB S.M.F.; CASTRO, E.N.F.; SILVA, G.S.; SANTOS, S.M.O. e FARIAS, S.B. <i>Química & Sociedade</i> . São Paulo: Nova Geração, 2005.
E	REIS, M. <i>Completamente química: química geral</i> . São Paulo: FTD, 2001.
F	USBERCO, J. e SALVADOR, E. <i>Química</i> (volume único). 7 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
G	NOVAIS, V.L.D. <i>Química</i> . V. 2. São Paulo: Atual, 1999.

dos gases. No livro C, esse fenômeno fecha o capítulo de “Leis das Transformações”, num item sobre química ambiental, antes mesmo do estudo da estrutura da matéria.

Interação da radiação com a matéria

Para esse item, julgamos relevante descrever como cada um dos livros trata dessa interação.

O livro A cita que “parte da energia absorvida pela superfície terrestre é reemitida para o espaço na forma de radiação infravermelha” (p. 348). Não explica como a radiação proveniente do Sol se transformou em radiação infravermelha.

No livro B, aparece que “parte da radiação proveniente do Sol é refletida” para o espaço. Ele afirma ainda que “os gases são uma barreira pra a radiação infravermelha. Bloqueada, essa radiação se espalha e aquece o meio ambiente” (p. 332). O autor não explica como o ambiente é aquecido por meio da radiação infravermelha nem de que forma a radiação é bloqueada.

O livro C afirma que “parte da energia proveniente do Sol fica ‘aprisionada’ na Terra, fazendo com que a temperatura do planeta seja superior àquela esperada se tais gases não estivessem presentes na atmosfera” (p. 233). O autor destaca, com aspas, a palavra aprisionada, indicando que a palavra teria um sentido diferente do normalmente dado. Entretanto, não explica o processo envolvido neste

“aprisionamento” da radiação.

O livro D cita que “dos raios solares que incidem sobre o planeta, 30% não conseguem atravessar a atmosfera e são refletidos de volta para o espaço. Os outros 70% atingem a superfície terrestre, sendo que uma parte será absorvida por ela e o restante, refletido sob a forma de radiação infravermelha. Então, uma parcela dessa radiação é absorvida pelas nuvens e pelo gás dióxido de carbono, aquecendo a atmosfera e criando uma estufa natural” (p. 120). Na realidade,

somente cerca de 50% dos raios solares atingem a superfície terrestre. Por outro lado, não há reflexão de radiação infravermelha pela superfície da Terra, mas sim emissão, como abordado anteriormente na seção “O efeito estufa”. No comentário dos autores, não é explicado como a radiação surgiu nem como o calor é emitido para a Terra. A referência feita às nuvens, envolvendo-as na absorção da radiação, também não é explicada e, por isso, pode promover a formação de concepções alternativas.

O livro E descreve que “o calor emitido pelo Sol atravessa a atmosfera e é absorvido pela terra e pelos oceanos. Parte desse calor é então refletido para a atmosfera, mas, ao

invés de escapar totalmente para o espaço [...], é retida por essa camada de gases [...]” (p. 68). Esse livro, diferentemente dos demais, não apresenta qualquer ilustração que exemplifique o efeito estufa. Não explica como parte da radiação absorvida pela Terra e pelos oceanos foi transformada em calor.

No livro F, há a afirmação de que “parte das radiações provenientes do Sol é absorvida pela superfície terrestre, enquanto outra parte é refletida pela própria superfície, na forma de radiações infravermelhas (não visíveis)” (p. 176). Não explica como um material que, após absorver a radiação solar, emitirá radiação infravermelha.

O livro G cita que “quando a radiação solar chega à atmosfera terrestre, o CO₂, o vapor de água, o O₃ e o metano presentes na atmosfera absorvem parte da energia refletida, aquecendo a atmosfera” (p. 322). Novamente não há explicação sobre a “reflexão” ou como a atmosfera é aquecida.

Em todos os livros, verificamos que há uma abordagem muito simplificada com relação ao efeito estufa. Além disso, ao utilizarem a palavra “reflexão” – isso foi feito pelos livros

B, D, E, F e G –, estudantes e professores são induzidos a pensarem que o efeito estufa envolve um simples processo de absorção/reflexão da energia quando, na verdade, trata-se de um fenômeno bem mais complexo, que será tratado adiante.

Gases que provocam o efeito estufa

Gases presentes na atmosfera, tais como CO₂, H₂O, O₃, CH₄, SO_x e NO_x, podem absorver a radiação infravermelha emitida pela Terra, participando, assim, do efeito estufa. Considerando que os óxidos de enxofre e nitrogênio podem ser numerosos, percebe-se que um grande número de gases pode ser considerado corresponsável pelo efeito estufa.

Por ser o livro didático um instrumento de fácil acesso ao professor e aos estudantes e pela necessidade de atualização desse material, considerase que alguns temas sociais relevantes estejam presentes nele e, entre eles, o efeito estufa.

O livro A cita apenas o CO_2 , classificando-o como principal causador do efeito estufa. Os livros B e D citam o CO_2 , partículas em suspensão, vapor de água, CO , NO_x , O_3 , CFC, CH_4 . Já o livro E cita apenas CO_2 , O_3 e vapor de água. Os livros C e F citam o CO_2 , o vapor de água, o metano, o N_2O e o clorofluorcarbono. E o livro G cita CO_2 , vapor de água, metano e ozônio.

Pode-se observar que alguns livros optaram por tratar daqueles gases que estão mais presentes na mídia como causadores do efeito estufa – gás carbônico, acompanhado de alguns outros que variam de um livro para outro. Apenas dois livros citam uma lista maior de gases.

Comparando com a estufa de plantas

Muitos livros iniciam o conceito de efeito estufa comparando-o com a estufa de plantas. Esta é uma ilustração que não mostra a relação do efeito estufa com a composição química da atmosfera e não explica, também, como a radiação se transforma em calor dentro da estufa. Certamente é um modelo limitado para o entendimento do fenômeno como um todo.

Os livros B, C, D e G comparam o efeito estufa à estufa de plantas e não diferenciam um processo do outro, ou seja, não consideram que o vidro ou plástico desta tem um efeito diferente dos gases que provocam o fenômeno em questão.

Origem dos gases

Todos os livros citam a origem de gases estufa, exceto os livros C e F.

Sobre a origem do gás carbônico, o livro A cita que “a queima de carboidratos, através da respiração, produz gás carbônico, que é lançado na atmosfera [...]” (p. 347). Para os demais gases, há as seguintes afirmações:

O metano, formado na decomposição da matéria orgânica e na agropecuária. Os gases utilizados em aparelhos de refrigeração (CFC's). O óxido de nitrogênio, gerado na atividade bacteriana no solo. (p. 350)

Os livros B e D referem-se à origem do gás carbônico de forma semelhante:

[...] a quantidade de CO_2 aumentou muito rapidamente em função da explosão demográfica, do desenvolvimento industrial acelerado, dos desmatamentos e queimas de florestas etc. (B, p. 332);

[...] o CO_2 é produto de vários processos naturais que se desenvolvem na Terra, como a respiração de seres vivos e emissões vulcânicas. Os fatores que promovem seu agravamento são o desenvolvimento industrial acelerado, a explosão demográfica, que aumentaram a queima de combustíveis fósseis, e os grandes desmatamentos e queimadas de florestas. (D, p. 120)

Os livros E e G mostram tabelas que chamam, respectivamente, de “principais fontes de emissão” e “fonte de gases poluentes”. Entre as principais fontes de produção dos gases estufa estão as combustões (desmatamento, combustível dos veículos), as indústrias e algumas fontes naturais.

A importância de conhecer a origem dos gases que provocam o efeito estufa seria no sentido de identificar quais dessas emissões poderiam ser controladas, para minimizar o aquecimento global provocado pelo excesso dos gases lançados na atmosfera, e causadores do fenômeno.

Conhecendo um pouco mais sobre o fenômeno

A seguir, estão descritas, de forma um pouco mais aprofundada, os processos físico-químicos envolvidos no efeito estufa com o objetivo de contribuir para a evolução da discussão desse tema no Ensino Médio. Foram analisadas apenas as radiações que ocorrem nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho, que estão envolvidas no efeito estufa.

a) A interação da radiação infravermelha com as moléculas

A radiação infravermelha ($\lambda = 0,7$ a $1000 \mu\text{m}$) “não tem energia suficiente para provocar excitação dos elétrons, mas faz com que os átomos, ou grupos de átomos, vibrem com maior rapidez e com maior amplitude em torno das ligações covalentes que os unem” (Solomons, 1996, p. 556). Ela pode induzir a deformações nas moléculas que geram assimetrias e, por consequência, cria momentaneamente dipolos eletromagnéticos, como mostram as Figuras 1 e 2, para o CH_4 e o CO_2 .

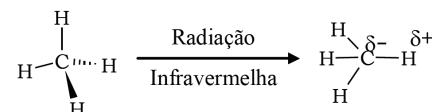


Figura 1: Dipolo momentâneo para o CH_4 .

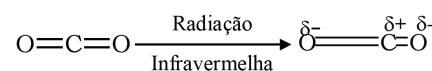


Figura 2: Dipolo momentâneo para o CO_2 .

O oxigênio e o nitrogênio, por serem moléculas diatômicas com o mesmo átomo, não absorvem a radiação infravermelha e, assim, não se deformam como acontece com o CH_4 e o CO_2 . Entretanto, na alta atmosfera, essas moléculas podem sofrer choques com elétrons e prótons energéticos – como, por exemplo, dos ventos solares –, provocando aquecimento nessa região da atmosfera.

b) Como a radiação infravermelha gera um aumento de temperatura de um gás?

Quando a radiação infravermelha incide sobre as moléculas dos gases estufa, ocorre um aumento da energia interna do sistema em virtude de um aumento nos movimentos de translação, vibração e rotação (Figura 3). A média da energia total, representada pela soma da energia dos movimentos, é a energia interna do sistema.

c) As radiações ultravioleta e visível e a excitação de elétrons

Quando um material recebe radiação visível ($\lambda = 400$ a 700 nm) ou ultravioleta ($\lambda = 10$ a 400 nm), ele

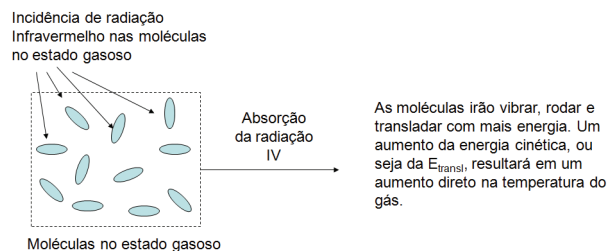


Figura 3: Esquema da transferência de energia para as moléculas através da absorção de radiação infravermelha.

absorve uma quantidade de energia necessária para excitar seus elétrons de um nível fundamental (menor energia) para um nível excitado (maior energia). "A absorção molecular nas regiões do ultravioleta e do visível depende da estrutura eletrônica da molécula" (Silverstein e cols., 1979, p. 65).

Na Figura 4, o elétron está no seu nível fundamental. Ao absorver certa quantidade de energia, ele é excitado para um nível mais energético. Somente a partir do visível e ultravioleta, as radiações passam a ter energia suficiente para excitarem os elétrons.

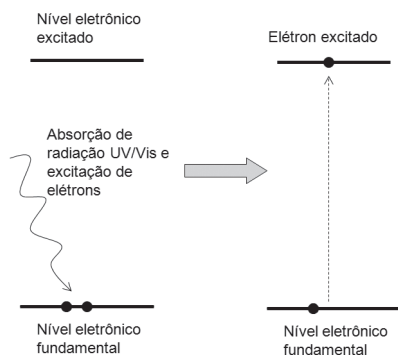


Figura 4: Representação da excitação de um elétron pela absorção da radiação UV/Vis.

Uma vez excitado, o elétron não fica no maior nível de energia indefinidamente e decai para seu estado fundamental (mais estável). Como essa energia do elétron excitado é dissipada nesse decaimento? Para responder a essa questão, temos que considerar três possibilidades para o elétron decair ao seu estado inicial (Figura 5):

(a) O elétron decai diretamente para o seu nível fundamental e emite um fóton de mesma energia do fóton absorvido. Esse

fenômeno é conhecido como fluorescência;

(b) O elétron pode decair de forma indireta para níveis intermediários antes de atingir o nível fundamental, decaindo com um tempo maior do que a fluorescência. Esse fenômeno é conhecido como fosforescência;

(c) O elétron decai gradativamente para níveis vibracionais associados ao estado excitado (Figura 6). Esse decaimento da energia do elétron pode se transformar em duas formas de energia: radiação IV ou movimentos de vibração, rotação e translação. O aumento da energia total da molécula resultará em um

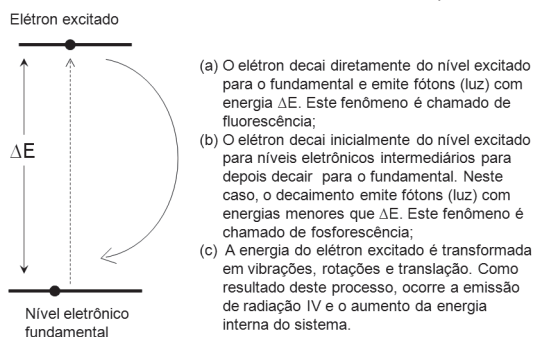


Figura 5: Possíveis rotas para o decaimento de um elétron excitado.

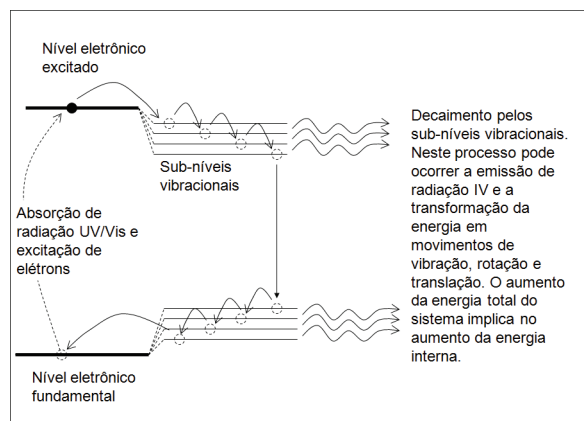


Figura 6: Absorção da radiação UV/Vis, o decaimento por subníveis vibracionais produzindo radiação IV e aumentando a energética cinética das moléculas

aumento da energia interna do sistema.

A transformação das radiações proveniente do sol (essencialmente ultravioleta e visível) em infravermelha é um dos principais processos responsáveis pelo efeito estufa.

Como o efeito estufa poderia ser tratado nas aulas de Química?

O efeito estufa é um processo físico-químico complexo, que envolve a absorção de radiações ultravioleta e visível, com transições eletrônicas e emissão de radiação infravermelha e aumento de energia cinética (movimento translacional, que provoca aumento de temperatura). Esses conhecimentos são relativamente complexos e não podem ser discutidos de forma aprofundada com os estudantes do Ensino Médio. No entanto, alguns esquemas e explicações simples podem ser utilizados para demonstrar a natureza físico-química do processo, evitando a simples memorização. Não se pretende apresentar uma proposta bem definida, mas apenas alguns caminhos

possíveis para o desenvolvimento desse tema. Inicialmente, julgamos importante que se tenha uma ideia sobre o surgimento desse fenômeno.

As radiações provenientes do Sol, principalmente ultravioleta e visível, quando chegam à Terra, são absorvidas por moléculas de um material ou substância. Quando isso acontece, ocorre a excitação eletrônica dessas moléculas e, no processo de decaimento dos elétrons excitados, essas espécies aumentam seus movimentos de vibração, rotação e translação. O aumento da energia cinética média por meio da translação levará a um aumento de temperatura no sistema e liberação de calor (Figura 7), devendo ocorrer também a emissão de radiação IV que, de energia mais baixa, pode seguir dois caminhos diferentes: (1) Atravessar a atmosfera e escapar para o espaço; e (2) ser absorvida por alguns gases presentes na atmosfera.

Um fato importante a ser considerado, quanto aos gases que absorvem a radiação infravermelha, é o tempo de residência deles na atmosfera, pois isso contribui para o agravamento do efeito estufa. A Tabela 2 mostra o tempo de residência de alguns gases presentes na atmosfera.

Tabela 2: Tempo de residência de alguns gases na atmosfera.

Gases	Tempo de Residência (anos)
CO ₂	50 – 200
CH ₄	12
N ₂ O	120
CFC-11	50
HALON-1301	65
HCFC-22	12
HCFC-134a	15

Fonte: Baird, 2002.

Gases como CO₂, H₂O, O₃, CH₄, NO_x e SO_x absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra e adquirem movimentos de vibração, rotação e translação. Essa energia adquirida provocará um fluxo de calor para o ambiente, aquecendo a Terra.

Para que estudantes possam entender melhor os processos en-

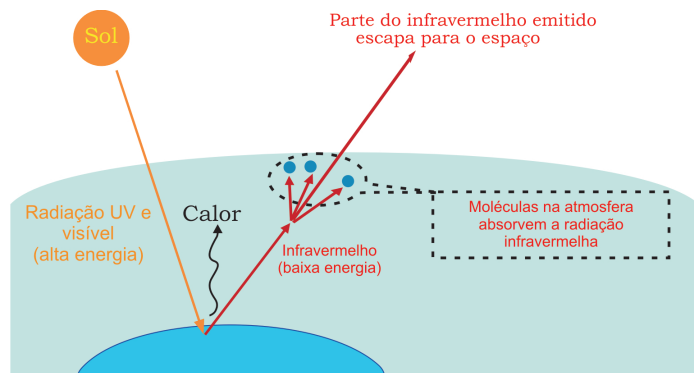


Figura 7: Modelo para demonstrar o Efeito Estufa

volvidos no efeito estufa, considere-se, como pré-requisito, que tenham conhecimentos que os possibilitem entender a natureza da radiação; a compreensão das diferenças entre as radiações ultravioleta, visível e infravermelha; e o conhecimento dos componentes que envolvem a energia de uma molécula. Normalmente os estudantes têm uma visão macro dos sistemas, mas pouca explicação microscópica.

Quando alguns dos processos que ocorrem no efeito estufa são tratados com mais profundidade, algumas informações e conceitos importantes, que geralmente não são discutidos nas escolas de Ensino Médio, fazem-se necessários. Então, construímos dois quadros chamados de “*Conhecendo o efeito da radiação na Terra*” (Quadros 1 e 2), em que são citados os conceitos necessários para que o estudante possa entender os processos que envolvem o efeito estufa.

Quadro 1: Conhecendo o efeito da radiação na Terra – 1.

- As radiações ultravioleta e visível provenientes do Sol chegam à superfície da Terra e excitam os elétrons presentes nos materiais.
- A energia desses elétrons excitados provoca: a emissão de radiação infravermelha; e o aumento dos movimentos de vibração, rotação e translação.
- O aumento da energia cinética (por meio da maior velocidade de translação das moléculas) promove um aquecimento do entorno desses gases. Assim, uma parte da radiação que entra na Terra é usada para aquecer a sua superfície, e a outra parte é transformada em radiação infravermelha.

Quadro 2: Conhecendo o efeito da radiação na Terra – 2.

- Algumas moléculas podem absorver a radiação infravermelha, intensificando os movimentos de translação, rotação e vibração. O movimento translacional das moléculas tem uma relação direta com o aumento de temperatura.
- Apenas algumas moléculas podem absorver a radiação infravermelha: CO₂, H₂O, O₃, CH₄ e óxidos de nitrogênio, que formam os chamados gases estufa.

Mas, o que ocorre com a radiação IV produzida?

Os livros, em geral, sugerem que essa radiação IV, que foi produzida na Terra, sairá em direção ao espaço e, ao encontrar moléculas na atmosfera, será “refletida” de volta. Essa é uma ideia incompleta. A Figura 8 mostra um modelo que inclui o que acontece nas moléculas dos gases ao absorverem essa radiação.

Observa-se, na Figura 8, alguns pontos importantes:

- O efeito estufa aparece como um processo de absorção e emissão da radiação;
- O processo é de natureza físico-química, no qual há a absorção das radiações ultravioleta e visível e a sua transformação em radiação infravermelha, com aumento de temperatura;
- As moléculas de alguns gases, presentes na atmosfera, absorvem radiação infravermelha emitida, transformando-a em calor.

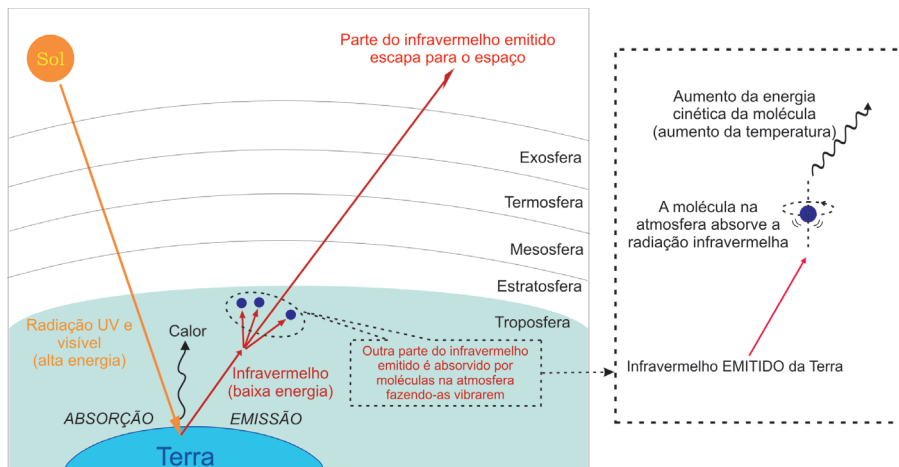


Figura 8: Modelo do efeito estufa ilustrando a interação da radiação com a matéria

Quanto ao desenvolvimento desse assunto durante o Ensino Médio, a discussão presente na mídia em geral impede que ele seja ignorado. No entanto, a discussão do fenômeno, acreditamos, deve ser feita de forma mais aprofundada que essa que vem sendo usada pela maioria dos livros didáticos e, pela sua importância, nunca como

tema complementar, mas como tema gerador de conhecimentos químicos importantes, mesmo sendo conhecimentos mais teóricos e mais aprofundados. Trata-se de possibilitar ao aluno fazer uma leitura mais completa do mundo e dos fenômenos que nele ocorrem, mesmo que esse estudo esteja limitado a apenas alguns fenômenos.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Prof. Dr. William Ricardo Rocha pela revisão e sugestões feitas ao artigo.

Cristina Neres da Silva (cristeres@yahoo.com.br) é licenciada em Química pela UFMG. **Anderson Cezar Lobato** (quimicoufmg@yahoo.com.br), licenciado em Química e especialista em Ensino de Ciências por Investigação pela UFMG, é professor de Química da Escola Estadual Ruy Pimenta – Contagem (MG). **Rochel Montero Lago** (rochel@ufmg.br), bacharel e mestre em Química pela UNICAMP, doutor em Química Inorgânica pela University of Oxford, é professor adjunto de Química Inorgânica do Departamento de Química – ICEx – UFMG. **Zenilda de Lourdes Cardeal** (zenilda@ufmg.br), bacharel e mestre em Química pela UNICAMP, doutora em Química Analítica pela Université de Paris-Sud, é professora adjunta de Química Analítica do Departamento de Química – ICEx – UFMG. **Ana Luiza de Quadros** (aquadros@qui.ufmg.br), licenciada em Química pela UNIJUÍ, especialista em Ensino de Química pela UPF, mestre em Educação em Ciências pela UNIJUÍ, é doutoranda no Programa de Pós-Graduação da FAE/UFMG e professora de Ensino de Química no Departamento de Química – ICEx – UFMG.

Referências

- BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2 ed. Trad. A.M.L.Receio e L.C.M. Carrera. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Bases Legais*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999a.
- _____. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999b.

- _____. *Programa Nacional do Livro do Ensino Médio*. Brasília: MEC, 2005.
- _____. Diário Oficial da União. Portaria n. 366, de 31 de janeiro de 2006. Brasília: MEC, 2006.
- LOBATO, A.C.; SILVA, C.N.; LAGO, R.M.; CARDEAL, Z.L. e QUADROS, A.L. Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos: é simples entender esse fenômeno? *Ensaio*, v. 11, n. 1, 2009.
- MOZETO, A.A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. *Cadernos*

- Temáticos de Química Nova na Escola*, Edição especial – maio 2001.
- SILVERSTEIN, R.M.; BASSLER, G.C. e MORRILL, T.C. *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1979.
- SOLOMONS, T.W.G. *Química orgânica*, v. 1. 6 ed. Trad. W. Oh Lin. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- TOLENTINO M. e ROCHA-FILHO, R.C. A química no efeito estufa. *Química Nova na Escola*, n. 8, nov. 1998.

Abstract: *Teaching the Chemistry of the Greenhouse Effect in High School: Possibilities and Limits.* New educational trends strength the need of understanding problems experienced by our modern society. Among them, environmental issues are of special concern. In chemistry classes, one of these issues is the greenhouse effect which receives a considerable attention of the media. In this work, some chemistry textbooks used by high school teachers have been analyzed, showing that the description of this phenomenon in these books needs a treatment with more chemical and general information. Herein, some concepts involved in the greenhouse effect and some possibilities to work them in high school classes are presented.

Keywords: greenhouse effect, chemical education, textbooks.