



Análise crítica sobre experimentos que visam simular o efeito estufa: resultados desejados, modelos errados

Evelyn Jeniffer de Lima Toledo*¹ (PG), Luiz Henrique Ferreira¹ (PQ)

¹Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Departamento de Química. *jeniffer.toledo@gmail.com

Palavras Chave: Filosofia da ciência, experimentação, efeito estufa

Resumo: O efeito estufa é uma teoria polêmica. Entre os experimentos que se propõem a simulá-lo há os que o fazem de forma equivocada focando na capacidade de alguns materiais absorverem e refletirem luz. Entretanto, mesmo diante dos problemas experimentais e teóricos é possível que o professor trabalhe não apenas os conceitos físicos e químicos, mas também “o que é ciência” através da atividade experimental investigativa. Este trabalho faz uma análise crítica dos falsos simuladores do Efeito Estufa disponíveis na literatura.

INTRODUÇÃO

A discussão a respeito da teoria do Efeito Estufa é crescente. Parte da responsabilidade pode ser atribuída à mídia que a veicula de forma alarmista. Discutir o que é o fenômeno, quais as teorias envolvidas, o que é teoria, evidência, hipótese é de suma importância quando essa discussão pode ser feita não apenas nas aulas teóricas, mas também no laboratório, pode se tornar motivadora e contribuir no ganho de habilidades do aluno (SUART e MARCONDES, 2009).

O primeiro passo é entender o que é o fenômeno do efeito estufa: segundo a teoria, a Terra recebe radiação proveniente do sol em todos os comprimentos de onda, sendo que a maior parte situa-se no espectro do ultravioleta e do ultravioleta visível. Essa luz ao chegar à superfície é absorvida e posteriormente emitida na forma de infravermelho. O infravermelho é enviado em todas as direções e ao se chocar com um gás estufa é absorvido. Essa absorção provoca uma liberação de calor que não consegue retornar ao espaço, mantendo a atmosfera aquecida. Assim, se houver um aumento drástico dos gases denominados estufa, a quantidade de infravermelho absorvido e portanto calor aprisionado dará origem a um aquecimento global (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 1998). Ainda há muitas controvérsias sobre o fenômeno em questão. Há cientistas que afirmam categoricamente não se passar de uma falácia (BLÜCHEL, 2008). Este trabalho está longe de ter a pretensão de assumir qual corrente tem mais razão, especialmente porque não há modos de se saber a verdade, como princípio básico da filosofia da ciência:

Simplesmente não existe método que possibilite as teorias científicas serem provadas verdadeiras ou mesmo provavelmente verdadeiras. (...) Tampouco há método que possibilite que

teorias científicas sejam conclusivamente desaprovadas (CHALMER, 1993)

Deste modo, realizar experimentos utilizando princípios da experimentação investigativa e da filosofia da ciência na tentativa de simular o efeito estufa pode ser altamente motivador, além é claro, de contribuir para o ganho de conhecimentos e habilidades (FERNANDES e SILVA, 2004).

Neste trabalho analisamos experimentos que se auto intitulam simuladores do efeito estufa. Entretanto, como será discutido, eles não são simuladores do fenômeno, mas podem contribuir muito com a aprendizagem, pois os alunos podem debater todos os fenômenos neles apresentados, inclusive os equívocos e sugerir modificações na busca de evidências para o fato de o fenômeno existir ou não.

OBJETIVO

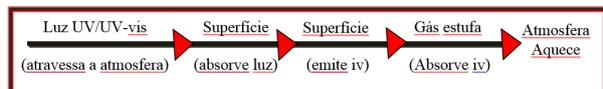
Analisar experimentos publicados que se auto intitulam simuladores do efeito estufa, sob a perspectiva da abordagem investigativa.

METODOLOGIA

Foi feita uma revisão bibliográfica na literatura internacional via Web of Science e na literatura nacional via Google Acadêmico procurando artigos que se propusessem a simular o efeito estufa em sala de aula. Foram localizados 11 experimentos, mas por questões de limitação de espaço eles foram separados em 2 grupos. No primeiro grupo constam os experimentos que não se enquadram no conceito Efeito Estufa (Falso Efeito Estufa). No segundo grupo o conceito estava presente mesmo que de forma não proposital. Neste trabalho apenas o

primeiro grupo será apresentado.

Não se enquadrar o experimento como simulação do Efeito Estufa significa que os autores não se preocuparam em construir um sistema do tipo:



RESULTADOS

O primeiro experimento (Figura 1), foi publicado em 1973 na revista *The American Journal of Physics*. Neste trabalho o autor representa a atmosfera através de uma câmara feita de madeira, mas com a frente e o verso removíveis. Tanto a parte da frente quando o verso podiam ser substituídos por outros materiais, tais como: alumínio polido, vidro claro, acrílico preto liso, acrílico transparente, polietileno claro. No interior e centro dessa câmara foi colocado um termopar em um absorvedor de calor, feito de alumínio pintado de preto. Na câmara havia uma pequena entrada para que o CO₂ fosse injetado. Aos alunos restava apenas a função de escolher quais materiais, nas suas mais diversas combinações, utilizariam nas tampas da câmara (FULLER, 1973).

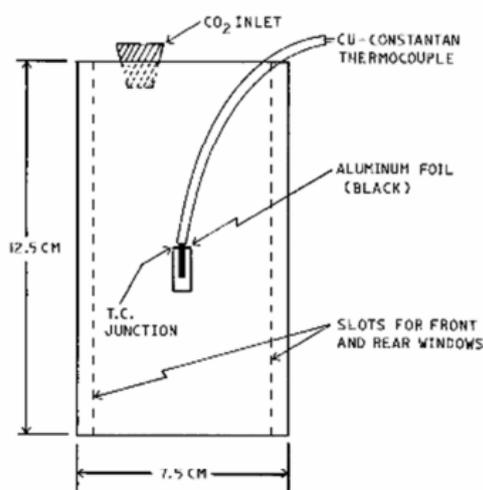


Figura 1. Câmara do efeito estufa (FULLER, 1973)

No segundo experimento, publicado na *Renewable Energy* em 2001, (O'MARA e JENNING, 2001) três garrafas de plástico PET (Figura 2) são utilizadas para simular o Efeito Estufa. Sendo a primeira garrafa transparente, a segunda coberta com um material escuro e a terceira coberta por uma folha de alumínio. Termômetros são colocados na boca da garrafa com ajuda de uma rolha de modo que a temperatura seja monitorada sob a luz de uma lâmpada. A única sugestão do autor é que o experimento poderia ser realizado sob o sol.

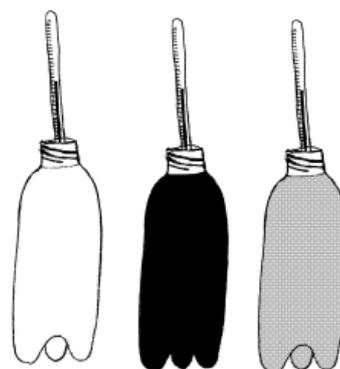


Figura 2. Simulação do efeito estufa em garrafas PET por O'Mara e Jenning (2001)

No terceiro experimento (Figura 3), publicado na revista *Classic Chemistry Demonstrations* em 1995, três termômetros são colocados a uma distância de 25 cm de uma lâmpada incandescente de 275W. Um termômetro era envolto apenas pelo ar, o segundo dentro de uma garrafa PET transparente, e o terceiro em uma garrafa PET com a metade pintada de preto. Os termômetros tiveram o bulbo revestido com uma folha de chumbo, formando algo como uma bandeira. A explicação do autor é que o chumbo absorve luz e irradia na forma de calor. Além disso, apenas sugere que testem uma garrafa de vidro para compará-la com a garrafa de plástico e que utilizem o sol quando este estiver disponível, ao invés da lâmpada.

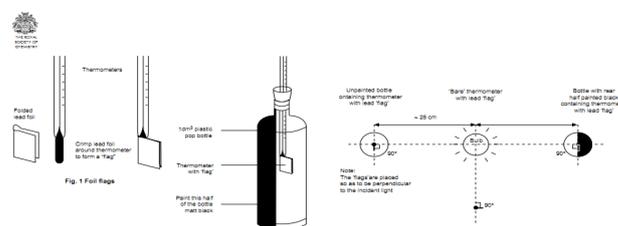


Figura 3. Simulação do efeito estufa com uma garrafa PET parcialmente pintada (Lister, 1995)

Dos 3 experimentos, apenas o primeiro (FULLER, 1993) manifestava a preocupação em acrescentar um gás estufa (dióxido de carbono) no recipiente. Mas ainda assim, ao invés do foco estar no efeito estufa, portanto na absorção de ultravioleta e sua conversão em infravermelho, a ênfase foi dada na capacidade do recipiente absorver radiação. Tem-se como um dos princípios básicos da espectroscopia, que um corpo negro absorve radiação em todos os comprimentos de onda, assim era de se esperar que ao se utilizar vidros escuros ou garrafas pintadas de preto uma maior quantidade de energia fosse absorvida pelo recipiente e portanto o aquecesse. Para que os experimentos realmente tratassem do efeito estufa, seria necessária a entrada da luz ultravioleta e visível e que esta fosse então convertida em infravermelho dentro do recipiente. Assim,

esses experimentos mostram apenas que alguns materiais absorvem mais calor do que outros, logo a diferença de temperatura observada nada tem a ver com o efeito estufa e sim com a capacidade que alguns materiais tem de absorver ou refletir luz (transmitância).

Quanto ao terceiro experimento (LISTER, 1995), apesar de explicar porque se deve pintar a garrafa de preto o autor não explica a razão da folha de chumbo especificamente em cima do bulbo do termômetro.

No quarto experimento, publicado no site da *Royal Meteorological Society*, coloca-se uma pequena quantidade de vinagre em dois frascos e em seguida bicarbonato de sódio em um deles. Ambos são fechados e colocados sob a luz de uma lâmpada e então passam a ter sua temperatura monitorada.

Além de não apresentar os resultados do experimento de forma a confirmar se há e qual a dimensão da diferença de temperatura entre ambos os recipientes, não há um conversor de luz no interior da garrafa, o que o qualifica como um falso efeito estufa.

Os dois últimos experimentos são nacionais, apresentados em congressos. Um como resumo simples nos anais da *Sociedade Brasileira de Química* (COSTA et al, 2007) e o segundo como resumo expandido nos anais do *Congresso Norte-Nordeste de Química* (CORDEIRO et al 2013).

No quinto experimento (COSTA et al, 2007) foi utilizado um recipiente transparente de plástico (pote de maionese de 2 kg) sendo em sua tampa fixada uma lâmpada com filamento de tungstênio de 40W e um termômetro. Na lateral do recipiente foi acoplada uma torneira de vidro que através de uma mangueira de silicone conecta-o a um kitassato. No kitassato é adicionado bicarbonato de sódio e ácido clorídrico e este então é fechado com uma rolha. Segundo o autor o CO₂ formado é transferido para o recipiente que estava sob vácuo.

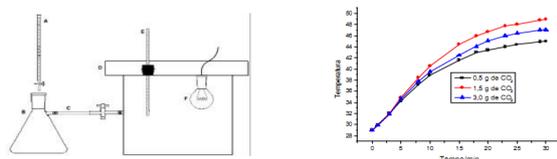


Figura 4. Simulação do efeito estufa e seus resultados (COSTA et al, 2007)

No sexto experimento (Figura 5) o Kitassato é ligado ao recipiente de vidro através de uma mangueira de silicone. Na tampa do recipiente foi colocado isopor para ajudar na fixação do termômetro e reduzir as trocas de calor com a vizinhança. O sistema ficou sob aquecimento através de uma lâ-

pada de 60W, primeiramente com ar. Na segunda etapa foi adicionado CO₂ através da reação entre 6 ml de HCl concentrado e 3 g de bicarbonato de sódio no kitassato. O CO₂ produzido se expande e a mangueira é fechada com uma chave inglesa para que o CO₂ não retorne ao kitassato. A temperatura é monitorada com aquecimento constante por 30 minutos. Neste momento a lâmpada é desligada e a temperatura continua a ser monitorada por mais 15 minutos (CORDEIRO et al, 2013).

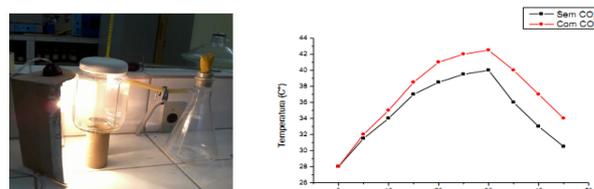


Figura 5. Simulação do Efeito Estufa e resultados (CORDEIRO et al, 2013)

Pode-se perceber que os experimentos 5 e 6 são muito similares. As diferenças consistem na localização da lâmpada e no material do recipiente, pois até a quantidade de CO₂ produzida nos experimentos é igual (1,5 g CO₂). Por fim, apresenta-se nestes experimentos o mesmo equívoco dos anteriores: a falta de uma superfície absorvedora de luz uv/uv-vis dentro do recipiente capaz de convertê-la em iv. Portanto, não se trata de uma representação do efeito estufa, mesmo que os resultados sejam bons o processo físico-químico aqui representado não é o desejado. Além deste há outros problemas, tanto no que diz respeito aos procedimentos quanto na discussão de ambos os trabalhos.

No experimento 5 (COSTA et al, 2007) uma lâmpada de tungstênio é colocada no interior do recipiente e próxima ao termômetro. Sabe-se que o filamento do tungstênio de uma lâmpada de 40W é aquecido a uma temperatura de aproximadamente 2000 oC. Logo a região em volta da lâmpada está em uma temperatura relativamente alta, o que compromete os resultados observados. Além disso, o autor alega que o pote de maionese (feito de plástico) estava sob vácuo, o que é irreal, pois se assim estivesse o mesmo teria implodido. Outra questão que deve ser levantada diz respeito à conclusão dos autores:

Pode-se observar claramente que a temperatura aumenta com a quantidade de CO₂ presente no recipiente (COSTA et al, 2007).

E isso “claramente” não pode ser observado, pois a temperatura com 3g de CO₂ foi inferior a temperatura com 1,5 g. Apesar do engano na escolha das palavras, e na falta de uma justificativa para o observado, apresentar os três dados é de extrema valia quando analisamos do ponto de vista da

filosofia da ciência. Muitos cientistas optam por omitir informações que depõe contra o desejado, o que atrasa o avanço da ciência, pois são as refutações que indicam onde, como e o que precisa ser melhorado na teoria.

Quanto ao experimento 6 (CORDEIRO et al, 2013) os autores alegam terem utilizado isopor na tampa para ajudar a fixação do termômetro e para diminuir a perda de calor tendo em vista que o isopor é um bom isolante térmico. O isopor é sim um bom isolante, entretanto em relação ao transporte de calor nesse experimento ele não tem função nenhuma pois sua área relativa é muito pequena perto da dimensão do recipiente que é feito de vidro e portanto um bom condutor. Outro equivoco é encontrado na discussão final :

(...) A absorção e emissão de energia entre as moléculas que provocam o efeito estufa ajudam a conservar o calor e manter a temperatura mais estável, semelhantemente acontece com o planeta Terra, sem os gases do efeito estufa, a Terra seria mais fria e a variação de temperatura entre o dia e a noite seria bem maior.

(...)Dessa forma, foi comprovado que ao adicionar CO₂ no sistema: a aceleração da temperatura ocorre mais rapidamente, a estabilidade ocorre em temperaturas maiores e a perda (sic) de calor diminui no momento que o sistema parar de receber energia externa (CORDEIRO et al, 2013).

Neste ponto, os autores consideram o efeito estufa como uma verdade absoluta, e mais, alegam que seu experimento tem a capacidade de comprovar/provar que a adição de CO₂ é capaz de ocasionar um aquecimento global. Como já explanado na introdução, não existe experimento capaz de fornecer uma verdade absoluta sobre qualquer teoria científica. Além disso, mesmo que o experimento fosse cuidadosamente realizado não seria possível em um pequeno recipiente reproduzir as condições atmosféricas planetária. Aumentar a concentração de um gás estufa (que hoje situa-se a nível de traço) pode implicar na mudança de outros fatores que são tão ou mais importante que este. Assim não é possível prever o que acontecerá caso haja uma exacerbação quantitativa de dióxido de carbono no planeta.

Por fim, nos experimentos 5 e 6 os autores alegaram que o recipiente estava preenchido com o dióxido de carbono, o que não pode ser afirmado tendo em vista que a massa de CO₂ produzidos nas reações é insuficiente para substituir todo o ar, sendo que para tal seria necessária a produção de ao menos o volume do kitassato mais o volume do recipiente (aproximadamente 6 g de CO₂) se considerarmos um volume total de 2,25 litros.

CONCLUSÃO

Os experimentos analisados não simulam o efeito estufa, pois se restringem a mostrar a capacidade de absorção de calor de alguns materiais. Entretanto, apesar da falha na construção dos modelos, os experimentos podem ser valiosos se o professor utilizá-los sob a perspectiva da filosofia da ciência e de experimentos investigativos. Descobrimos conjuntamente com os alunos as falhas e os equívocos, o que pode ser ou não melhorado na busca por evidências de um possível aquecimento global. Os experimentos podem ser utilizados como forma de contribuir com o aprendizado sobre uma investigação científica, assim como sobre o próprio significado de ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLÜCHEL, K.G. A fraude do efeito-estufa: aquecimento global, mudança climática: os fatos. Tradução: Hermann Lobmaier. 1ª edição. São Paulo: Publishing House Lobmaier, 2008.
- CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993.
- COSTA, L.L.; PEDROSO, C.P.; PRADO, A.G.S. Experimento didático para demonstração do efeito estufa. In: 30ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, Águas de Lindóia, Anais... Águas de Lindóia, 2007.
- CORDEIRO, D.O.; SILVA, J.E. da; ALMEIDA, C.L.A.; MARTINS, J.S. Simulação e avaliação do efeito estufa a partir da adição da CO₂ em um sistema fechado. In 5º CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 3º ENCONTRO NORTE-NORDESTE DE ENSINO DE QUÍMICA, Natal, Anais... Natal, 2013.
- FERNANDES, M.N.; SILVA, M.H.S. O trabalho experimental de investigação : das expectativas dos alunos às potencialidades no desenvolvimento de competências. Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências, v.4, n.1, p.45-58, set. 2004.
- FULLER, R.M.; Greenhouse Effect study Apparatus. The American Journal of Physics, v.41, n.3 ,p.448, mar,1973.
- LISTER, T. The Greenhouse Effect-1. In: Lister, T. Classic Chemistry Demonstrations. London: The Royal Society of Chemistry, 1995. (167-170).
- O'MARA, K. L.; JENNING, P. J. Greenhouse education: Jus Hot Air? Renewable Energy, v.22,n.1-3, p.127-133, 2001.
- Royal Meteorological Society. The Greenhouse Effect. Disponível em <<http://www.metlink.org/pdf/teenagers/experiments/greenhouse.pdf>>

Acesso em: 14/06/2013.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M.E.R. A Argumentação em uma atividade experimental investigativa no ensino médio de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis; ABRAPEC, 2009

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. A química no efeito estufa. Química Nova na Escola, n.8, nov, 1998.