

A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE O AGRAVAMENTO DO EFEITO ESTUFA

Guilherme Primac Costa ¹
Samuel Feitosa Vanique ²
Liana da Silva Resende ³
Carmen Fernandez ⁴

RESUMO

Este trabalho apresenta um relato de experiência sobre a construção e implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) acerca da composição química dos gases da atmosfera e de suas propriedades físico-químicas, desenvolvida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com o apoio de um bolsista do PIBID. Inicialmente, discutimos a relação entre a Alfabetização Científica e o Ensino de Ciências por Investigação, além de descrevermos as etapas que compõem uma SEI: i) problematização, que consiste na proposição de um problema com diferentes graus de liberdade para que os estudantes o resolvam; ii) sistematização, momento em que o professor intervém para organizar conceitualmente os conteúdos trabalhados; iii) avaliação formativa, voltada a compreender como os estudantes se apropriaram dos conceitos e a orientar novas intervenções; e, iv) contextualização, que busca ampliar a compreensão do objeto de estudo em diferentes contextos. A SEI foi planejada para ser desenvolvida em seis aulas com as seguintes etapas: 1) levantamento de conhecimentos prévios a partir de análise de textos negacionistas e de consenso científico sobre as mudanças climáticas, visando discutir normas e práticas que orientam a construção do conhecimento científico; 2) experimentos sobre a solubilização de gases em água e sobre a dimerização de óxidos de nitrogênio; 3) sistematização dos resultados e contextualização; 4) . experimento envolvendo aumento da temperatura de uma atmosfera com excesso de gás carbônico; 5) sistematização dos resultados do experimento; e 6) e) leitura e interpretação de um gráfico dinâmico com variáveis relacionadas às atividades humanas que intensificam o efeito estufa, acompanhada de uma avaliação das aprendizagens. Por fim, apresentamos produções dos estudantes e discutimos as potencialidades e fragilidades observadas na aplicação da SEI, destacando suas contribuições para o desenvolvimento da Alfabetização Científica.

Palavras-chave: Ensino de Química, Gases da Atmosfera, Efeito Estufa.

INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos para o Ensino de Ciências é o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) (Sjöström, 2024; Valladares, 2021). Quando pensamos em aulas de Química, Gilbert e Treagust (2009), propõem que ser alfabetizado em química envolve compreensão da natureza da química, como as normas e práticas que regem a

¹ Graduando pelo Curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo, guilhermeprimac1@usp.br

² Professor supervisor: mestre, Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo samuel.vanique@usp.br;

³ Graduanda pelo Curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo, liana.s_resende22@usp.br;

⁴ Professora orientadora: livre-docente, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, carmen@iq.usp.br





construção desse campo científico; o entendimento das principais teorias, conceitos e modelos da química; e, por fim, o entendimento e a criticidade das relações entre o desenvolvimento dos conhecimentos da química, os produtos tecnológicos advindos desses conhecimentos e a sociedade. Dessa forma, alfabetizar-se cientificamente, quando pensamos em aulas de Química, significa propor um processo de ensino que vá além da memorização dos cânones científicos desta área, mas que implique na tomada de decisões democráticas que visem o bem-estar comum, como a manutenção da vida na terra (Yacoubian, 2018).

Entretanto, a tomada de decisões de maneira crítica não é um mero exercício opinativo, requer um processo profundo de análise crítica de uma situação, como a proposição e execução de um plano de investigação (Osborne *et al.*, 2022; Carvalho, 2018). Tal ideia, pode ser trabalhada em sala de aula por meio de uma abordagem de ensino investigativa (Carvalho, 2018). Carvalho (2013), entende que o Ensino de Ciências por Investigação não tem como intuito que os alunos sejam mini-cientistas, mas sim, que possam vivenciar normas e práticas análogas à construção do conhecimento científico e, assim, permitir que os estudantes compreendam e vivenciem alguns elementos que constituem a cultura científica permitindo que possam se alfabetizar cientificamente.

A partir desses referenciais teórico-metodológicos, o seguinte relato de experiência tem como objetivo apresentar aspectos sobre a construção e implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) relacionada à composição química dos gases da atmosfera terrestre.

Para isso, iniciaremos apresentando a construção da SEI sobre a composição dos gases da atmosfera terrestre; em seguida, para a nossa análise, trouxemos alguns resultados da resolução dos problemas propostos aos estudantes; e, por fim, discutiremos algumas implicações dessa intervenção no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

É importante destacar que a seguinte intervenção foi proposta por um dos bolsistas do PIBID de Química em nossas reuniões semanais do núcleo e construída de maneira coletiva. Dessa forma, cada atividade aqui apresentada também possibilitou que esse estudante pudesse refletir sobre suas práticas pedagógicas em seu processo de formação inicial docente tanto no planejamento quanto na execução das atividades propostas.

Acreditamos que esse trabalho possa contribuir para reflexões sobre como pode ocorrer a implementação de atividades investigativas em aulas de Química ao se trabalhar com a química dos gases da atmosfera.





METODOLOGIA

As atividades foram desenvolvidas com duas turmas do primeiro Ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de São Paulo. As aulas de Química são desenvolvidas em uma sala de aula que contém um laboratório de química com diferentes materiais e reagentes. Cada turma é composta por 30 estudantes ($n=60$), entre 15 e 18 anos. Essa escola está vinculada a uma universidade pública e possui um sistema de entrada por sorteio, que é realizado no primeiro ano do Ensino Fundamental. Dessa maneira, as turmas são marcadas por sua heterogeneidade étnico/racial e de classe social. Assim, na mesma sala de aula há estudantes que necessitam de auxílio financeiro da instituição para alimentação, transporte e material didático, enquanto outros pertencem à classe média alta paulistana.

De acordo com Carvalho (2013, 2018) uma Sequência de Ensino Investigativa possui quatro atividades-chave: i) problematização, que corresponde a um problema com diferentes graus de liberdade dado aos estudantes para resolvê-lo; ii) sistematização, relacionada à intervenção do professor com o intuito de organizar conceitualmente os conteúdos trabalhados na SEI; iii) avaliação, de caráter formativo, com o intuito de avaliar como os estudantes compreenderam o assunto desenvolvido e deve servir como disparador para as intervenções que deverão ser realizadas posteriormente a esse momento; e, por fim, iv) contextualização, com a proposição de que os estudantes possam entender o objeto de estudo em diferentes contextos. A autora (Carvalho, 2013), enfatiza que as atividades não precisam ser desenvolvidas nessa ordem e, tampouco, se limitar a somente esse tipo de atividades, mas que uma SEI em algum momento deverá ser caracterizada por tais momentos em sua construção.

A escolha dos gases da atmosfera como tema da nossa Sequência de Ensino Investigativa se deu pelo fato de termos trabalhado previamente com a turma as propriedades gerais dos gases da atmosfera e as leis ponderais. Nesse momento do curso, iniciamos os trabalhos relacionados ao agravamento das mudanças climáticas por fatores antropocêntricos. A tabela 1 apresenta um resumo das atividades que foram realizadas com os estudantes.



Tabela 1 – Resumo das atividades da SEI sobre os Gases do Efeito Estufa (GEE)

Atividade	Título	Breve descrição	Momento da SEI
1	Levantamento de conhecimentos prévios.	Os estudantes deveriam identificar, a partir da análise de um gráfico, os fatores que contribuíram para a transformação da atmosfera primitiva até a composição química atual. Em seguida, os alunos realizaram a leitura de dois textos, com análises controversas entre si, relacionados às mudanças climáticas, tendo que, ao realizar a leitura identificar as informações verdadeiras e falsas e por fim se posicionar diante do que lhe foi apresentado.	Proposição de problema e contextualização
2	Experimento sobre a solubilização de gases em água e dimerização de óxidos de nitrogênio.	<u>Experimento 1: Garrafa Azul.</u> Aqui os estudantes realizaram uma atividade que evidencia a solubilidade de gases em água. <u>Experimento 2: Gases de Nitrogênio.</u> A atividade apresenta o NO ₂ (de cor castanha avermelhada) sendo transformado em N ₂ O ₄ (incolor) e voltando à substância inicial conforme a mudança de temperatura.	Proposição de problema
3	Discussão dos resultados do experimento anterior e problematização do aumento dos GEE.	Nesse encontro, o professor discutiu com os estudantes, os resultados obtidos nos experimentos anteriores. Para isso, o professor realizou uma sistematização, por meio de visualizações submicroscópicas, sobre como os gases se solubilizam em água e propôs uma reflexão do problema do aumento de GEE nos oceanos, além de discutir a relação entre alterações na estrutura molecular devido às condições de temperatura.	Sistematização e contextualização.
4	Experimento sobre o aumento da temperatura de uma atmosfera com excesso de gás carbônico.	<u>Experimento: a temperatura de uma atmosfera com gás carbônico.</u> Foi realizada uma demonstração investigativa na qual o professor questionou os estudantes como poderiam verificar se o gás carbônico de fato contribui para o aquecimento da atmosfera terrestre.	Proposição de problema
5	Sistematização do experimento anterior e correção das atividades realizadas.	Durante esse encontro os estudantes foram divididos em quatro grupos e em seguida ocorreu a distribuição de quatro textos diferentes para que eles pudessem ler em seus pequenos grupos e, ao final da aula, sistematizar para a sala o que foi lido.	Sistematização e contextualização
6	Avaliação: Construindo futuros alternativos	Durante essa atividade, os estudantes foram desafiados a construir simulações realistas sobre quais variáveis intensificam o agravamento da temperatura global por meio de um simulador do MIT intitulado <i>Em-Roads (Climate Interactive⁵)</i> .	Avaliação.

Fonte: Autoria nossa

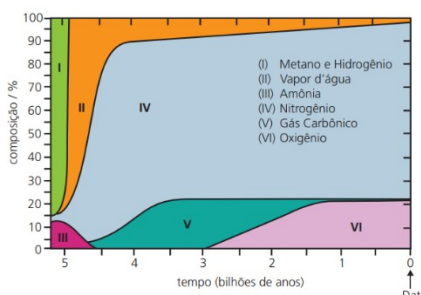
A nossa SEI foi pensada de tal maneira que pudesse contruir com os estudantes uma cronologia da composição química da atmosfera terrestre desde a atmosfera primitiva até os fatores antrópicos atuais que influenciam na sua composição atual. Para isso, no primeiro

⁵ Disponível em: <<https://www.climateinteractive.org/en-roads/>> Acesso em 17 out. 2025.



encontro os estudantes receberam um gráfico, disponibilizado na Figura 1, que representava a composição química da atmosfera terrestre há 5 bilhões de anos, com prevalência de metano, hidrogênio, amônia e nitrogênio, chegando até a data atual. Foi solicitado que os alunos descrevessem o gráfico e construíssem um modelo submicroscópico (Gilbert, Treagust, 2009) capaz de diferenciar as substâncias que compõem a atmosfera.

Figura 1 – Gráfico sobre a composição química da atmosfera



Fonte: Museu de Topografia UFRGS – Glaciações. Disponível em: <
<http://museudetopografia.ufrgs.br/museudetopografia/images/acervo/artigos/Glaciaes.pdf>> Acesso em 15 out. 2025.

Ao final da atividade foi entregue um texto da Organização das Nações Unidas (ONU) (UN, 2024) que indicava que os países precisam reduzir cerca de 42% das emissões de GEE para evitar um colapso climático e um texto de um meteorologista negacionista das mudanças climáticas negando o efeito estufa e as mudanças climáticas (Molion, 2008). Os estudantes deveriam selecionar quais eram os trechos que eles consideravam confiáveis e quais os trechos que eles não consideravam confiáveis para que no fim do encontro o professor pudesse discutir um pouco sobre como avaliar a confiabilidade de textos envolvendo conceitos científicos (Osborne *et al.*, 2022).

Em relação à segunda atividade o professor leu os roteiros experimentais do experimento da garrafa azul que discute a dissolução do ar atmosférico em água (Arroio, 2006), no qual pudemos perceber um alto grau de engajamento dos estudantes na realização da atividade. O segundo experimento consistia na dimerização do gás NO_2 em N_2O_4 , por meio de uma reação entre um fio de cobre com ácido clorídrico. Foi solicitado que os estudantes formassem um modelo submicroscópico para explicar os fenômenos observados, de modo a se apropriarem desse recurso linguístico da Química (Gilbert, Treagust, 2009). A justificativa da utilização desse recurso pedagógico se dá pelo fato de que um dos nossos objetivos principais é o desenvolvimento da Alfabetização Científica, e isso implica no contato dos





estudantes com as normas e práticas que regem o conhecimento científico, como a linguagem argumentativa (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Na terceira atividade, o professor conversou com os alunos sobre o que são os Gases do Efeito Estufa e sua relação com as observações experimentais anteriores. Para isso, iniciou a aula relembrando com os alunos o que eles observaram nos experimentos anteriores e como eles construíram as explicações propostas. Em seguida, o professor apresentou os principais GEE (CO_2 , CH_4 e CFC's) e sistematizou, com o auxílio de recursos visuais, o que é a camada de GEE e como ela permite a manutenção da vida na Terra.

No quarto encontro, o professor apresentou a seguinte questão de pesquisa para os estudantes: Como podemos realizar um experimento que comprove que o aumento da quantidade de gás carbônico na atmosfera provoca um aumento no efeito estufa? A partir de perguntas mediadoras, como o que poderia ser feito com o aparato experimental disponível (balões volumétricos, bicarbonato de sódio, ácido acético, termômetro e lâmpada de radiação infravermelha), o professor realizou uma investigação demonstrativa (Carvalho, 2013), na qual os estudantes planejaram e executaram um experimento capaz de comprovar a relação entre o CO_2 e o efeito estufa. Tal aparato experimental foi pensando a partir do experimento proposto por Eunice Newton Foot (Pastor-Saavedra, Rodríguez-Camino, 2021). Na garrafa com uma atmosfera rica em gás carbônico houve uma maior variação crescente da temperatura e um maior tempo para que a temperatura dos gases da garrafa voltasse ao normal.

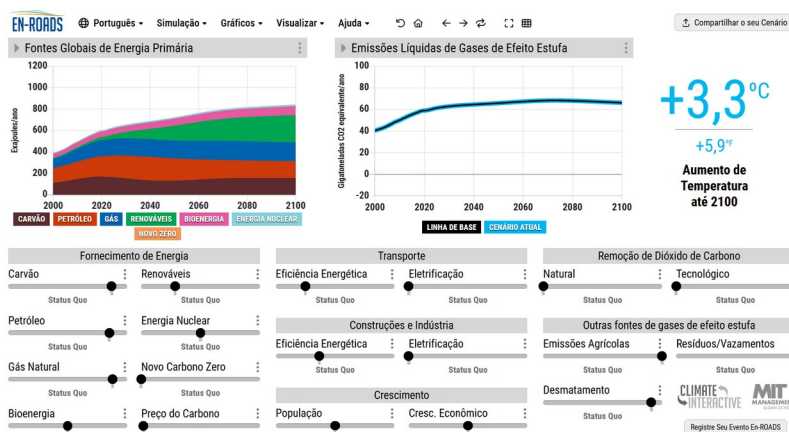
Já no quinto experimento, se pretendeu desenvolver uma explicação relacionada ao efeito estufa por meio dos modos vibracionais moleculares. Para isso, o professor retomou o experimento da aula anterior. Em seguida, dividiu a turma em quatro grupos no qual cada grupo tinha a tarefa de sistematizar um texto e construir com a turma uma sistematização coletiva. O primeiro texto descrevia o que é uma estufa, como a existência da atmosfera terrestre já provocava uma estufa natural e que a existência desse fenômeno permitiu a ocorrência da vida no planeta. Em relação ao segundo texto, os estudantes avaliaram como o CO_2 , CH_4 e CFC's se relacionam com o agravamento do efeito estufa, seja pela absorção da radiação infravermelha seja pelas quebras de ligações na camada de ozônio. O terceiro texto discutia como a dissolução de CO_2 nos oceanos provoca alterações no ecossistema marinho. O quarto texto relacionava o aumento da concentração de gás carbônico com o modo de vida da sociedade humana, principalmente a partir da segunda metade do século XX e como isso



intensificou um aumento da temperatura, no planeta. Após cada grupo ler o seu texto, houve um tempo de apresentação para toda a sala com a sistematização na lousa sobre cada um dos assuntos lidos. Por fim, por meio de uma explicação dos modos vibracionais moleculares, construiu-se uma explicação científica a respeito da absorção de radiação infravermelha e os estados vibracionais moleculares. Ao final do encontro, o professor devolveu todas as fichas das atividades anteriores e os estudantes puderam realizar as devidas correções.

No sexto encontro, os estudantes foram até o laboratório de informática da escola e responderam três questões relacionadas ao simulador *En-Roads Climate Solutions* (Climate Interactive, 2019). Esse simulador é um modelo que possibilita a exploração de diferentes variáveis relacionadas às atividades humanas, como industrialização, alterações em impostos, desmatamento, entre outras, com o aumento da temperatura do planeta. A imagem 2 apresenta a página inicial do simulador.

Imagem 2 – Simulador *En-Roads Climate Solutions*



Fonte: Climate Interactive (2019). Disponível em: < <https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?v=25.10.0&lang=pt> > Acesso em 15 out. 2025.

Nessa atividade avaliativa, os estudantes deveriam construir um cenário realista para que o aumento da temperatura do planeta não ultrapassasse em 1,5°C até 2100 (IPCC, 2023), argumentassem os motivos pelos quais esse simulador poderia ser confiável e escolher e justificar quais foram as duas variáveis que eles mais consideraram que alterou a temperatura global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Como possuímos atividades de distintas naturezas, trouxemos a seguir um exemplo de resolução de cada uma das fichas entregues aos estudantes, para que possamos explorar o resultado com os objetivos de aprendizagem de cada atividade.

As imagens 3 e 4 apresentam a resposta de um grupo de estudantes em relação à primeira atividade, que descreve o histórico da atmosfera terrestre para a questão

Imagem 3 – Resposta de um grupo sobre a composição da atmosfera – Atividade 1.

a) O gráfico apresenta a composição atmosférica ao longo do tempo. Quais observações podemos realizar a partir do gráfico?

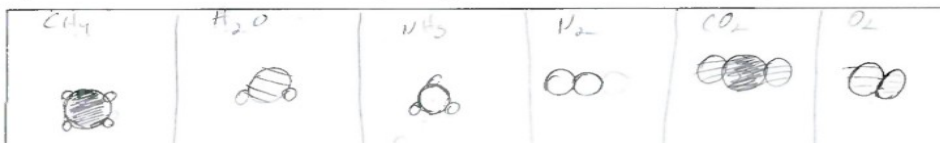
Podemos realizar que o gás Nitrogênio teve um grande aumento a partir de 5 bilhões de anos, o vapor d'água diminuiu ao longo dos anos e amônia só durou por 1 bilhão de anos. O oxigênio passa a crescer a partir de 3 bilhões de anos.

Legenda: Podemos realizar (sic) que o gás Nitrogênio teve um grande aumento a partir de 5 bilhões de anos, o vapor d'água diminuiu ao longo dos anos e a amônia só durou por 1 bilhão de anos. O Oxigênio passa a crescer a partir de 3 bilhões de anos.

Fonte: Autoria nossa

Imagem 4 – Resposta de um grupo sobre a composição da atmosfera – Atividade 1.

b) Construa um modelo submicroscópico capaz de diferenciar as substâncias presentes no gráfico.



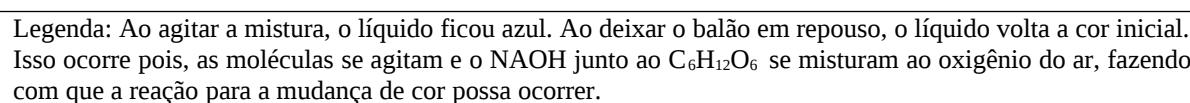
Fonte: Autoria nossa

Em relação à imagem três o grupo faz referência sobre como ocorreram mudanças na composição química da atmosfera primitiva em relação à atmosfera atual. Já na imagem 4 houve um cuidado do grupo em estabelecer uma coerência interna nos modos de representação submicroscópica, por exemplo, o tamanho dos átomos e suas cores/grifos.

Por sua vez, a imagem 5 apresenta a resposta de um estudante para o experimento sobre a solubilidade dos gases em água (garrafa azul) e a imagem 6 para o experimento da dimerização de óxidos nitrosos – experimentos da segunda atividade.

Imagem 5 – Resposta de um estudante para o experimento da garrafa azul – Atividade 2.





Correção (texto em azul): ao agitar, o oxigênio se mistura com a água e ocorre a reação, o oxigênio e a mistura se separam, deixando o líquido transparente novamente.

Imagem 6 – Resposta de um estudante para o experimento dimerização de óxidos nitrosos – Atividade 2.



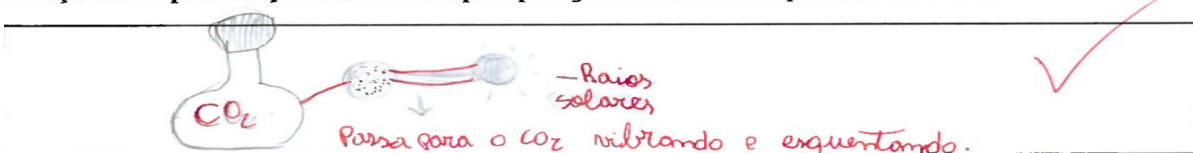
A imagem 7 apresenta a resposta de um estudante a respeito do experimento que trata da absorção de radiação infravermelha por GEE.

Atividade 4.

- Por que o CO_2 fez a segunda garrafa ficar mais quente a primeira?

A radiação foi absorvida pelo CO_2 . Da uma vibração vinda e aquece o CO_2 .

- Faça uma representação submicroscópica para justificar a sua resposta do item anterior.



Legenda (questão 1): A radiação foi absorvida pelo CO_2 . (Em vermelho indicando correção): Da uma vibrada e aquece CO_2 .

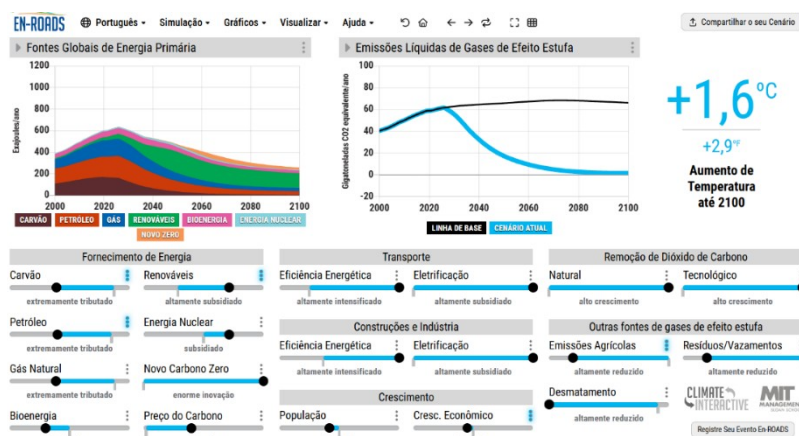
Legenda (questão 2 – em vermelho indicando correção): Passa para o CO_2 vibrando e esquentando.

Fonte: Autoria nossa.

Apesar de na primeira representação não haver um concatenamento das ideias da relação entre os estados vibracionais do CO_2 com a radiação infravermelha, podemos perceber a compreensão do estudante por meio de sua representação submicroscópica do fenômeno, o que indica a necessidade de que os estudantes possam se expressar em diferentes tipos de linguagem durante aulas de Ciências, no caso da Química, por meio de representações do nível submicroscópico (Gilbert, Treagust, 2011).

Por fim, a imagem 8 e a tabela 2 apresentam a resposta de um estudante para a atividade avaliativa sobre as mudanças climáticas.

Imagem 8 – Resposta de um aluno para a avaliação de simulação computacional – Atividade 6.



Fonte: Autoria

nossa.

Tabela 2 – Resposta de um aluno para a avaliação de simulação computacional – Atividade 6.

1-Sobre a confiabilidade

No meu ponto de vista, as previsões desenvolvidas por esse simulador são parcialmente confiáveis pois além de considerar variáveis antiéticas, não leva em consideração fatores políticos, culturais etc. que impactam diretamente na execução das variáveis. Por exemplo: mesmo com o plano de aumentar o preço do carbono, isso não garante que as empresas aceitem e consigam implementar essa ferramenta no mercado devido a



alguns prejuízos econômicos que algumas podem sofrer - o que pode impactar inclusive diretamente o consumidor. A diminuição do desmatamento, por exemplo, depende exclusivamente de medidas governamentais e regulamentações, o que pode não ser aceito em alguns lugares especialmente por fatores econômicos, tal como a diminuição de resíduos e vazamentos e emissões de produções agrícolas que dependem exclusivamente das ações de seus produtores e seu - possivelmente - difícil percentual de flexibilidade em relação às mudanças propostas. Portanto, como o simulador não consegue prever o nível de aceitação de cada demanda e considera medidas antiéticas que não podem ser realizadas - como a diminuição arbitrária da população - , não considero ele completamente confiável.

2- Sobre as variáveis

Considero as variáveis mais importantes a eletrificação de transportes, construções e indústrias que consequentemente contribuem com o aumento da eficiência energética, porque diminuem a dependência de combustíveis fósseis, reduzem o consumo de energia e diminuem seu custo pois economizam em recursos, e assim, diminuem a emissão de gases de efeito estufa que intensificam negativamente o aquecimento global. Também o preço do carbono, pois ao impor um preço elevado ao carbono os governos e empresas precisam diminuir suas emissões, aumentando a busca por fontes de energia sustentáveis e não poluentes, diminuindo suas contribuições para o aquecimento global. Além dessas duas, uma variável que também considero de grande impacto é a redução do carbono natural pois é um fator natural que ajuda muito para a redução de gases de efeito estufa na atmosfera, a principal causa dos aumentos de temperaturas.

Fonte: Autoria nossa.

Percebe-se que o estudante conseguiu interpretar as limitações de um modelo científico e projetar um cenário capaz de frear o aumento exponencial da temperatura do planeta, indicando um alto nível de argumentação por meio da utilização de contra-argumentos (Jiménez-Aleixandre, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste trabalho era apresentar um relato de experiência que tinha como objetivo desenvolver a Alfabetização Científica dos estudantes por meio da elaboração e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa. Acreditamos que conseguimos concluir tais objetivos ao propor em nossa SEI atividades consideradas essenciais para uma SEI (problematização, sistematização, avaliação e contextualização).

Da mesma forma, por entendermos que um dos indicadores de alfabetização científica é a argumentação dos estudantes e a análise de seus próprios entendimentos (Jiménez-Aleixandre, 2010), podemos considerar que o objetivo formativo foi desenvolvido devido à sofisticação dos argumentos e correções necessárias por parte dos alunos.

AGRADECIMENTOS





À Capes e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) por oportunizar a participação dos bolsistas na construção e implementação dessa atividade. Agradecemos ainda ao apoio do CNPq (Processo #312017/2021-9).

REFERÊNCIAS

(UN) United Nations. ONU: países precisam reduzir 42% das emissões de gases de efeito estufa para evitar aumento da temperatura. **Nações Unidas Brasil**, 21 maio 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/281962-onu-pa%C3%ADses-precisam-reduzir-42-das-emiss%C3%B5es-de-gases-de-efeito-estufa-para-evitar-aumento>. Acesso em: 15 out. 2025.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**. v. 18. n. 3. p. 765–794. 2018 <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: **Cengage Learning**, cap. 1, p. 1-20. 2013.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. (eds). Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education, vol. 4. Dordrecht: **Springer**, 2009.

IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. **IPCC**, Geneva, Switzerland, 36pages. (in press). 2023.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. 10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: **Graó**. 2010.

MOLION, L. C. B. Reflexões sobre o efeito-estufa. Maceió: **Universidade Federal de Alagoas – Instituto de Ciências Atmosféricas**, 2020. Disponível em: https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/REFLEX%C3%95ES_EFEITO-ESTUFA_V2.pdf. Acesso em: 15 out. 2025.

OSBORNE, J., PIMENTEL, D., ALBERTS, B., ALLCHIN, D., BARZILAI, S., BERGSTROM, C., COFFEY, J., DONOVAN, B., KIVINEN, K., KOZYREVA, A., & WINEBURG, S. Science Education in an Age of Misinformation. Stanford, CA: **Stanford University**, 2022.





PASTOR-SAAVEDRA, A.; RODRÍGUEZ-CAMINO, E. Eunice Newton Foote: pionera en la ciencia del clima. **Revista Tiempo y Clima**, v. 5, n. 71, 2021.

SJÖSTRÖM, J. Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasizing the ethico-socio-political and relational-existential. **Studies in Science Education**, v.61, n. 2, p. 239–274. 2024.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation. **Science & Education**, v. 30, 2021.

YACOUBIAN, H. A. Scientific literacy for democratic decision-making. **International Journal of Science Education**, n. 40, v. 3, p. 308–327. 2017.

