

MOBILIZANDO PENSAMENTO CRÍTICO EM AULAS DE QUÍMICA: ANÁLISE DE RESPOSTAS DE ESTUDANTES A UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA

João Pedro Santos Coutinho¹, Lúcia Helena Sasseron²

¹ Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, joaocoutinho@usp.br

² Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, sasseron@usp.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a propagação de desinformação associada a tópicos científicos tem atingido proporções alarmantes (Osborne *et al.*, 2022). Com o advento de tecnologias de Inteligência Artificial Generativa, que facilitam a produção de informações falsificadas e manipuladas (UNESCO, 2024), esse problema se torna ainda mais relevante para a área de Educação em Ciências. Diante disso, uma das proposições da área é o desenvolvimento de Pensamento Crítico (PC) por estudantes, que prepararia os estudantes para avaliar a credibilidade de informações (Jiménez-Aleixandre; Puig, 2022).

O desenvolvimento de PC no contexto da Educação em Ciências é referendado pela perspectiva formativa da Alfabetização Científica (AC), especialmente sua concepção alinhada à Transformação Social (Valladares, 2021). Essa concepção defende a adoção de estratégias didáticas que busquem permitir que os estudantes se apropriem de aspectos éticos das atividades sociais, incluindo a científica, a fim de que realizem análises pautadas no PC para a construção de consenso e tomada de decisões.

Buscando promover espaços de aprendizagem propícios para o desenvolvimento da AC, há a adoção de abordagens como o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI). Essa abordagem, por sua vez, está associada ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica, e se consolida por meio qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação e o entendimento sobre o que é a investigação científica sejam colocados em prática e realizados por estudantes a partir e por meio das orientações do docente (Sasseron, 2015; Sasseron *et al.*, 2025).

Reconhecendo as relações entre o PC, a AC e o EnCI, a investigação da mobilização de PC por estudantes em aulas que seguem pressupostos do EnCI se evidencia como relevante. Porém, há diferentes perspectivas em relação à caracterização de PC, envolvendo seu significado, componentes e como desenvolvê-los (Jiménez-Aleixandre; Puig, 2022; Kuhn, 1999). Diante disso, explicitamos que neste trabalho estamos levando em consideração a caracterização de PC proposta por Jiménez-Aleixandre e Puig (2022), que segmenta o PC em quatro componentes divididos em duas dimensões.

A primeira dimensão (A), associada à prática de argumentação, possui dois componentes. O primeiro, **habilidades cognitivas e epistêmicas**, engloba o uso de critérios e evidências para avaliar os conhecimentos. O segundo, **disposição crítica**, envolve aspectos afetivos da identidade de um sujeito que o possibilitam incentivem buscar informações científicas e questionar a autoridade caso apareçam evidências refutatórias a ela. Essa dimensão está conectada à formação de um julgamento fundamentado.

A segunda dimensão (B), relacionada à cidadania e à emancipação social, também possui dois componentes. O primeiro componente dessa dimensão, **opinião independente**, está relacionado à análise crítica de discursos que justificam a desigualdade. O segundo componente dessa dimensão, **ação crítica**, engloba ações que buscam a transformação social. Essa dimensão, por sua vez, associa-se à participação cívica e à justiça social.

Diante das discussões prévias, este estudo tem como objetivo *investigar quais dimensões de PC são mobilizadas por estudantes ao responderem uma atividade na disciplina de Química que seguiu pressupostos do EnCI a partir da exploração de um simulador associado ao aumento da temperatura média global com o decorrer do tempo.*

METODOLOGIA

Este estudo utiliza uma abordagem qualitativa, uma vez que desejamos identificar as nuances do pensamento subjetivo, compreendendo que ele motiva diversos participantes em um contexto (Erickson, 2012). A produção de dados desta pesquisa ocorreu em uma escola pública de São Paulo (Brasil), na disciplina de Química, em duas turmas que totalizavam 52 estudantes do primeiro ano do ensino médio (14 a 18 anos) de diferentes classes sociais e etnias. De forma geral, os dados desta pesquisa estão integrados a um projeto de pesquisa mais amplo e representam uma só atividade pertencente a um de três grandes blocos constituídos, que permearam um ano letivo completo.

O bloco ao qual a atividade que será analisada neste trabalho pertence envolvia a avaliação de informações sobre a crise climática. Ela foi a primeira aula da sequência didática intitulada “As variáveis que influenciam nas mudanças climáticas”. Nesta aula, os estudantes foram ao laboratório de informática da escola e receberam um roteiro com questões buscando orientar a investigação que seria realizada. Na atividade, os estudantes se dividiram em 12 grupos ao todo e exploraram o Simulador *EnROADS Climate Solutions* (Versão 23.8.0; Climate Interactive; MIT Sloan, 2023), que é um modelo de simulação desenvolvido pela Iniciativa de Sustentabilidade Sloan do MIT (Massachusetts Institute of Technology). Esse modelo possibilita a exploração de cenários focados em como alterações em impostos, subsídios, proeminência de diferentes fontes de energia e outros fatores podem alterar as emissões globais de carbono e a temperatura do planeta.

O roteiro possuía duas questões. O enunciado da primeira questão é “O *simulador En-Roads Climate Solutions* foi criado em parceria com a *Iniciativa de Sustentabilidade Sloan* do MIT. No seu ponto de vista, as previsões desenvolvidas por esse simulador são parcialmente ou totalmente confiáveis? Justifique.”. Já o enunciado da segunda questão é “Aponte duas variáveis presentes no simulador *En-ROADS Climate Solutions* que considera mais importantes de serem alteradas para que a meta proposta pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climática (IPCC)¹ seja alcançada. Explique de que maneira a alteração de tais variáveis podem influenciar na temperatura global.”.

Neste estudo, os dados analisados são as respostas dos grupos de estudantes às questões, que foram recolhidas e digitalizadas. Para guiar a análise, elaboramos o Quadro 1, com base na definição de Jiménez-Aleixandre e Puig (2022) e com base no escopo da atividade investigada, com uma sistematização de possíveis indicadores da mobilização das dimensões de PC na resposta dos diferentes grupos. Considerando que a divisão em componentes envolve elementos identitários, axiológicos e atitudinais, a investigação desses componentes apenas pelas respostas dos estudantes em grupo não seria possível, logo, optamos por investigar a mobilização de PC no nível mais abrangente das dimensões.

Quadro 1. Sistematização das categorias de análise com as dimensões de Pensamento Crítico

Dimensão do Pensamento Crítico	Indicadores de mobilização de ações da dimensão
A. Argumentação	• Explicita critérios plausíveis para atestar a confiabilidade do simulador; • Fundamenta as alegações por meio de evidências; • Leva em consideração o conceito de consenso científico.
B. Cidadania e Emancipação Social	• Desafia a autoridade da fonte dos dados de forma fundamentada; • Avalia riscos e consequências do problema para a coletividade; • Aponta como as variáveis estão à mercê do atual sistema político-econômico

Fonte: Adaptado de Jiménez-Aleixandre e Puig (2022)

Obedecendo às boas práticas científicas, o projeto de pesquisa que sustentou a coleta de dados foi submetido à Plataforma Brasil, garantindo sua avaliação por um comitê de ética (CAAE: 83931524.3.0000.5464). Dentre as várias ações necessárias, ressaltamos que, durante a coleta de dados, houve o compromisso em informar aos sujeitos que participaram da coleta de dados os detalhes do estudo, em especial, a ausência de riscos, oferecendo-lhes a possibilidade de que possam solicitar a exclusão de seus dados a qualquer momento ao longo da coleta. Manifestando concordância em participar da pesquisa, o professor da turma e os responsáveis pelos estudantes

¹ Na época, a meta proposta pelo IPCC envolvia impedir que a temperatura média global ultrapasse 1,5°C até o ano de 2100.

assinaram TCLE (termo de consentimento livre e esclarecido) e os próprios estudantes assinaram TALE (termo de assentimento livre e esclarecido).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizamos a análise das respostas dos 12 grupos às duas questões da atividade, de modo que, quando pelo menos um dos indicadores de uma das dimensões era evidenciado, classificamos a resposta com a letra que representava aquela dimensão, podendo ambas as dimensões serem mobilizadas. Finalizada a análise, organizamos, no Quadro 2, o resultado das categorizações seguindo os indicadores.

Quadro 2. Dimensões de Pensamento Crítico mobilizadas nas respostas dos grupos às questões

Grupos	Dimensões Apresentadas											
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
Questão 1	A; B	-	A	A	A; B	-	-	A	-	-	-	A
Questão 2	-	A	-	-	A	A	A	A	A	-	A	A; B

Fonte: Elaboração própria

Em relação às respostas à primeira questão, que possuía como foco a discussão sobre a confiabilidade de um simulador que provém de uma das instituições científicas mais prestigiadas atualmente, percebemos que metade dos grupos não mobilizou nenhuma das dimensões. Entendemos que isso possa ser explicado pelo fato de os grupos compartilharem os próprios pontos de vista sem preocupação em levantar uma justificativa que embasasse essas perspectivas. Como exemplo, trazemos a resposta do grupo 7 à primeira questão: “Em nosso ponto de vista, as previsões não são totalmente confiáveis porque não há como prever o futuro com 100% de certeza.”

A dimensão associada à argumentação foi mobilizada pela outra metade dos grupos ao responderem essa questão. Os grupos mobilizaram essa dimensão ao explicitar os critérios que consideraram para determinar a confiabilidade. O grupo 3, por exemplo, leva em consideração o prestígio da instituição e a especialidade das pessoas envolvidas, escrevendo a seguinte resposta: “São totalmente confiáveis porque é o site de uma universidade respeitada e são especialistas no assunto.”. Além disso, dois desses grupos não só mobilizaram a dimensão que envolve a argumentação, mas também a dimensão associada à cidadania e à emancipação social. Temos como exemplo a resposta do grupo 1: “Provavelmente são confiáveis, mas não totalmente, pois o site é um simulador e as mudanças no modo de vida descrito no site dependem muito mais de política do que de decisões feitas por cientistas.” Esse grupo reconhece que, apesar de o simulador ser criado em um contexto científico, quem realmente pode mudar ou não a situação é quem tem poder político. O grupo 5 tem uma ideia semelhante, e explicita que as conclusões do simulador são baseadas no consenso científico, além de considerar a variável econômica, debatendo se as indústrias aceitariam certas mudanças propostas: “Achamos que as

previsões são parcialmente confiáveis porque é uma previsão e conclusões feitas com o consenso científico, mas na prática consideramos que podem haver algumas variações e na prática os efeitos previstos podem ser menores ou maiores e nem todos os "itens" que poderiam diminuir o aquecimento global como as indústrias aceitarem usar outros métodos na produção podem não acontecer na prática."

No que diz respeito às respostas à questão 2, era pedido aos estudantes para listarem duas variáveis do simulador que auxiliassem na diminuição da temperatura média, assim como solicitava que os estudantes justificassem por que a alteração dessas variáveis é importante. Em nossa análise identificamos que quatro grupos não mobilizaram nenhuma das dimensões. Em todos os casos isso está vinculado a alguma incompreensão ou incompletude conceitual. O grupo 10, por exemplo, respondeu da seguinte forma: "Aumento do preço do carbono e diminuição da emissão de gás metano. Com o aumento no preço do carbono utilizaríamos menos formas e objetos que emitissem gás, e a diminuição do gás metano aumenta o efeito estufa na Terra." O gás metano é um dos principais gases do efeito estufa, portanto a sua diminuição não aumenta o efeito estufa na terra, pelo contrário. Os demais oito grupos mobilizaram a dimensão associada à argumentação. Isso já era esperado, pois a própria questão direciona os estudantes a considerarem uma evidência do simulador para fundamentar suas respostas. Dessa forma, grupos que listaram as variáveis e fundamentaram essa escolha corretamente mobilizaram essa dimensão. Como exemplo, trazemos a resposta do grupo 2: "Uma delas é aumentar a energia nuclear que é considerada a mais limpa de todas, apesar de ser a mais perigosa. E a outra é baixar os níveis de petróleo e carvão, pois são as fontes de energia mais poluentes e as mais usadas." Por fim, apenas o grupo 12 mobilizou ambas as dimensões ao responder essa questão: "As principais variáveis a serem alteradas para se limitar a temperatura a 1,5 °C até 2100 são: carvão, mercado petrolífero e o preço do carbono, pois são questões que impactam diretamente as mudanças climáticas. Outra variável seria o desenvolvimento econômico em países de 3º mundo que reduziriam a queima de combustíveis fósseis como fonte de energia e a substituíram pelo uso de energia limpa e renovável." O grupo listou algumas das variáveis presentes no próprio simulador, como "carvão, mercado petrolífero e o preço do carbono", mas eles subvertem uma das variáveis de "desenvolvimento econômico" do simulador, que foca no norte global, e discutem como o desenvolvimento econômico de países marginalizados no sistema político-econômico pode auxiliá-los a usar fontes de energia mais sustentáveis.

De forma geral, percebemos uma grande proeminência da dimensão de argumentação em detrimento da dimensão de cidadania e emancipação social. Esse resultado se alinha com outros estudos da literatura (Davies; Barnett, 2015; Jiménez-Aleixandre; Puig, 2022; Kuhn, 2019) que debatem como as habilidades cognitivas e epistêmica associadas ao PC costumam ser

priorizadas em detrimento às disposições e compromissos com a transformação social, envolvendo atitudes e valores imbuídos de criticidade.

Além disso, percebemos que a questão que possuía um caráter mais opinativo, pedindo o ponto de vista dos estudantes, foi a que mais apresentou respostas sem mobilizar nenhuma das dimensões. Esse resultado é relevante pois traz indícios que os estudantes possuem mais dificuldade em utilizarem dados científicos para fundamentar suas opiniões do que em responder questões que pedem diretamente para eles discutirem questões científicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou investigar quais dimensões de PC são mobilizadas por estudantes ao responderem uma atividade que seguia os pressupostos do EnCI. Considerando isso, identificamos a mobilização da dimensão de argumentação com mais frequência do que a dimensão de cidadania e emancipação social. Além disso, percebemos que dificuldades conceituais e de vincular evidências às alegações foram os principais motivos para a ausência da mobilização das dimensões.

Reconhecemos que este estudo possui limitações. Uma delas associada à investigação da mobilização do PC a partir da análise apenas de textos e não de interações discursivas, considerando que o PC também pode ser considerado uma prática dialógica, podendo ser evidenciado através da análise do discurso (Kuhn, 2019). Além disso, o instrumento de análise apenas oferece indícios da mobilização ou da ausência de uma dimensão em uma resposta, sem oferecer outras possibilidades de análise, como a identificação de possíveis níveis de mobilização do PC, além do próprio processo de análise sofrer viés e influência por quem o realizou. Em relação ao enunciado das questões, compreendemos que eles não necessariamente requerem a mobilização dos indicadores associados à dimensão de cidadania e emancipação social, o que pode explicar sua baixa incidência.

Apesar disso, os resultados ainda são relevantes pois evidenciam a necessidade de que a participação cívica, a transformação social e a justiça social sejam levadas para a sala de aula através da discussão de questões complexas e controversas, uma vez que a dimensão relacionada a tais questões foi a que os estudantes mais apresentaram dificuldades e, dessa forma, estaríamos nos aproximando ainda mais da perspectiva formativa da Alfabetização Científica para Transformação Social (Valladares, 2021).

Por fim, entendemos que este trabalho pode trazer contribuições tanto para a área de pesquisa em Educação em Ciências quanto para a prática de ensino de Ciências. Para a pesquisa, o trabalho traz evidências empíricas da mobilização de PC por estudantes em sala de aula, o que pode direcionar futuras pesquisas e até possíveis elaborações e adaptações de instrumentos de análise buscando investigar a mobilização de PC por estudantes. Já para o

ensino, este trabalho evidencia algumas dificuldades de estudantes ao realizarem uma investigação a partir do uso de um simulador de variáveis de mudanças climáticas. Também traz indicações de como esse tipo de atividade pode colaborar para que os estudantes mobilizem e desenvolvam PC, assim docentes poderão considerar os resultados e outras discussões deste estudo em futuros planos de aula.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processos nº 2023/11360-0 e nº 2024/21301-3. Diante disso, agradecemos à FAPESP e reforçamos que as opiniões, hipóteses, conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade das pessoas autoras e não necessariamente refletem a perspectiva da FAPESP. A segunda autora agradece ao CNPq pelo financiamento recebido via bolsa de Produtividade em Pesquisa, projeto 306683/2022-9. Agradecemos também ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP (PIEC-USP) e ao nosso grupo de pesquisa, sediado na Faculdade de Educação da USP, Laboratório de Pesquisa em Epistemologia e Formação Científica (LaPEF-FEUSP) por terem contribuído para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLIMATE INTERACTIVE; MIT SLOAN. **EnROADS Climate Solutions Simulator** (Version 23.8.0), 2023. Acesso em: 20 nov. 2025.

DAVIES, M.; BARNETT, R. Introduction. *In*: DAVIES, M.; BARNETT, R. (Orgs.). **The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education**. New York: Palgrave Macmillan US, 2015. p. 1–25.

ERICKSON, F. Qualitative Research Methods for Science Education. *In*: FRASER, Barry J.; TOBIN, Kenneth; MCROBBIE, Campbell J. (Orgs.). **Second International Handbook of Science Education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 1451–1469.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG, B. Educating Critical Citizens to Face Post-truth: The Time Is Now. *In*: PUIG, Blanca; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María Pilar (Orgs.). **Critical Thinking in Biology and Environmental Education: Facing Challenges in a Post-Truth World**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 3–19.

KUHN, D. A Developmental Model of Critical Thinking. **Educational Researcher**, v. 28, n. 2, p. 16–46, 1999.

KUHN, D. Critical Thinking as Discourse. **Human Development**, v. 62, n. 3, p. 146–164, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa**. Tradução: Teresa Margarida Loureiro Cardoso; Tradução: Viviane Cristina Marques. [S.l.]: UNESCO, 2024.

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: Stanford University, 2022.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, 2015.

SASSERON, L. H.; SILVA, F. C.; DIAS, K. D. F.; OROFINO, R. P. “Na teoria, a prática é outra”: um estudo teórico sobre práticas no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 30, n. 2, p. 220–243, 14 ago. 2025.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation. **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 557–587, 2021.