



Alfabetização Científica e Educação Ambiental: indicadores do processo em uma intervenção didática sobre as Mudanças Climáticas Globais

*Scientific Literacy and Environmental Education: process indicators in an
educational program about Global Climate Change*

Renan de Almeida Barbosa¹

<https://orcid.org/0000-0003-0671-6328> 

José Vicente Lima Robaina²

<https://orcid.org/0000-0002-4604-3597> 

1. Departamento de Microbiologia e Parasitologia/Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil. E-mail: renanabh38@gmail.com

1. Departamento de Ensino e Currículo/Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Brasil. E-mail: joserobaina1326@gmail.com

Resumo: Este estudo investiga o potencial de uma intervenção didática com o tema das Mudanças Climáticas Globais (MCGs) para o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC). A proposta pedagógica foi aplicada em escolas públicas de Ensino Fundamental e Médio e dados coletados por meio de produções escritas coletivas de estudantes participantes (N = 69) foram analisados à luz dos Indicadores de Alfabetização Científica (IAC). Os resultados demonstram que a intervenção didática planejada com o uso de recursos variados favoreceu a construção de conhecimentos científicos e ambientais e o desenvolvimento da maioria dos IAC. Sugere-se que práticas pedagógicas com temáticas ambientais para a AC podem viabilizar a formação de cidadãos críticos, alfabetizados cientificamente e engajados socialmente em um contexto de pluralidade de saberes em busca de justiça socioambiental ao longo do século XXI.

Palavras-chave: letramento científico, educação em ciências, ensino de ciências por investigação, rotação por estações, mudanças climáticas.

Abstract: This study investigates the potential of an educational program on the theme of Global Climate Change (GCC) for the development of Scientific Literacy (SL). The pedagogical intervention was implemented in four public elementary and secondary schools, and data were collected through collaborative written assignments by participating students (N = 69) and analyzed using the Scientific Literacy Indicators (SLI). The results reveal that the variety of resources employed in the educational program contributed to the construction of scientific and environmental knowledge and the development of several SLIs. It is suggested that pedagogical practices addressing environmental issues in pursuit of SL

can foster the development of critical, scientifically literate, and socially engaged citizens in a context of plurality of knowledge to achieve socioenvironmental justice over the next years.

Keywords: scientific literacy, science education, inquiry-based science teaching, station rotation model, climate change.

Introdução

As Mudanças Climáticas Globais (MCGs) constituem um dos maiores desafios contemporâneos, evidenciando a urgência de repensar a relação da sociedade com o meio ambiente e de mobilizar ações efetivas de mitigação. Fenômenos recentes no Brasil, como as enchentes no Rio Grande do Sul (RS), a estiagem extrema no bioma amazônico e as ondas de calor na região central do país (Biernath et al., 2024; ONU News, 2025), exemplificam a intensificação de eventos climáticos de grande escala, associada às alterações nos padrões atmosféricos globais e à insuficiência de respostas no âmbito da gestão pública. Esses acontecimentos expõem a vulnerabilidade socioambiental e realçam a dimensão social e política da crise climática, cujos efeitos incidem de forma desigual sobre diferentes populações (Coulibaly et al., 2020).

Nesse contexto, a Educação em Ciências (EC) e a Educação Ambiental Crítica (EAC) despontam como áreas que se relacionam e são capazes de promover uma compreensão crítica da realidade e a resignificação dessa relação entre seres humanos e natureza. Ao articular as dimensões científicas, econômicas, políticas e culturais, essa intersecção tem potencial para ampliar a compreensão, análise e crítica sobre temáticas socioambientais e a disposição para a ação coletiva (Chassot, 2000; Loureiro, 2012). Um conceito central nesse debate é o de Alfabetização Científica (AC), entendida como condição indispensável à formação de cidadãos capazes de interpretar, mobilizar e aplicar conhecimentos científicos em situações do cotidiano, incentivando a participação social qualificada e engajamento crítico em relação às questões científicas, tecnológicas e ambientais (Chassot, 2000; Sasseron & Carvalho, 2011).

Consolidada como pressuposto pedagógico e orientação curricular em diferentes países, a AC no Brasil ainda enfrenta limitações estruturais. Segundo dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – do inglês *Programme for International Student Assessment* – (PISA), existem lacunas no desenvolvimento de competências científicas entre estudantes (OECD, 2017), revelando a necessidade de práticas pedagógicas que aproximem as Ciências das experiências concretas dos sujeitos, sendo previstas na dimensão curricular pela

Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018). Nesse sentido, a literatura aponta três eixos fundamentais: as práticas sociais das Ciências, que situam o conhecimento como construção histórica e coletiva; os processos cognitivos, que fomentam habilidades de análise, interpretação e resolução de problemas; e as interações discursivas, que valorizam o diálogo, a argumentação e a construção coletiva de sentidos (Carvalho, 2013; Sasseron & Carvalho, 2011).

Experiências internacionais, como os *Next Generation Science Standards* nos Estados Unidos (NGSS Lead States, 2013), e o *GreenComp Framework* na Europa (Bianchi et al., 2022), reforçam a centralidade da integração entre Ciência, Tecnologia e sustentabilidade à educação básica. No contexto brasileiro, diferentes autores têm enfatizado que a AC deve ser concebida como prática educativa emancipatória que, ao se articular com a EAC em um processo formativo integral, tem potencial para desvelar uma leitura de mundo com autonomia, criticidade e compromissada com a justiça socioambiental (Freire, 1989; Rosa et al., 2023; Silva & Teixeira, 2019). Nesse contexto, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) possui pressupostos teórico-metodológicos alinhados com uma abordagem pedagógica que objetiva outras formas de compreensão da realidade, em um movimento de aproximação do fazer científico e de sua importância social. Essa compreensão de ensinar e aprender Ciências e Biologia é a que fundamenta o presente estudo e será abordada detalhadamente na próxima seção.

O presente artigo compreende um recorte de uma tese de doutoramento defendida na área da Educação em Ciências (Barbosa, 2023). A referida tese foi construída a partir do seguinte problema de pesquisa: de que modo o EnCI pode contribuir com a construção de conhecimentos científicos e no desenvolvimento de atitudes ambientais em estudantes da Educação Básica? No presente estudo, buscamos elucidar o objetivo específico relacionado aos efeitos de uma intervenção didática de caráter investigativo e crítico sobre as MCGs no processo de AC de adolescentes em contexto escolar. Nesta publicação, debruçamo-nos sobre a análise dos aspectos qualitativos da referida intervenção didática à luz dos Indicadores da Alfabetização Científica (IAC) através das respostas obtidas de estudantes participantes do estudo.

Para tanto, o artigo está estruturado em cinco seções que sucedem a introdução. Na próxima seção, apresentamos os principais referenciais teóricos que constituem o estudo, bem como a construção, aplicação e análise da intervenção didática realizada, a saber: a EAC, a AC e os IAC. As duas seções seguintes esclarecem o percurso metodológico da pesquisa, com ênfase nos instrumentos de

coleta e análise de dados e na descrição das etapas da intervenção didática. Os resultados são apresentados na seção subsequente, trazendo reflexões, avanços e limitações através da discussão dos IAC evidenciados em diálogo com o referencial teórico e as pesquisas da área. O artigo se encerra com as considerações finais sobre o estudo e perspectivas para pesquisas futuras que tenham como foco a EAC e a EC.

Conectando a Alfabetização Científica, o Ensino de Ciências por Investigação e a Educação Ambiental Crítica através da Metodologia da Rotação por Estações

A intersecção entre EC e EAC é sustentada por aspectos gnosiológicos e epistemológicos que orientam tanto o ensino quanto a pesquisa nessas áreas. No contexto da EC, a pesquisa na área tem indicado que o EC deve ir além da transmissão de conceitos, privilegiando práticas científicas em sua dimensão epistêmica e social (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017; Sasserón, 2018). Sendo assim, a aprendizagem ocorre quando os(as) estudantes são desafiados a argumentar, explicar e compreender teorias ou modelos, selecionando evidências para construir explicações plausíveis (Duschl, 2008).

A inclusão de estudantes em práticas sociais e epistêmicas é fortalecida em contextos de ensino investigativo, em que a reflexão sobre o que sabemos, como sabemos e por que sabemos é incorporada ao fazer científico (Pluta et al., 2011; Sasserón, 2018). Nesse sentido, a AC emerge como objetivo central, pois possibilita compreender a natureza da Ciência, seus processos e contribuições sociais (Scarpa & Campos, 2018; Sasserón & Carvalho, 2008). A abordagem didática investigativa, portanto, tem potencial para promover a AC, ao favorecer aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais, bem como a motivação e a cultura científica escolar (Sasserón & Carvalho, 2011).

A definição de AC proposta por Sasserón e Carvalho (2011) compreende três eixos estruturantes: (1) a apropriação de conceitos científicos, de modo a aplicá-los em situações cotidianas; (2) a compreensão da natureza da Ciência e de seus aspectos políticos e éticos; e (3) a contextualização por meio das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Esses eixos ampliam a noção de AC como processo que permite aos(as) estudantes interagirem com uma nova cultura, transformando-se a partir de práticas científicas contextualizadas.

A operacionalização desse referencial teórico delimitado pelo EnCI ocorre por meio de práticas pedagógicas estruturadas como a Sequência de Ensino

Investigativo (SEI), caracterizada pela proposição de problemas, resolução, sistematização e registro do conhecimento (Carvalho, 2013, 2018; Sasseron & Carvalho, 2008). A SEI valoriza tanto a manipulação quanto a abstração, bem como a interação social, aproximando-se dos pressupostos pedagógicos das teorias de aprendizagem construtivistas e sociointeracionistas.

O caráter investigativo da SEI não se limita à resolução do problema inicial, mas se manifesta nas interações sociais constitutivas do processo de ensino e aprendizagem. O trabalho em grupos e a orientação do(a) professor(a) propiciam o contato com conhecimentos, problemas e valores relacionados ao conteúdo trabalhado através da investigação de situações-problema, favorecendo o desenvolvimento da autonomia intelectual dos(as) estudantes, ao mesmo tempo em que contextualiza CTSA (Carvalho, 2013, 2018; Sasseron & Carvalho, 2011; Solino & Sasseron, 2018). Sobre o EnCI e a proposição de situações-problema, Sasseron (2015, p.64) defende que:

A partir da investigação de situações-problema em sala de aula, os alunos têm oportunidade para desenvolver liberdade e autonomia intelectuais. Nesse processo, não apenas conhecimentos curriculares podem ser trabalhados, mas também aspectos ligados ao trabalho conjunto como, por exemplo, questões morais e éticas. Ao mesmo tempo, ao promover condições para que os estudantes trabalhem ativa e conjuntamente na resolução de um problema, novas perguntas vão se construindo e se transformando em novas avaliações.

A sistematização dos conhecimentos construídos se manifesta através da escrita, leitura e comunicação. A sistematização permite a reflexão e ressignificação das etapas anteriores, dando espaço para os(as) estudantes comunicarem o que fizeram e argumentarem, de maneira coletiva, com a turma, sob mediação do(a) professor(a) (Carvalho, 2013, 2018). Desse modo, a contextualização da investigação realizada é pedagogicamente relevante para que os conhecimentos investigados façam sentido também fora do contexto escolar, explicitando a importância dos conhecimentos prévios e dos conhecimentos científicos adquiridos do ponto de vista social, econômico e cultural (Carvalho, 2013, 2018).

Dessa forma, o processo de AC pode ser analisado e avaliado sob a luz dos Indicadores da Alfabetização Científica (IAC) que estão presentes nas interações discursivas ou textuais dos(as) estudantes. Pizarro e Júnior (2015) identificam três categorias principais de IAC: (1) habilidades cognitivas, de leitura e escrita, que refletem a mobilização de conhecimentos prévios e adquiridos; (2) a argumentação, que favorece posicionamentos críticos, defesa de ideias e respeito à diversidade de

opiniões; e (3) implicações sociais, que conectam a aprendizagem científica a contextos mais amplos. A ocorrência desses indicadores se dá, portanto, em:

[...] situações nas quais o aluno precisa colocar em jogo aquilo que conhece, suas ideias prévias e aquelas adquiridas em sala de aula; [...] para reconhecer a Ciência em diferentes suportes e poder debater sobre o conhecimento adquirido; [...] para que o aluno seja capaz de registrar e dar um tratamento específico à possíveis dados oriundos de experiências e atividades [...]. (Pizarro & Júnior, 2015, p.211)

Os indicadores de argumentação dos(as) estudantes valorizam a característica menos frequente desse processo em sala de aula, diferentemente de habilidades espontâneas e naturais que ocorrem na aprendizagem em Ciências. Trata-se de uma habilidade que exige orientação docente para a construção de explicações fundamentadas, articuladas e persuasivas (Berland & Reiser, 2011). A troca de ideias ao longo de investigações promove a curiosidade, o uso de evidências e a negociação de significados, aproximando a cultura científica da cultura escolar (Sasseron & Carvalho, 2011). Portanto, o EnCI se caracteriza como uma abordagem didática privilegiada para o desenvolvimento da AC, na medida em que coloca os(as) estudantes em contato com um corpo de conhecimentos cientificamente aceitos, cuja caráter construtivo e social é inerente à própria natureza da Ciência (Sasseron & Carvalho, 2011). Para além da transmissão de conteúdos, trata-se de conferir sentido e capacidade explicativa aos fenômenos investigados, desenvolvendo a linguagem científica no contexto escolar e desvelando as relações CTSA no ensino e aprendizagem de Ciências e Biologia.

Tais pressupostos teórico-didáticos com viés investigativo dialogam com estratégias didáticas alternativas e inovadoras, entre elas a Rotação por Estações (RPE), que organiza o trabalho em grupos, distribuídos em atividades diversificadas e interdependentes (Coussirat, 2020). Essa estratégia integra recursos digitais e atividades colaborativas, favorecendo a escrita, a interpretação e a argumentação (Horn & Staker, 2015) e, portanto, está alinhada aos pressupostos do próprio EnCI, particularmente em relação à importância do trabalho colaborativo com colegas que podem ter maior domínio dos conhecimentos necessários às atividades e a orientação do(a) professor(a).

A relação entre EC e EAC também se manifesta na dimensão cognitiva do conhecimento ambiental. Kaiser e Fuhrer (2003) propõem três componentes desse tipo de conhecimento: (1) conhecimento de sistemas, que envolve a compreensão conceitual de processos naturais; (2) conhecimento de ação, referente a alternativas de comportamento ambiental; e (3) conhecimento de eficácia, que informa sobre o

impacto e a efetividade de diferentes práticas. A conjugação dessas dimensões é essencial para orientar atitudes ambientalmente responsáveis (Kaiser et al., 2008).

Essas dimensões podem ser compreendidas como integrantes de uma complexa rede de fatores quando levamos em conta a análise do comportamento ambiental. Sobretudo, defende-se que os indivíduos devem estar conscientes das razões, alternativas e consequências de seu comportamento ambiental, tornando esse constructo substancial e viável em seu cotidiano (Frick et al., 2004; Kaiser et al., 2008).

A dimensão de conhecimento de sistemas deve ser entendida como a definição lógica do conhecimento ambiental, no seu âmbito mais conceitual e conteudista, e que, por si só, não ocasionará a mudança de atitude. Ainda assim, as demais dimensões – conhecimento de ação e conhecimento de eficácia – têm forte relação com a primeira dimensão, influenciando o desenvolvimento de atitudes e comportamentos (Braun & Dierkes, 2019; Kaiser et al., 2008). As atividades educativas com temáticas ambientais devem agir nessas três dimensões simultaneamente, utilizando de diferentes estratégias didáticas para direcionar a aprendizagem conceitual, atitudinal e procedimental.

Entende-se, portanto, que a intersecção da EC com a EAC se revela no propósito educativo de formação para a cidadania. Rosa et al. (2023) demonstram que a temática é privilegiada quando a EC objetiva práticas educativas para uma formação cidadã ou para a cidadania, bem como sobre a AC e a natureza do conhecimento científico. No entanto, as concepções de cidadania da EC e da área ambiental como um todo têm se alinhado a uma visão liberal de democracia participativa, individualista, do cidadão com direitos e deveres e apático em relação à má gestão pública. Refletir sobre os desafios desse cenário convergem para planejar práticas educativas verdadeiramente críticas e compromissadas com a transformação social, promovendo uma AC por meio de temáticas como as MCGs para além da dimensão conceitual do conhecimento científico, tampouco se restringir a apenas essa forma de conhecimento.

Portanto, se o objetivo da EC e EAC é a construção de conhecimentos, atitudes e comportamentos científicos e ambientais para a formação de uma personalidade ética e responsável com os padrões democráticos, pautada em problemáticas ambientais, é imprescindível a contextualização e leitura histórica da realidade social, considerando diferentes saberes que dialogam com o empreendimento científico. No que diz respeito às atitudes e comportamentos ambientais, Loureiro (2012, pp. 86-87) defende que:

[...] devemos compreender como são os ambientes de vida, qual a posição social ocupada pelos diferentes grupos e classes, como estes produzem, organizam-se e geram cultura, bem como as implicações sociais disso, para que uma mudança possa ser objetivada. [...] Há limites materiais, processos afetivos e aspectos motivacionais vários, em grande parte desconhecidos, que podem ser determinantes para nossa prática.

As habilidades e a argumentação em Ciências desenvolvidas no processo de AC permitem a compreensão da relação entre aspectos gnosiológicos e epistemológicos do conhecimento e do fazer científico contextualizados com temas do cotidiano. Os indícios da AC são perceptíveis quando enriquecem a leitura de mundo, conferindo sentido à Ciência e às outras formas de conhecimento, e que se manifestam em situações de aprendizagem de uma abordagem didática investigativa (Freire, 1989; Pizarro & Júnior, 2015; Rosa et al., 2023; Sasseron & Carvalho, 2011). Na sua interface com a EAC, o processo de ensino e aprendizagem na EC pode contribuir através do ensino de conceitos científicos e ambientais, visando preencher lacunas na formação de estudantes que compreendem que o ser humano também se insere no conceito de meio ambiente, considerando-o como um sistema delicado e que precisa estar equilibrado (Coertjens et al., 2010). Portanto, os pressupostos do EnCI podem potencializar os resultados da aprendizagem que levam a esse tipo de visão de mundo, enriquecida por um sentimento de responsabilidade pelas próprias ações e de controle pelas suas tomadas de decisões, aspectos que podem ser contemplados pela cultura científica escolar.

Percurso Metodológico

A pesquisa foi realizada em um total de quatro escolas da rede estadual de ensino do Rio Grande do Sul (RS) e a intervenção didática planejada e executada pelos autores foi denominada SECI-RPE sobre as MCGs. Nessa publicação, o enfoque é sobre o estudo das respostas dos grupos de participantes da SECI-RPE a um questionário aberto aplicado ao fim da intervenção didática como etapa da pesquisa da referida tese de doutoramento e que foi realizada no segundo semestre de 2022 (Barbosa, 2023). Para essa publicação, foi realizado um recorte da amostra apenas com estudantes que participaram da aplicação da SECI-RPE (N = 126), de um total de 242 estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental (EF) ao 2º ano do Ensino Médio (EM) das quatro escolas convidadas mediante contato por e-mail com a direção escolar ou professores atuantes nestas escolas que tinham vínculos com um projeto de extensão ou de pesquisa com os autores. Porém, no presente

estudo, só foram incluídos no *corpus* de análise os registros escritos de estudantes participantes de apenas três escolas (n = 69), que serão contextualizadas a seguir.

Por se tratar de escolas localizadas em uma região metropolitana de uma capital socioambientalmente diversa, faz-se necessária uma breve contextualização das diferentes comunidades escolares. Os(as) participantes (n = 42) da escola “E1” compreendem estudantes de uma comunidade escolar tradicional localizada em uma região central da cidade, que oferta apenas o EM e, portanto, representam um perfil socioeconômico e vivências diversas em comparação às outras escolas. A escola “E2” está localizada em uma área histórica e rural de Viamão/RS, que faz parte da região metropolitana de Porto Alegre/RS e, portanto, os(as) estudantes participantes da pesquisa (n = 15) residem nessa área próxima à escola ou no extremo sul da capital do RS, possuindo um perfil socioeconômico de classe média baixa e com muito contato com áreas verdes e protegidas, em contraste com as demais escolas. Os(as) participantes da escola (n = 12) “E3” compreendem estudantes do EF de uma comunidade escolar que também possui EM, localizada em um bairro de classe média da cidade de Porto Alegre/RS, possuindo acesso e habilidade com recursos digitais.

As diretrizes didáticas e etapas apresentadas na seção anterior forneceram os pressupostos que não só fazem parte, mas também atuaram como fios condutores de todo o processo de ensino e aprendizagem. Portanto, a SECI-RPE teve como objetivo o ensino e aprendizagem de conceitos científicos e ambientais, contemplando o EnCI (Carvalho, 2018; Sasseron & Carvalho, 2008), bem como das dimensões do conhecimento ambiental sobre o sistema, conhecimento relacionado com a ação e conhecimento sobre a eficácia (Kaiser & Fuhrer, 2003). Participaram da intervenção didática estudantes cursando os anos finais do EF e o 1º e 2º anos do EM, sendo que tais diferenças das idades e de contexto das comunidades escolares demandaram adaptações no material didático e no tempo e quantidade de aulas para a execução dos momentos pedagógicos.

Nesse sentido, foi necessário elaborar uma SECI-RPE para cada nível de ensino, estabelecendo apenas diferenças nos níveis de complexidade e necessidade de abstração para compreensão dos conhecimentos científicos trabalhados. Diante de dificuldades de leitura, concentração e de acesso à internet móvel por parte de alguns(as) participantes do EF, a SECI-RPE foi modificada para apenas três das quatro estações da inicialmente previstas. Além disso, uma das adversidades da SECI-RPE para o EF foi a necessidade de mudar o formato de resposta dissertativa para o preenchimento de palavras-cruzadas.

Vale ressaltar que as orientações para realização da investigação e as fichas de cada uma das estações passaram por avaliação externa. Com esse objetivo, uma pesquisadora externa à pesquisa, mestra em Educação em Ciências e com trajetória acadêmica e docente associada ao EnCI, foi convidada e utilizou as categorias de introdução e apoio à investigação da ferramenta Diagnósticos de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI) (Cardoso & Scarpa, 2018) para avaliar o conteúdo da SECI e das RPE. Esse procedimento para validação do conteúdo foi realizado para garantir a adequação conceitual sobre a temática das MCGs, clareza da linguagem e coerência com os pressupostos do EnCI que podem ser analisados a partir da ferramenta elaborada pelas autoras citadas. As sugestões elencadas por essa professora pesquisadora foram adequadas visando o aprimoramento didático do material componente da SECI-RPE.

A análise e avaliação do processo de AC em sala de aula foi executada com base nos IAC (Sasseron & Carvalho, 2008), ressaltando que tais indicadores não são excludentes entre si, mas revelam diferentes aspectos da AC durante os processos de ensino e aprendizagem. De acordo com as autoras, os indicadores podem ser divididos em três grupos: 1) o trabalho com os dados obtidos em uma investigação; 2) as dimensões que estruturam o pensamento no desenvolvimento de uma argumentação ou ideia; e 3) os aspectos da compreensão da investigação realizada (Sasseron & Carvalho, 2008). Os grupos da IAC são apresentados na tabela 1 a seguir.

Tabela 1

Os indicadores da Alfabetização Científica, descrição das suas dimensões e de cada um dos grupos.

Grupos dos IAC	Dimensões	Descrição
Seleção e tratamento de dados de uma investigação	Seriação	sem ordem prévia, consiste em um rol de dados, uma lista de dados trabalhados
	Organização	ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado
	Classificação	ocorre quando se busca conferir hierarquia às informações obtidas
Estruturação do pensamento	Raciocínio lógico	compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto
	Raciocínio proporcional	aspectos do modo como as variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas

Entendimento da situação analisada	Levantamento de hipóteses	aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema (pode surgir da forma de uma afirmação ou de uma pergunta)
	Teste de hipóteses	colocar à prova as suposições anteriormente levantadas (pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias)
	Justificativa	quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto
	Previsão	quando é mencionada uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos
	Explicação	quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas (estão relacionadas à justificativa para o problema)

Fonte: Extraído e adaptado de Sasseron e Carvalho (2008) e Penha et al. (2015).

As respostas escritas dos(as) estudantes participantes foram tabeladas e analisadas de acordo com as dimensões perceptíveis durante a AC. Compreendendo apenas uma das técnicas e métodos escolhidos para analisar os dados coletados, os IAC foram utilizados de maneira complementar, visto que a própria AC envolve processos cognitivos relacionados a uma cultura científica escolar que, durante a tese que originou esse estudo, foi investigada em relação a sua ocorrência concomitante às atitudes e conhecimentos pró-ambientais. No presente estudo, investigou-se os efeitos da aplicação da SECI-RPE com um enfoque sobre os registros escritos das atividades realizadas por grupos de estudantes às diferentes temáticas e situações de aprendizagem que fizeram parte da intervenção didática. Sendo assim, o recorte foi composto por 69 (sessenta e nove) estudantes que trabalharam em grupos para formular uma resposta em cada estação da SECI-RPE, que serão detalhadas na próxima seção.

Os dados foram coletados por meio de questionários abertos aplicados na forma de desafios das estações da SECI-RPE. As respostas a esses desafios foram organizadas e transcritas para cada uma das estações com perguntas distintas relacionadas aos conhecimentos científicos e ambientais sobre as MCGs através do software *Microsoft Excel*. As respostas tabeladas foram analisadas à luz dos IAC (Penha et al., 2015; Sasseron & Carvalho, 2008;) quanto à presença ou ausência de cada uma das dimensões por meio de elementos existentes nas respostas escritas dos grupos de participantes e, posteriormente, as ocorrências foram quantificadas com o auxílio do software supramencionado. Essa análise qualitativa foi realizada mediante leitura, reflexão e diálogo dos registros escritos e seus significados com os

referenciais teóricos sobre os IAC, bem como dos pressupostos teórico-didáticos do EnCI e do conceito de AC para o ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia (Carvalho, 2013, 2018; Penha et al., 2015; Pizarro & Júnior, 2015; Sasseron & Carvalho, 2008, 2011).

Cabe destacar que essa pesquisa foi apreciada e aprovada pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), representado pelo Comitê de Ética (CEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob registro de Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 57490922.4.0000.5347 e parecer número 5.501.494. Considerando a questão da ética em pesquisa com estudantes do nível básico, os(as) participantes, de forma voluntária, participaram mediante assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), para estudantes participantes menores de 18 anos, bem como do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), para estudantes participantes com 18 anos ou mais responsáveis dos(as) estudantes menores de idade. Por fim, as instituições escolares que aceitaram participar da pesquisa também o fizeram por consentimento mediante assinatura de Carta de Anuência.

Elaboração, Aplicação e Análises de um Recurso Didático para a Alfabetização Científica e a Educação Ambiental Crítica

A presente subseção do Percurso Metodológico tem como objetivo apresentar a SECI-RPE, fundamentada nos pressupostos do EnCI e da AC e que abordou a temática das MCGs em três (para o EF) ou quatro (para o EM) estações independentes. Após uma contextualização inicial, os(as) estudantes foram organizados em grupos de até seis integrantes, atuando de forma autônoma e colaborativa. Cada grupo deveria realizar o desafio de cada estação em até 10 minutos, avançando no circuito conforme orientação do professor. A intervenção foi realizada em quatro períodos de aula, distribuídos em dois encontros, nas salas de vídeo das escolas participantes.

A atividade iniciou-se com a exibição de trecho do documentário *Before the Flood* (Fisher Stevens, 2016), que suscitou debate sobre fotossíntese, desmatamento, gases de efeito estufa, industrialização e cadeia alimentar. Em seguida, foi apresentada a pergunta de investigação: “Quais os possíveis efeitos e consequências dos hábitos alimentares humanos no meio ambiente, no contexto das MCGs?”. Esse questionamento orientou o percurso investigativo dos grupos ao longo das estações. Para fins de identificação, as aplicações da SECI-RPE em

diferentes níveis de ensino foram denominadas Rotação por Estações – Ensino Médio (RPEEM) e Rotação por Estações – Ensino Fundamental (RPEEF).

Na RPEEM, a primeira estação (1RPEEM) apresentou gráficos de satélite (2001–2021) sobre cobertura arbórea, com o desafio de relacionar desmatamento e emissões de gases de efeito estufa. A segunda (2RPEEM) exibiu mapa-múndi com projeções de impactos regionais de um aumento de 2°C, solicitando que os(as) estudantes elaborassem argumentos para uma Conferência do Clima. A terceira (3RPEEM) reuniu matérias jornalísticas (Alisson, 2022; Mota, 2020), exigindo análise crítica das informações. A quarta (4RPEEM) propôs a visualização de dois vídeos (GNT, 2021; Selvagem, 2019), que abordavam os conceitos de Bem-Viver e Antropoceno, demandando a indicação de atitudes pró-ambientais individuais e coletivas.

Na RPEEF, os conteúdos foram similares, porém com adaptações metodológicas, exceto na primeira estação (1RPEEF). Na segunda estação (2RPEEF), as interpretações do mapa-múndi foram realizadas por meio de perguntas e respostas. Na terceira (3RPEEF), a análise das matérias jornalísticas resultou em palavras-cruzadas, favorecendo uma abordagem lúdica e adequada ao nível de escolaridade. Os materiais didáticos elaborados da SECI-RPE (RPEEM e RPEEF) estão disponíveis na tese de doutoramento já mencionada (Barbosa, 2023) e se encontram em processo de edição para divulgação na forma de produto educacional.

A SECI-RPE possibilitou que os(as) estudantes mobilizassem conhecimentos científicos e ambientais em situações contextualizadas, exercitando argumentação, análise crítica e colaboração. As produções escritas foram tomadas como manifestações coletivas e constituíram o *corpus* de análise, interpretado à luz das categorias dos IAC. Cada excerto foi identificado com uma sigla para a resposta, contendo as abreviaturas “E” para escola; “R” para a estação da SECI-RPE cuja resposta a desafio proposto foi respondido; e “G” para cada grupo de estudantes; por exemplo, E1R2G3 identifica a resposta do grupo 3 à estação 2, na escola 1. Para tanto, apresenta-se os três grupos de IAC e seus respectivos indicadores, contextualizando com o excerto retirado do *corpus* de análise da pesquisa. Embora as atividades da RPE contivessem a mesma temática, os níveis de ensino dos(as) estudantes serão contextualizados ao longo do texto. Os resultados dessa análise são apresentados na seção seguinte.

Análise do Processo de AC na SECI-RPE: Os IAC nos Registros Textuais Coletivos

Apresentamos as análises fundamentadas nos IAC (Sasseron& Carvalho, 2011) dos materiais coletados como respostas à RPE pelos(as) estudantes participantes do estudo. De acordo com as autoras, os IAC constituem ferramentas analíticas que permitem identificar indícios do processo de AC em andamento por meio de habilidades cognitivas, argumentativas e de implicação social do conhecimento científico. Ou seja, as ocorrências dos IAC representam o processo dinâmico e situado da AC em um contexto de ensino e aprendizagem possibilitado pelo uso da SECI-RPE como recurso didático do EnCI (Carvalho, 2013, 2018).

O primeiro grupo de IAC diz respeito à manipulação de dados obtidos em uma investigação e sua importância consiste em explicitar as variáveis do problema teórico ou experimental (Sasseron& Carvalho, 2011). A primeira frase do excerto a seguir pode ilustrar a tentativa do(as) estudantes de realizar a **organização e classificação das informações** extraídas através do desafio proposto na atividade da **estação 1RPEEM**: “como as florestas são grandes amontoados de árvores, e as árvores são as maiores “sugando” o CO₂ presente na atmosfera [...]” (E1R2G3). A organização dos conceitos de florestas, fotossíntese e atmosfera manifesta-se através da organização de ideias com uma linguagem mais próxima do senso comum e com erros linguísticos.

Porém, essa caracterização dos conceitos está diretamente relacionada com o conceito mais amplo trabalhado: o desmatamento. Sendo assim, a estrutura do pensamento evidente na escrita dos(as) estudantes inicia com os conceitos básicos, que foram caracterizados após a interpretação dos materiais analisados na estação e que são provenientes do material de apoio disponibilizado, fundamentando as afirmativas que seriam feitas a seguir. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), a tentativa de apropriar-se de conceitos científicos para aplicá-los na interpretação de um fenômeno, ainda que de forma incipiente, pode indicar a AC em curso.

Esse primeiro grupo de IAC também apareceu na escrita de grupos de estudantes do EF. Nos trechos apresentados abaixo, os(as) estudantes apresentam as informações como base para a investigação, também buscando responder ao problema proposto pela **estação 1 (1RPEEM e 1RPEEF)**:

Em 2001, tinha mais dióxido de carbono e menos desmatamento e em 2021 teve mais dióxido de carbono na Terra e mais desmatamento (E3R1G1)
Com a perca(sic) de vegetação (em rosa no gráfico), temos o aumento do efeito estufa, pois as árvores absorvem uma parte da energia solar. Podemos ver uma grande diferença do gráfico de 2001 pro de 2021 [...] (E1R1G7)

No segundo trecho, destaca-se a menção à origem da informação selecionada: a interpretação da cor presente no gráfico. Esse movimento expressa a habilidade de elencar as informações importantes e sua origem a partir da interpretação de uma forma da linguagem científica de apresentar os dados de uma investigação. Ou seja, aparece a habilidade dos(as) estudantes de estruturarem suas respostas com base na interpretação de informações de um material com linguagem científica e que foram explicitamente citadas, indicando a origem dos dados selecionados e tratados, reconhecendo que afirmações de um argumento demandam fundamentação em evidências científicas (Sasseron, 2021; Sasseron & Carvalho, 2011; Sasseron & Duschl, 2016). Esse aspecto é constitutivo do fazer científico e o EnCI tem potencial para promover tal habilidade no contexto escolar.

Observa-se, ainda, a dimensão procedimental de IAC no contexto de uma investigação conduzida cujo problema era de carácter teórico. De acordo com Penha et al. (2015), o estabelecimento e a construção de ações para estruturar a sequência procedimental da investigação conduzida pode aparecer na aquisição de dados, na identificação de variáveis e na análise de relações entre variáveis. Portanto, além de explicitar os conceitos sobre energia luminosa, o trecho (E1R1G7), apresenta o reconhecimento, identificação e compreensão da linguagem científica do que se entendeu a partir da interpretação dos gráficos e que se tratavam, em suma, de variáveis do fenômeno investigado pelos(as) estudantes. A SECI-RPE, portanto, criou condições para que os(as) estudantes exercitassem práticas epistêmicas compatíveis com as previstas pelo EnCI (Carvalho, 2013; Sasseron, 2018).

O segundo grupo de IAC diz respeito à **estruturação do pensamento** e inclui o raciocínio lógico e proporcional, ou seja, a compreensão da relação causa e efeito de um fenômeno no mundo natural e da interdependência entre as variáveis, respectivamente (Sasseron & Carvalho, 2011). A ocorrência dessas dimensões de IAC pode ser visualizada no trecho a seguir:

Visto que os impactos urbanos como a queima de combustíveis fósseis, o agronegócio e etc, são os principais causadores de gases e poluentes que causando o efeito estufa, aumentam a temperatura da Terra [...] (E2R2G3).

A resposta desse grupo de estudantes à **estação 2 (2RPEEM)** contém elementos que demonstram o pensamento lógico e dedutivo. A operacionalização de conceitos abstratos, especialmente o agronegócio e o efeito estufa, sugere a habilidade de relacionar os significados e as relações desses conceitos através da hipótese de aumento da temperatura média do planeta. Pela forma em que o pensamento foi apresentado, é possível supor que sua estrutura segue uma determinada construção relacional e interdependente. Para Sasseron e Carvalho (2011), esse tipo de estruturação do pensamento é um dos indícios mais significativos do processo de AC, pois indica que os(as) estudantes não estão apenas reproduzindo informações, mas construindo relações entre variáveis do fenômeno investigado.

Da mesma forma, ao investigarem o fenômeno do aumento de temperatura média da Terra, os(as) estudantes relacionam os “gases” e os “poluentes” causadores do efeito estufa como problemáticos, devido à poluição atmosférica, que, por sua vez, é originada pelos impactos urbanos. Nesse sentido, os(as) estudantes apresentam uma relação causal e de interdependência entre os combustíveis fósseis e sua queima pelos veículos nas cidades, a poluição causada pela lógica produtiva do agronegócio, o efeito estufa e o aumento da temperatura da Terra. Apesar da manifestação do processo de selecionar evidências e de construção de explicações plausíveis, a relação entre o agronegócio e a vida urbana não foi devidamente aprofundada no trecho analisado, apontando a oportunidade da função estruturante do EnCI da orientação do(a) professor para ampliar a compreensão conceitual (Carvalho, 2013, 2018).

O excerto E2R1G3 apresenta a **estruturação do pensamento** com as relações das variáveis e conceitos escolhidos. Nesse relato, os(as) estudantes explicitam as relações entre a função das florestas na captação de dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2) da atmosfera e o desmatamento:

Como as florestas são grandes amontoados de árvores, e as árvores são as maiores “sugando” o CO_2 presente na atmosfera, quando se corta uma árvore, ela não só para de sugar esse CO_2 , como também o libera [...]. Sabendo que o CO_2 é o gás de maior impacto ambiental, e de como ele é liberado, o desmatamento está intimamente ligado ao efeito estufa (E2R1G3).

Dessa forma, a resposta à **estação 1 (1RPEEM)** acima evidencia uma relação causal e dedutiva entre a perda de cobertura arbórea e a consequência nos níveis do referido gás do efeito estufa na atmosfera. Para esse grupo de estudantes, cortar uma árvore é prejudicial para o meio ambiente, pois diminui a capacidade natural de

redução da concentração de CO₂, porém faltam detalhes da relação registrada entre o corte de árvores e a liberação de CO₂. O entendimento sobre a emissão direta e indireta desse poluente tem sido investigada na Floresta Amazônica por meio de amostras de ar da região (Gatti et al., 2021), mas o registro escrito acima não demonstra as relações entre o conceito de desmatamento, de queimadas e de regime de chuvas, que são apontadas pelos autores como as possíveis causas da floresta ter se tornado fonte de emissão de carbono. Ainda assim, essa **estruturação do pensamento** expõe um nível inicial de compreensão da dimensão conceitual do conhecimento científico, sendo importante para a contextualização com as outras dimensões do conhecimento ambiental – o conhecimento de ação e o conhecimento de eficácia – para o desenvolvimento de atitudes pró-ambientais (Kaiser et al., 2008; Kaiser & Fuhrer, 2003).

O segundo grupo de IAC também foi encontrado nas respostas de estudantes dos anos finais do EF. Vale destacar a mobilização do conceito de fotossíntese, sugerindo o entendimento da função das árvores em relação ao CO₂. O grupo inclui esse conceito e o relaciona com o aumento de temperatura da Terra e demonstra, portanto, o entendimento causal e interdependente com a área de cobertura arbórea apresentada no gráfico que foi analisado. O excerto a seguir de uma resposta à **estação 1 (1RPEEF)** menciona o problema da perda de cobertura arbórea: “As árvores são importantes para remover o dióxido de carbono que aquece a Terra e nos faz mal (E3R1G2)”.

Para esses(as) estudantes, o conceito de efeito estufa, considerado em relação ao aumento da temperatura na Terra, está ligado ao aumento do CO₂ que deixaria de ser utilizado pelas árvores na captação durante o processo de fotossíntese. Porém, a **estruturação do pensamento** sugere um equívoco conceitual sobre fotossíntese e uma lógica pouco dedutiva, tendo em vista a falta de detalhamento sobre as relações causais e interdependentes a respeito do fenômeno proposto na estação. Desse modo, desponta o uso dos IAC como instrumentos de avaliação do processo de AC, pois uma lacuna no entendimento da relação entre os conceitos por parte dos(as) estudantes pode ser um obstáculo para a implementação do EnCI, o que, por sua vez, se torna um subsídio da prática docente ao permitir que o(a) professor(a) possa refletir, adaptar e orientar a ampliação das condições de aprendizagem (Pizarro & Júnior, 2015; Sasseron & Carvalho; 2011).

O terceiro grupo de IAC inclui elementos que surgem nas discussões finais de uma investigação, pois contempla a descrição das relações entre as variáveis

envolvidas no(s) fenômeno(s) ou problema de pesquisa (Sasseron & Carvalho, 2011). Para as autoras, esse grupo de IAC revela o entendimento e a interpretação da situação investigada, tanto em seu contexto quanto em outros semelhantes, e que são observáveis através do levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão e explicação.

No presente estudo, o IAC de teste de hipótese não foi encontrado no *corpus* análise, sugerindo que a ocorrência tem maior chance de ocorrência em uma abordagem didática investigativa cuja situação-problema assume caráter prático, envolvendo demonstrações ou experimentos (Sasseron & Carvalho, 2008). Ainda assim, esse dado não indica a ausência de investigação, mas evidencia que o(a) professor(a) possui o papel de planejar os procedimentos da implementação do EnCI para promover a AC em um processo que possa contemplar o momento de levantamento e teste de hipóteses, mesmo que de uma situação-problema de caráter teórico, adaptando ao nível de ensino da turma.

No excerto abaixo, destaca-se a **estruturação completa do pensamento**, que apresenta a explicação fundamentada a partir da pergunta sobre as relações entre o desmatamento e o efeito estufa **na estação 1 (1RPEEM)**. A resposta desse grupo dá indícios de trabalho com as informações analisadas e da estruturação do pensamento, incluindo a menção aos materiais que faziam parte da questão formulada, porém o enfoque está no entendimento da situação analisada:

Com a perda (sic) de vegetação (em rosa no gráfico), temos o aumento do efeito estufa, pois as árvores absorvem uma parte da energia solar. Podemos ver uma grande diferença do gráfico de 2001 pro de 2021, o desmatamento vem influenciando nesses últimos anos o efeito estufa e seu aumento (E1R1G7).

O registro escrito inicia com uma hipótese levantada – a perda de vegetação que leva ao aumento do efeito estufa – sucedida pela justificativa, que, ainda que pouco detalhada, articula os conceitos de fotossíntese e dos gases do efeito estufa através do conceito de energia solar. Após a justificativa, o mesmo registro apresenta as fundamentações que garantem a afirmativa da segunda metade da resposta dos(as) estudantes. A interpretação de diminuição de cobertura arbórea e o desmatamento se conectam, formando uma estrutura para dar coerência à ideia de que o efeito estufa e o desmatamento se relacionam com a diminuição da absorção de energia solar e conseguem, portanto, prever e explicar a investigação realizada. A estruturação do pensamento e o entendimento, ainda que em estágio de construção, permitem que sejam agregadas explicações e ideias mais complexas e coerentes com os conhecimentos cientificamente aceitos, promovendo a construção

de uma cultura científica escolar (Sasseron, 2021; Sasseron & Carvalho, 2011; Sasseron & Duschl, 2016).

Dessa forma, os(a) estudantes desse grupo se preocuparam com a classificação dos dados trabalhados, relacionando-os com as informações presentes no material didático manipulado. Ao interpretarem o gráfico apresentado juntamente com os conceitos de efeito estufa, energia solar e desmatamento, demonstram um raciocínio lógico e proporcional para o levantamento de hipóteses, justificativa, previsão e explicação das consequências do aumento do desmatamento, observado no material didático, com a importância da fotossíntese na captação de CO₂, explicando a influência desses fenômenos no efeito estufa. Em outro trecho, a resposta escrita dos(as) estudantes sugere a presença de uma **hierarquização dos dados** disponibilizados, expondo, de forma coerente, a interdependência para argumentar a explicação dada ao desafio proposto na **estação 1 (1RPEEM)**:

o desmate (sic) promove emissão de CO₂ através da queima e da decomposição de material vegetal, levando a maiores concentrações atmosféricas, contribuindo com o aquecimento global. - Mais de 40% da perda de floresta primária tropical em 2021 ocorreu no Brasil (E1R1G4).

A **organização das ideias**, ainda que demande aprofundamento conceitual, evidencia a habilidade de relacionar o conhecimento construído na investigação a dados de implicação social e ambiental, o que corresponde, na categorização de Pizarro e Júnior (2015), ao terceiro grupo de IAC. Além disso, a inclusão do dado sobre a perda de floresta primária tropical no Brasil sugere que os(as) estudantes relacionaram com saberes oriundos de outras estações da SECI-RPE, reforçando o potencial da SECI-RPE como recursos didático organizador de um percurso investigativo interdependente e colaborativo (Coussirat, 2020; Horn & Staker, 2015). Esse movimento também articula, ainda que implicitamente, as dimensões de conhecimento de sistemas e de eficácia propostas por Kaiser e Fuhrer (2003), ao conectar o fenômeno do desmatamento a suas consequências mensuráveis.

Outro excerto das respostas dos(as) estudantes na **estação 2 (RPEEM)** sugere um enfoque ainda maior **no levantamento de hipóteses, justificativa, previsão e explicação**:

Vamos começar com a confirmação da região brasileira marcada em amarelo, no caso seria o norte e nordeste. Por lá é realmente mais abafado e seco. Temos de exemplo a falta de água e as queimadas da Amazônia. Normalmente durante a noite é mais frio por causa da umidade. O sul está como roxo, realmente é quente, porém o clima acaba se esfriando devido as precipitações e os extremos hídricos (E1R2G8).

A interpretação dos dados do gráfico dessa estação levou à busca por outros conceitos para explicar os efeitos climáticos nas diferentes regiões do Brasil caso a temperatura global aumente em 2°C. Ao mesmo tempo em que é possível perceber o confronto com conhecimentos prévios dos(as) estudantes, verifica-se a organização das ideias com raciocínio proporcional para relacionar os efeitos das MCGs com as características climáticas das regiões geográficas brasileiras. Sendo assim, a construção de entendimento feita por esse grupo resultou na suposição fundamentada por exemplos e na relação entre temperatura, umidade e precipitações, utilizando tanto a linguagem de sala de aula, quanto termos científicos.

O movimento de confrontar o material didático com saberes anteriores para construir previsões e explicações é precisamente o que o EnCI visa provocar ao propor situações-problema que exijam mais do que a reprodução de informações (Carvalho, 2013; Sasseron, 2015). A contextualização entre a linguagem cotidiana e termos científicos no registro escrito é, nesse sentido, um indício do processo de negociação de significados que, conforme Sasseron e Carvalho (2011), aproxima o(a) estudante de uma cultura científica escolar sem desconsiderar os saberes que traz consigo. Desse modo, observa-se um aspecto estruturante para que a AC se desenvolva como leitura de mundo crítica e significativa, e não como substituição de um saber pelo outro (Freire, 1989).

Análise das Frequências e Reflexões sobre os Indicadores da Alfabetização Científica após a Sequência de Ensino Crítico-Investigativo – Rotação por Estações

Os dados foram tabelados de acordo com as escolas, representadas pela letra E (E1 à E3), e as respostas dos grupos de cada escola foram inseridos quantitativamente em conjunto. Neste momento, direciona-se a análise para as dos IAC de acordo com as escolas, exemplificando com excertos de diferentes grupos das escolas citadas, compreendendo as escolas E1 e E2 com participantes do EM e a escola E3 com participantes do EF. Vale ressaltar que número de participantes variou de acordo com cada escola no presente estudo, conforme detalhado na seção do Percorso Metodológico.

Considerando as análises dos grupos que apresentaram pelo menos um dos IAC em suas respostas, sugere-se que houve a construção inicial ou consolidada

das ideias dos(as) participantes sobre a temática das MCG, conforme a tabela 2 a seguir.

Tabela 2

Frequência absoluta de IAC encontrados nas respostas dos(as) participantes da pesquisa por escola.

Indicador	Escola 1 (E1)	Escola 2 (E2)	Escola 3 (E3)	Total de IAC
Seleção	8	5	3	16
Organização	0	0	1	1
Classificação	6	3	0	9
Raciocínio lógico	7	3	0	10
Raciocínio proporcional	9	2	3	14
Levantamento de hipóteses	8	5	1	14
Teste de hipóteses	0	0	0	0
Justificativa	8	2	2	12
Previsão	10	2	1	13
Explicação	13	2	2	17

No recorte da amostra de participantes do EM (E1 e E2), destaca-se a ocorrência ou ausência dos IAC nos grupos das duas escolas. Primeiramente, o IAC de **organização das informações** não ocorreu em nenhum dos grupos, e em alguns casos, somado à ausência de outros IAC sobre a dimensão de **trabalho com dados de uma investigação** aponta uma lacuna a ser preenchida. Essa dimensão tem importância para a realização da investigação, apesar de não ser um impeditivo, bem como para os processos cognitivos que complementam a AC no que se refere à estruturação do pensamento e do entendimento significativo da investigação realizada (Pizarro & Júnior, 2015; Sasseron&Carvalho, 2008).

Da mesma forma, observa-se a ausência do IAC de **estruturação do pensamento** em Ciências nas respostas de alguns dos grupos de participantes das duas escolas. As duas formas de raciocínio são trabalhadas ao longo da vida escolar e são processos cognitivos que poderiam ser provocados em estudantes do EM na e pela AC através da abordagem investigativa realizada. Para preencher essa lacuna, desponta a necessidade de se planejar práticas educativas que desenvolvam a capacidade de **relacionar e hierarquizar informações** ao trabalhar com diferentes conceitos das Ciências, sendo uma característica importante da formação dos indivíduos durante a escolarização (Rosa et al., 2023).

No contexto do EF, os dados coletados revelam um processo de AC mais incipiente e com mais lacunas em termos dos IAC. Considerando a idade e o nível de ensino, os grupos de estudantes do EF demonstraram a capacidade de

selecionar os dados da investigação que realizaram. Esse resultado é relevante pois, de acordo com o argumento e a apresentação dos dados discutidos nos parágrafos anteriores, tal processo cognitivo pode ter sido relevante nos grupos de participantes que também apresentaram a relação entre os diferentes conceitos e o porquê das respostas aos desafios propostos durante a investigação que realizaram. Dessa forma, a ausência de determinados IAC, conforme discutido no início dessa seção, também devem ser contextualizada com o grau de dificuldade das atividades, que pode se relacionar com obstáculos na aprendizagem, desinteresse ou falta de dedicação durante as atividades, e não necessariamente à ausência do desenvolvimento de conhecimentos ou da impossibilidade de que se promova a AC desses(as) estudantes.

Apenas a dimensão do **teste de hipóteses** não foi encontrada em nenhum dos trechos analisados, o que sugere que esse indicador tende a ocorrer quando o EnCI trata de um problema experimental, facilitando o manuseio com materiais e equipamentos de determinado experimento que, consequentemente, pode favorecer o levantamento e teste de hipóteses (Sasseron & Carvalho, 2008). Porém, a problematização inicial e o modo como mobiliza a relação do sujeito com o objeto por meio de recursos didáticos (textos científicos, vídeos, imagens, entre outros), mesmo de caráter teórico e com planejamento e execução adequados, ainda pode levar à ocorrência do referido indicador (Rosa et al., 2023).

A partir dos trechos analisados, compreende-se que os(as) estudantes demonstraram diferentes IAC ao elaborarem suas respostas, no entanto, de maneira coletiva. Embora atividades desse caráter possam dispor de maior ou menor participação de membros do grupo, a interação social e a discussão para um consenso a ser registrado de maneira escrita sugerem um grau mínimo de construção de entendimento, que também perpassa a individualidade de cada estudante.

Nesse sentido, cabe destacar que as ideias iniciais ou consolidadas apresentadas pelos(as) participantes podem ser referência para os processos de ensino e aprendizagem e, particularmente, da AC. Essa inferência é fundamentada pela maior presença do primeiro e do terceiro grupo de IAC (26 e 46 ocorrências, respectivamente), sugerindo a habilidade dos(as) estudantes em trabalhar com os dados de uma investigação e expressar algum nível de entendimento sobre a situação analisada (Pizarro & Júnior, 2015; Sasseron & Carvalho, 2008). Porém, em algumas das respostas foi observado a presença de IAC sobre habilidades e argumentação sem a utilização de todos os recursos disponíveis.

Não foram encontradas menções explícitas ao material de apoio ou às discussões com a turma ou intragrupos, na elaboração dos conhecimentos e argumentos apresentados na escrita coletiva. Em contrapartida, através das interações discursivas observadas durante a aplicação da SECI-RPE, notou-se a presença de um senso crítico por parte dos(as) estudantes e a mobilização de fundamentações baseadas nos materiais presentes nas próprias estações. Portanto, o uso de recursos da linguagem científica, como, por exemplo, gráficos e imagens, pode potencializar o contato com essa forma de compreensão conceitual, cultural e social da Ciência.

A estruturação da SECI-RPE aplicada evidencia que suas etapas, desde o planejamento até a sistematização dos conhecimentos e avaliação do processo didático, foram realizadas por meio de uma perspectiva socioambiental e crítica das MCGs. Os conhecimentos científicos e ambientais mobilizados através do uso da linguagem científica indicam o processo de AC e apontam para a possibilidade de explorar a relação temática como um tema sociocientífico para uma aprendizagem integrada e crítica (Giordan & Gomes, 2024), pois aspectos limítrofes entre Ciência e outras esferas de produção de conhecimento da sociedade podem ser reveladas, apesar de não terem sido encontradas nos registros textuais dos(as) participantes desse estudo.

Portanto, o objetivo de alfabetizar cientificamente os(as) estudantes participantes do estudo sugere que a AC é um processo com diferentes etapas e níveis que estariam relacionados a diferentes momentos de aula de Ciências e Biologia. A ausência ou presença parcial de alguns IAC revelam lacunas que podem ser resolvidas de acordo com as dinâmicas de cada contexto escolar, visando o desenvolvimento da construção do conhecimento científico. Apesar disso, destaca-se a tentativa dos(as) estudantes de relacionar a dimensão conceitual do conhecimento científico debatido em sala de aula com os fenômenos naturais investigados (Sasseron & Carvalho, 2011).

Por fim, a escolha pelo tema das MCGs demonstrou ter potencial didático e científico para análise do processo de AC e uma relação com o trabalho pedagógico interdisciplinar. Apesar da justificativa ser pautada na importância curricular da temática, a temática da MCGs é, na natureza do seu fenômeno, uma questão complexa e que envolve diferentes variáveis, tipos de conhecimentos e disciplinas, caracterizando-se como pedagogicamente adequada no EF e EM para trabalhar a AC de forma interdisciplinar, rompendo com os conteúdos disciplinares tradicionais. Dessa forma, a MCGs permite um movimento importante para a EC e a EAC, que

abrange o estudo e compreensão sobre esse fenômeno através das contribuições das diferentes áreas de conhecimento com um viés crítico.

Considerações Finais

O presente estudo investigou a articulação entre a EC e a EAC como base para a AC no contexto urgente das MCGs. Ressaltamos que a escola é um espaço fundamental para formar cidadãos críticos, capazes de se engajarem com questões socioambientais complexas por meio de práticas pedagógicas que integrem conhecimentos conceituais, habilidades procedimentais e valores atitudinais.

A aplicação da SECI-RPE demonstrou ser uma ferramenta didática favorável ao processo de AC na intersecção entre EC e EAC. Os resultados indicam seu potencial para avaliar diferentes indicadores de AC e promover uma compreensão mais complexa das questões socioambientais por meio de uma cultura científica escolar. Observou-se uma diferença no desenvolvimento dessas competências, uma vez que alunos do EM apresentaram avanços mais consolidados no processo de AC do que aqueles do EF, sugerindo um caráter gradual e cumulativo das habilidades cognitivas e argumentativas relacionadas ao ensino e aprendizagem de Ciências.

Sugere-se que a variedade de recursos, a colaboração entre pares e a orientação do professor são pedagogicamente relevantes para o EnCI e a AC. Nesse contexto, foi possível contextualizar o conhecimento científico a suas dimensões políticas e socioculturais, criando espaço para os estudantes expressarem interpretações próprias e fundamentadas nos registros analisados. Suas produções revelaram distintos graus de complexidade epistêmica, demonstrando progressos no uso da linguagem técnica, na construção de explicações e no raciocínio baseado em evidências científicas e outros saberes relacionados às MCGs.

Contudo, as limitações do presente estudo referem-se à análise coletiva das respostas, que reduz a possibilidade de identificação detalhada do desenvolvimento individual dos(as) estudantes e que não revela variações importantes do processo de AC. Ainda, a ausência de atividades experimentais pode ter dificultado o surgimento de determinados IAC, particularmente o de teste empírico de hipóteses.

Reconhece-se, porém, que a metodologia da SECI-RPE pode ser adequada como uma estratégia pedagógica flexível e eficaz, capaz de se adaptar à diferentes níveis de ensino e condições socioeconômicas. Para futuras pesquisas, recomenda-se o aprofundamento da investigação da AC através da temática das

MCGs que permitam o levantamento e teste de hipóteses, ampliando assim as competências investigativas e argumentativas dos(as) estudantes. Pesquisas longitudinais que acompanhem a evolução da AC nos diferentes contextos escolares podem contribuir para compreender amplamente esse processo ao longo do tempo e o impacto das escolhas didático-metodológicas de professores(as). Ademais, a análise das relações entre AC e atitudes e conhecimentos ambientais, considerando as especificidades culturais e socioeconômicas, pode oferecer subsídios para políticas educacionais, formação para a cidadania e transformação social em um contexto climático cada vez mais urgente.

Por fim, o presente estudo reafirma a importância de intervenções didáticas que privilegiem abordagens investigativas e temáticas sociocientíficas para fomentar uma AC contextualizada e significativa em interseção com uma EAC. Dessa forma, a escola contribuirá na formação de indivíduos mais preparados para compreender os desafios do século XXI, sobretudo mais comprometidos com a construção de uma sociedade pautada pela justiça socioambiental.

Referências

- Alisson, E. (2022, 20 de abril). *Reduzir as emissões de gases de efeito estufa pelo uso da terra é essencial para atingir metas climáticas*. Agência FAPESP. <https://agencia.fapesp.br/reduzir-as-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-pelo-uso-da-terra-e-essencial-para-atingir-metas-climaticas/38400#:~:text=Elton%20Alisson%20%7C%20Agência%20FAPESP%20-%20A,1%2C5%20°C%20até%202030>
- Barbosa, R. de A. (2023). *Conhecimentos e atitudes ambientais: estudo através da interconexão entre a educação em Ciências e a Educação Ambiental* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Lume Repositório Digital. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/276361#>
- Biernath, A; Costa, C; Souza, C. (2024, 6 de maio). *Os gráficos e imagens que mostram dimensão da tragédia das chuvas no Rio Grande do Sul*. BBC News Brasil. <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c72p96eqkvxo>
- Berland, L. K., & Reiser, B. (2011). Classroom communities' adaptation of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 95(2), 473–498. <https://doi.org/10.1002/sce.20420>

- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp: The European sustainability competence framework* (Y. Punie & M. Bacigalupo, Eds.; EUR 30955 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/13286>
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação é a base – Ensino Médio*. MEC/CONSED/UNDIME.
- Braun, T., & Dierkes, P. (2019). Evaluating three dimensions of environmental knowledge and their impact on behaviour. *Research in Science Education*, 49, 1347–1365. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9658-7>
- Cardoso, M. J. C., & Scarpa, D. L. (2018). Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 1025–1059. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831025>
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (pp. 1–20). Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Chassot, A. (2000). *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Editora Unijuí.
- Coertjens, L., Boeve-de Pauw, J., De Maeyer, S., & Van Petegem, P. (2010). Do schools make a difference in their students' environmental attitudes and awareness? Evidence from PISA 2006. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 497–522. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9200-0>
- Coulibaly, T., Islam, M. & Managi, S. (2020). The Impacts of Climate Change and Natural Disasters on Agriculture in African Countries. *Economics of Disasters and Climate Change*, 4, 347–364. <https://doi.org/10.1007/s41885-019-00057-9>

- Coussirat, R. S. S. (2020). *Rotação por estações como estratégia para o ensino de radiações e radioatividade para estudantes de ensino médio* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Lume Repositório Digital. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/215080>
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Fisher Stevens (Diretor). (2016). *Before the Flood* [Seremoshistória?] [Documentário]. RatPacDocumentary Films; NationalGeographic.
- Freire, P. (1989). A importância do ato de ler: Em três artigos que se completam. Autores Associados; Cortez.
- Frick, J., Kaiser, F. G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: Exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597–1613. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.02.015>
- Gatti, L. V., Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., Cassol, H. L. G., Tejada, G., Aragão, L. E. O. C., Nobre, C., Peters, W., Marani, L., Arai, E., Sanches, A. H., Corrêa, S. M., Anderson, L. O., von Randow, C., Crispim, S. P., & Neves, R. A. L. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595, 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>
- Giordan, M., & Gomes, G. S. (2024). O papel do problema nas questões sociocientíficas e na dinâmica discursiva da sala de aula. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 26, e48596. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240186>
- Gnt, C. (2021, 20 de setembro). #7 Ailton Krenak e uma pergunta: o que é VIVER BEM para você? Menos é mais? Tecnologias da Esperança. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=tOLDIb-EXRg>
- Horn, M. B., & Staker, H. (2015). *Blended: Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação* (M. C. G. Monteiro, Trad.). Penso.

- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic practices and scientific practices in science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 69–80). Sense Publishers.
- Kaiser, F. G., & Fuhrer, U. (2003). Ecological behavior's dependency on different forms of knowledge. *Applied Psychology: An International Review*, 52(4), 598–613. <https://doi.org/10.1111/1464-0597.00153>
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: Advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70. <https://doi.org/10.5167/uzh-9249>
- Loureiro, C. F. B. (2012). *Sustentabilidade e educação: Um olhar da ecologia política*. Cortez.
- Mota, M. (2020, 26 de agosto). *O efeito das mudanças climáticas na agricultura do Brasil*. Digital Agro. <https://digitalagro.com.br/2020/08/26/o-efeito-das-mudancas-climaticas-na-agricultura-do-brasil/>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press. <https://www.nextgenscience.org/>
- ONU News. (2025, 28 de março). *Brasil teve 10 eventos climáticos extremos em 2024*. Clima e Meio Ambiente, ONU News. <https://news.un.org/pt/story/2025/03/1846766>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy and collaborative problem solving*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- Penha, S. P., Carvalho, A. M. P., & Vianna, D. M. (2015). Laboratório didático investigativo e os objetivos da enculturação científica: Análise do processo. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, 5(2), 6–23. <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/3107/1427>
- Pizarro, M. V., & Junior, J. L. (2015). Indicadores de alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. *Investigações em Ensino*

- Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 486–511. <https://doi.org/10.1002/tea.20415>
- Rosa, G. G., Lima, N. W., & Cavalcanti, C. J. H. (2023). De que cidadania estamos falando? Uma revisão de literatura das pesquisas em educação em ciências com perspectiva de formação para cidadania. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 25, 1–28. <https://doi.org/10.1590/1983-21172023250108>
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(Edição Especial), 67–79. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Sasseron, L. H. (2018). Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: Uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18, 1061–1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- Sasseron, L. H. (2021). Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: Análise de uma situação. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, e26063. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230101>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333–352. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, 17(1), 97–114. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>
- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: O papel do professor e o engajamento dos estudantes.

Investigações em Ensino de Ciências, 21(2), 52–67.
<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52>

Scarpa, D. L., & Campos, N. F. (2018). Potencialidades do ensino de Biologia por investigação. *Estudos Avançados*, 32(94), 25–41.
<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>

Scarpa, D. L., & Silva, M. B. (2013). A Biologia e o ensino de ciências por investigação: Dificuldades e possibilidades. In A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (pp. 152–172). São Paulo: Cengage Learning.

Selvagem, C. E. S. V. (2019, 27 de setembro). *Ailton Krenak e a ideia do Antropoceno*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ZnuUIWA0I24>

Silva, C. E. da, & Teixeira, S. F. (2019). Educação ambiental no Brasil: Reflexões a partir da década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (2005–2014). *Educação*, 44, 1–20.
<https://doi.org/10.5902/1984644436261>

Solino, A. P., & Sasserone, L. H. (2018). Investigando a significação de problemas em Sequências de Ensino Investigativa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(2), 104–129. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p104>

NOTAS

TÍTULO DA OBRA

Alfabetização Científica e Educação Ambiental: indicadores do processo em uma intervenção didática sobre as Mudanças Climáticas Globais.

Renan de Almeida Barbosa

Doutor em Educação em Ciências

Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Microbiologia e Parasitologia/Instituto de Biologia, Pelotas, Brasil
renanabh38@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0671-6328>

Atualmente é Professor Substituto do Magistério Superior na Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), da área do Ensino de Ciências e Biologia. Possui doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com período de intercâmbio ("sanduíche") na Eberhard Karls Universität Tübingen, associado do departamento Didaktik der Biologie e sob supervisão do prof. dr. Christoph Randler. Mestre em Educação em Ciências pela (UFRGS). Membro do Grupo de Pesquisa e Estudos em Educação do Campo e

Ciências da Natureza (GPEEC-NATUREZA), da mesma instituição. Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). Tem experiência como professor de Ciências e Biologia da rede pública e privada de ensino. Possui experiências em atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas à Biologia. Desenvolve pesquisa sobre abordagens didático-pedagógicas para o Ensino de Ciências, com enfoque em Educação Ambiental, Biologia e Ciências da Natureza.

José Vicente Lima Robaina

Doutor em Educação

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Ensino e Currículo/Faculdade de Educação, Porto Alegre, Brasil

joserobaina1326@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4604-3597>

Professor Adjunto do Campus Porto Alegre, Departamento de Ensino e Currículo (DEC), da Faculdade de Educação (FACED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), atuando em cursos de graduação e pós-graduação dessa instituição, da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Coordenador do Grupo de Pesquisa e Estudos em Educação do Campo e Ciências da Natureza e do Grupo de Pesquisa Educação Integral na Escola e na Sociedade: sujeitos, territórios, dimensões e interfaces. Possui Pós Doutorado em Educação e Educação do Campo FACED/UFRGS (2017), Doutorado em Educação pela UNISINOS (2007), Mestrado em Educação pela UFRGS (1996), Especialização em Toxicologia Aplicada, PUCRS (1987), Especialização em Educação Química, UFRGS (1990), Graduação em Licenciatura Curta em Ciências, PUCRS (1982), Graduação em Licenciatura Plena em Química PUCRS (1985). Tem experiência na área de Ensino de Química, Ensino de Ciências e Educação do Campo, com ênfase em Materiais Didáticos e Alternativos para o ensino-aprendizagem, atuando nos seguintes temas: Formação de Professores, Clubes de Ciências, Educação em Ciências, Educação do Campo, Educação Ambiental, Educação em Química, Ensino-aprendizagem de Ciências e Química, PIBID e Prevenção de Drogas na Escola.

Endereço de correspondência do principal autor

Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas

Travessa André Dreyfus, s/n, Prédio 25

Instituto de Biologia

96010900

Pelotas, RS, Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela financiamento de bolsa de doutorado que possibilitou a pesquisa e às escolas e respectivas comunidades escolares envolvidas no presente estudo.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Concepção e elaboração do manuscrito: Barbosa, R. Robaina, J.V.L.

Coleta de dados: Barbosa, R.

Análise de dados: Barbosa, R. Robaina, J.V.L.

Discussão dos resultados: Barbosa, R. Robaina, J.V.L.

Revisão e aprovação: Barbosa, R. Robaina, J.V.L.

FINANCIAMENTO: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM: Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA: Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 57490922.4.0000.

CONFLITO DE INTERESSES: Não se aplica

LICENÇA DE USO

Os autores cedem à revista **Alexandria** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution](#) (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

HISTÓRICO

Recebido em: 26-09-2025 – Aprovado em: 01-07-2026 – Publicado em: 26-08-2026