

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Ciência cidadã para a promoção da educação científica em escolas: um relato de múltiplos casos

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes^{1,2,3*} , Janaína Dutra Gonzalez³ , Gustavo Bellini Monteiro³ , Jussara Almeida Bezerra³ , Diana Ribas Rodrigues Roque⁴ , Emerson Joucoski⁵ , Michelle Mendes⁶ , Debora Larissa Brum⁶ , Rodrigo Arantes Reis⁵ 

¹ Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Ciências Naturais e Humanas, Campus São Bernardo do Campo, Sala 287 - bloco Delta, Alameda da Universidade, s/n, São Bernardo do Campo, SP, Brasil, 09606-045

² Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Av. José Ruschi, 4, Santa Teresa, ES, Brasil, 29650-000

³ Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática, Universidade Federal do ABC, Avenida dos Estados, 5001, Santo André, SP, Brasil, 09210-580

⁴ Universidade do Colorado, 914 Broadway Boulder, CO, Estados Unidos da América, 80302

⁵ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua XV de Novembro, 1299, Curitiba, PR, Brasil, 80060-000

⁶ Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Paraná, R. Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100 , Centro Politécnico, 4o andar, Curitiba, PR, Brasil, 81531-980

*Autor para correspondência:
E-mail: natalia.lopes@ufabc.edu.br

Recebido: 31/08/2023

Accepted: 15/07/2024

Resumo

A ciência cidadã (CC), processo que envolve o público na pesquisa científica, oferece oportunidades educacionais práticas e experiências, abordando problemas do mundo real. O presente artigo explora o potencial e os desafios da integração da CC na educação científica escolar no Brasil, focando em múltiplos casos realizados em dois contextos: o Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da Universidade Federal do ABC (CitSci UFABC) e o Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE). Utilizando metodologia empírica, qualitativa, descritiva e exploratória, relatamos seis casos de aplicação de atividades de CC, desenvolvidos em escolas públicas e privadas nas regiões Sudeste e Sul do país. Consideramos os objetivos de aprendizagem propostos, os métodos de coleta de dados e as aprendizagens proporcionadas (evidenciadas pela coleta de dados). Os resultados indicam que a CC pode enriquecer significativamente a educação científica nas escolas ao fomentar a compreensão de conceitos científicos, aumentar a percepção de autoeficácia para a ciência, promover o desenvolvimento de habilidades de investigação, e o conhecimento sobre a natureza da ciência. Destacamos, ainda, alguns desafios específicos do ambiente escolar, como garantir a qualidade dos dados, integração curricular e apoio contínuo aos educadores. Concluímos enfatizando a necessidade de rigorosos processos de avaliação e formação continuada para professores, a fim de maximizar o potencial da ciência cidadã como um processo pedagógico eficaz.

Palavras-chave: Alfabetização científica, aprendizagem ativa, cidadania científica, evidências de aprendizagem, interdisciplinaridade

Citizen science for the promotion of science education in schools: a multiple case report

Abstract

Citizen Science (CS), a process that involves the public in scientific research, offers practical and experiential educational opportunities, addressing real-world problems. The present article explores the potential and challenges of integrating CS into school-based scientific education in Brazil, focusing on multiple cases carried out in two contexts: the Citizen Science and Environmental Conservation Research Group at the Federal University of ABC (CitSci UFABC) and the Interinstitutional Program for Citizen Science in Schools (PICCE). Utilizing empirical, qualitative, descriptive, and exploratory methodology, we report six cases of CS activities implemented in both public and private schools in the Southeast and South regions of the country. The proposed learning objectives, data collection methods, and the learnings provided (as evidenced by data collection) were considered. The results indicate that CS can significantly enrich scientific education in schools by fostering the understanding of scientific concepts, increasing the perception of self-efficacy for science, promoting the development of investigative skills, and awareness about the nature of science. We also highlight specific challenges in the school environment, such as ensuring data quality, curricular integration, and ongoing support for educators. We conclude by emphasizing the need for rigorous evaluation processes and continuing education for teachers to maximize the potential of citizen science as an effective pedagogical process.

Keywords: Active learning, evidence of learning, interdisciplinarity, scientific citizenship, scientific literacy

INTRODUÇÃO

A ciência cidadã (CC) refere-se à participação pública em atividades de pesquisa científica, geralmente através da coleta de dados, análise de amostras e dados ou, ainda, na divulgação dos resultados das pesquisas (Bonney *et al.* 2014). Adicionalmente, há possibilidade de envolvimento das pessoas interessadas em fazer ciência (denominados de cientistas cidadãos) em qualquer etapa do processo científico, desde a elaboração de perguntas de pesquisa até a discussão dos resultados e elaboração de novos questionamentos a partir destes (Shirk *et al.* 2012; Haklay *et al.* 2021). Na última década, tem havido um crescente interesse em aproveitar o potencial desta abordagem para a promoção da educação científica nas escolas (Bonney *et al.* 2016; Shah e Martinez 2016; Phillips *et al.*

2018; Ballard 2023), catalisado pelos movimentos de democratização da informação e avanços tecnológicos (Haklay 2013).

A inserção da CC nas escolas pode acontecer com base: 1. na adaptação de um protocolo científico já existente; 2. em protocolos desenvolvidos de forma autônoma pelos professores com base nas demandas locais e validados por especialistas e 3. em parcerias locais entre cientistas e professores, e colaboração dos estudantes nos projetos (Harlin *et al.* 2018). Em todos os casos, os projetos de ciência cidadã escolares devem seguir os princípios da ciência cidadã (Robinson *et al.* 2018), em especial a questão da publicação e disponibilização dos dados, sempre que possível em plataformas abertas, ou envio dos mesmos para cientistas ou tomadores de decisão (princípio 7); a avaliação da qualidade dos dados e da experiência dos

participantes (princípio 9); e os benefícios dos projetos para cientistas e cidadãos científicos (princípio 3).

Dentre as diversas oportunidades para a promoção da educação científica por meio de processos de CC nas escolas, várias vantagens podem ser destacadas. Primeiramente, a CC oferece aos alunos oportunidades de aprendizado prático e experiencial que podem fomentar uma compreensão mais profunda dos conceitos e processos científicos (Trumbull *et al.* 2000).

Ao participar de projetos científicos reais (e não simulações de ciência – princípio 2 da CC), os alunos ganham experiência direta com coleta e análise de dados, formulação de hipóteses e planejamento experimental (Raddick *et al.* 2013). Além disso, esses projetos frequentemente abordam problemas do mundo real, como conservação ambiental ou questões de saúde pública (Silvertown 2009), tornando o aprendizado mais relevante e promovendo engajamento, sentimento de corresponsabilidade e fomentando a alfabetização científica (Sasseron e Carvalho 2011; Shirk *et al.* 2012).

A CC também apoia a democratização da ciência (Irwin 1995) e pode promover a diversidade e inclusão na ciência (Paleco *et al.* 2021) e na sociedade (Chassot 2003). Além das habilidades científicas, a CC também incentiva o desenvolvimento de habilidades sociais essenciais, como colaboração, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas (Ballard *et al.* 2017). Ainda, promove habilidades socioemocionais, como empatia, motivação, autoconhecimento, entre outras (Mintz *et al.* 2023).

Seis resultados individuais de aprendizagem em CC foram organizados em um modelo por Phillips *et al.* (2018): 1. Interesse pela ciência e meio ambiente; 2. Autoeficácia para a ciência e meio ambiente; 3. Motivação para a ciência e meio ambiente; 4. Conteúdo, processo e natureza do conhecimento científico; 5. Habilidades de investigação científica; 6. Comportamentos e atitudes. Diversos trabalhos no campo da ciência cidadã para a educação ambiental mediram estes resultados e evidenciaram resultados positivos para adultos e jovens (Ballard *et al.* 2024).

Entretanto, apesar de seu potencial, existem vários desafios para a integração efetiva da CC nas práticas pedagógicas escolares. Um desses desafios é a qualidade e integridade dos dados que são gerados pelos estudantes, já que há potencial para erros na coleta e interpretação de dados, o que pode comprometer o uso dos mesmos para a ciência e a gestão (Lukyanenko *et al.* 2016). A integração curricular também é complexa, pois alinhar projetos de CC com os padrões curriculares existentes pode requerer tempo e recursos consideráveis

(Kobori *et al.* 2016). Adicionalmente, as perguntas de pesquisa na CC escolar devem ser adaptadas à faixa etária dos alunos e utilizar metodologias simples com habilidades técnicas básicas, incluindo treinamento prévio para coleta de dados. Destaca-se também a importância de não sobrecarregar os alunos com tarefas adicionais, para evitar desmotivação, considerando que a participação não é voluntária e eles já possuem muitas outras obrigações escolares (Shah e Martinez 2016). Além disso, questões éticas e legais, como preocupações com privacidade, consentimento e direitos de propriedade intelectual, podem surgir, especialmente quando menores de idade estão envolvidos (Riesch e Potter 2014). A implementação efetiva também requer formação de professores (PPGECM 2023) e apoio contínuo, o que pode demandar muitos recursos (Crall *et al.* 2013).

No presente artigo serão relatados seis casos brasileiros de ciência cidadã escolar, provenientes de dois contextos: 1) Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da Universidade Federal do ABC (CitSci UFABC) – quatro casos; e 2) Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã na Escola (PICCE) – dois casos.

Uma breve descrição dos contextos nos quais os casos foram concebidos

O Grupo de Pesquisa em Ciência Cidadã e Conservação Ambiental da UFABC (CitSci UFABC)

O grupo foi iniciado em 2014, com sede na Universidade Federal do ABC, e objetiva a pesquisa sobre o processo de ciência cidadã voltado à educação científica, conservação ambiental e levantamento de padrões de biodiversidade. O grupo (dados até junho de 2024) vem formando pesquisadores de graduação (12 trabalhos concluídos), mestrado (sete concluídos), doutorado (um em andamento) e supervisionados (trabalhos de nove bolsistas do Programa de Capacitação Institucional do INMA - seis encerrados e cinco em andamento - veja alguns resultados em Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Dentre as atividades do grupo, foram oferecidas três edições (2016, 2019 e 2024) de um curso de extensão de formação inicial e continuada de professores para a inclusão da ciência cidadã em práticas pedagógicas em sala de aula. Em 2023, este curso foi adaptado e oferecido em parceria com o Instituto Nacional

da Mata Atlântica, para professores em exercício e licenciandos atuantes no estado do Espírito Santo. Os próprios integrantes do grupo também já organizaram cursos de formação (Projeto “Educação Alimentar Sustentável no cotidiano escolar” e Projeto “De Olho na Costa”). Os projetos de mestrado e doutorado estão vinculados aos programas de Pós-Graduação em Evolução e Diversidade e de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática, ambos da UFABC. O grupo já produziu três sequências de ensino-aprendizagem com CC e seis livros de apoio para a inclusão da CC na educação básica.

O Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã nas Escolas (PICCE)

O PICCE foi idealizado como uma proposta integrada, que une os conceitos de ciência cidadã, divulgação científica e engajamento público em ciência, com o objetivo de promover a cultura científica e democratizar o acesso a conhecimentos científicos no estado do Paraná. Criado em 2019, o PICCE é uma parceria da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Instituto Federal do Paraná (IFPR), Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Fundação Araucária e Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR), com o apoio do GLOBE (*Global Learning and Observations to Benefit the Environment*) da NASA. O Programa conta com 45 pesquisadores, 89 bolsistas e dez voluntários, atuando no desenvolvimento de 16 protocolos de ciência cidadã, construção de aplicativos e plataformas de dados de ciência aberta, cursos de formação continuada para professores, avaliação e comunicação. Em 2023, foram publicados 16 guias de campo referentes aos protocolos construídos pela equipe do PICCE, junto a dois *e-books* de fundamentação teórica sobre ciência cidadã, dois encontros formativos, além de diversas pesquisas em andamento, sendo duas dissertações de mestrado, três teses de doutorado, dois pós-doutorados, em diversos cursos de graduação e pós-graduação, concretizando o caráter interdisciplinar do projeto. Por fim, ainda em 2023 foi oferecida a primeira edição do curso de formação continuada para professores da rede estadual de ensino, com 500 vagas, por meio da Universidade Virtual do Estado do Paraná.

Metodologia de análise

Adotamos, no presente artigo, uma perspectiva empírica, qualitativa, descritiva e exploratória, com vistas a analisar o fenômeno da abordagem da ciência cidadã em espaços escolares. Para isso, adotamos o referencial teórico-metodológico do estudo de múltiplos casos de Yin (2010). Cada caso será constituído de uma proposta de ciência cidadã desenvolvida em espaço escolar, envolvendo temas e níveis de ensino específicos. Utilizaremos quatro casos oriundos do grupo CitSci UFABC e dois casos do PICCE. Para cada caso, serão apresentados os objetivos de aprendizagem pretendidos, os passos adotados para o desenvolvimento da proposta, os métodos empregados para a coleta de dados que evidenciassem aprendizagens e, finalmente, as aprendizagens que foram proporcionadas. Após a apresentação dos casos, será proposta uma síntese contendo os principais resultados obtidos pelo conjunto de casos e serão indicados caminhos futuros de pesquisas na área.

Os casos

Investigando a biodiversidade do jardim da escola

Objetivos de aprendizagem: Reconhecer os conceitos de ‘biodiversidade’, ‘ciência’, ‘cientista’ e ‘ciência cidadã’; formular perguntas científicas para investigação da biodiversidade da escola; realizar uma investigação; divulgar os resultados da pesquisa realizada.

Desenvolvimento: A iniciativa foi uma proposta de ciência cidadã cocriada (Shirk *et al.* 2012) com abordagem *question-first* (Parris *et al.* 2023) por meio da aplicação de uma Sequência de Ensino-Aprendizagem com Ciência Cidadã (SEACC) com 96 estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental de uma escola municipal do ABC paulista. A SEACC foi dividida em 13 etapas (Gonzalez e Ghilardi-Lopes 2024), sendo que as etapas iniciais (1 a 4) tinham como objetivos gerais aspectos conceituais, referentes à biodiversidade, ao trabalho dos cientistas e à ciência cidadã. Entre as etapas 5 e 8, o foco foi criar condições para formulação de questões de pesquisa produtivas (Jelly 2001) sobre a biodiversidade do jardim da escola. As últimas etapas (9 a 13) relacionavam-se à investigação científica das questões de pesquisa definidas por cada um dos 21 grupos de estudantes. A coleta de dados se deu por

meio da análise do Diário de Pesquisa dos estudantes, da transcrição de trechos de gravação de aulas referentes às etapas 3, 5, 7 e 8, além de questões respondidas em questionários pré- e pós-intervenção pelos participantes.

Aprendizagens proporcionadas: A avaliação de aprendizagem foi pautada em Phillips *et al.* (2018), sobre os indicadores: I - Interesse na ciência; II - Conhecimento de conteúdo científico; e III - Habilidades de investigação científica. Observou-se que, inicialmente, 90,6% dos estudantes estavam interessados em aprender sobre biodiversidade e, ao término da SEACC, 86,5% mantiveram o interesse. Sobre ser cientista, 50% manifestaram interesse inicialmente e, ao final, 41,7% (Indicador I). Esse resultado demonstra que não houve aumento no interesse na ciência pelos estudantes em questão. Sobre os conceitos de biodiversidade e ciência cidadã, os estudantes responderam inicialmente que sabiam o significado de ambos, respectivamente em 2,1% e 6,2% dos casos. Ao término da SEACC o resultado foi de 92,7% e 79,2%, respectivamente, indicando que aumentaram seu conhecimento de conteúdo científico. Esses dados convergem com trechos analisados das falas dos estudantes em aula, como: “biodiversidade são muitos seres vivos do planeta”, ou ainda um trecho do Diário de Pesquisa: “ciência cidadã é quando qualquer um pode fazer ciência, até criança” (Indicador II). Sobre as habilidades de investigação científica (Indicador III), das 201 questões elaboradas pelos estudantes, 135 (67,2%) eram produtivas, ou seja, passíveis de serem respondidas por meio de investigação científica. Dentre as questões produtivas, 20,7% não eram compatíveis com os objetivos propostos para a SEACC e 79,3% eram possíveis de serem investigadas na escola. Ao final, foram investigadas 21 questões elaboradas pelos grupos de estudantes. Os resultados foram divulgados para a comunidade escolar, publicados em um *e-book* (<https://www.livrosdigitais.org.br/livro/2123787WF21Q5QT>), e os registros da biodiversidade da escola foram disponibilizados na plataforma *iNaturalist* (<https://www.inaturalist.org/projects/biodiversidade-do-jardim-da-emef-dom-benedito>).

Ciclo de vida das angiospermas e investigação de fenofases

Objetivos de aprendizagem: Compreensão de conteúdo científico, por meio do reconhecimento das etapas do ciclo de vida das angiospermas; aumento da motivação e da percepção de autoeficácia para a ciência;

e desenvolvimento de habilidades de investigação científica, principalmente observação e coleta de dados.

Desenvolvimento: O estudo se baseou na aplicação de uma SEACC contendo protocolo de ciência cidadã colaborativo de observação fenológica de árvores (inspirado em protocolo de CC já existente proposto por Fuccillo *et al.* 2015). A SEACC utilizou pressupostos do ensino por investigação (Carvalho 2013) sobre o ciclo de vida das angiospermas e foi aplicada para três turmas de 3^a série do ensino médio de uma escola pública estadual da zona norte do município de São Paulo. A SEACC ocorreu ao longo do ano letivo de 2022 e foi dividida em 13 etapas (Monteiro e Ghilardi-Lopes 2024): 1) aplicação de questionário inicial e formulação de hipóteses para uma questão-problema envolvendo frutificação; 2) aula expositiva e dialogada sobre fenologia vegetal; 3) apresentação da pergunta científica do protocolo e sua simulação; 4, 5, 6 e 7) quatro observações fenológicas de árvores da escola, com registro fotográfico e preenchimento de formulário; 8) aula expositiva sobre o ciclo de vida das angiospermas; 9) montagem de um painel representando o ciclo de vida; 10) submissão dos dados coletados na plataforma *Anecdata* (<https://www.anecdata.org/projects/view/1061>), 11) sistematização, análise e interpretação dos dados; 12) retomada e discussão da questão-problema da etapa 1 e 13) aplicação do questionário final e fechamento, com produção de um texto com palavras-chave.

Aprendizagens proporcionadas: Verificou-se que a maior parte dos estudantes compreendeu o ciclo de vida das angiospermas, tendo elaborado corretamente o painel (etapa 9) e 50% construíram o texto final solicitado (etapa 13) adequadamente, conseguindo nomear etapas do ciclo de vida e estabelecer corretamente a relação entre o processo de polinização e a frutificação. Ainda, destaca-se que: 1) o projeto contribuiu para que 30% dos estudantes passasse a observar/reparar sempre ou frequentemente nas plantas no dia-dia e para que 23% quisesse estudar mais assuntos sobre as plantas; 2) houve aumento da percepção de autoeficácia para a ciência (de uma média de cinco para sete, dentro de uma escala de 0 a 10) e 3) 28% dos estudantes têm interesse (com certeza ou talvez) em seguir uma carreira científica após participar do projeto, que foi o primeiro contato deles com o processo científico. Os dados coletados apresentaram bons valores médios de precisão ($71\% \pm 16\%$) e acurácia ($70\% \pm 18\%$). O reconhecimento das fenofases de transição foi o mais difícil para os

estudantes, o que fez com que o valor médio desses índices não fosse ainda mais alto.

Ciência Cidadã e Astrobiologia (Roque 2020)

Objetivo de aprendizagem: conhecer os métodos científicos e o conceito de ciência cidadã; colaborar com um projeto hospedado na plataforma virtual de projetos de CC denominada *Zooniverse*; desenvolver a Alfabetização Científica – AC (Sasseron e Carvalho 2008) nos participantes.

Desenvolvimento: Foi aplicada uma sequência de ensino composta por 5 etapas, no contexto de um Clube de Ciências composto por estudantes do 6º ano, de uma escola particular da Região do Grande ABC paulista. Na Aula 1, foi apresentada uma revisão sobre métodos científicos e aplicado um questionário prévio e, na aula 2, foram apresentados os conceitos de Astrobiologia e de CC. Estas etapas foram preparatórias e ofereceram suporte aos estudantes, que na terceira aula participaram do projeto *COSMIC*, hospedado no *Zooniverse* (www.zooniverse.org). Tal projeto foi elaborado por cientistas do *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da NASA e a participação dos estudantes envolvia a classificação de imagens da superfície do solo do planeta Marte, a partir de um tutorial disponibilizado na própria plataforma. Na Aula 4, os estudantes tiveram a oportunidade de realizar perguntas diretamente a uma cientista da área de Astrobiologia e finalmente, na Aula 5, elaboraram uma apresentação ilustrando os tópicos aprendidos por eles durante as quatro aulas anteriores e responderam a um questionário final. As aulas foram gravadas e os diálogos foram transcritos e analisados qualitativamente, a partir do referencial teórico metodológico de Análise de Conteúdo (Bardin 2016), e de AC (Fourez 2003; Sasseron e Carvalho 2011).

Aprendizagens proporcionadas: Os estudantes, inicialmente, não se imaginavam confiantes em contribuir em um projeto que envolvesse pesquisas desenvolvidas na NASA. Um deles compartilha que se tratava de algo muito sério:

“Porque assim, estudar Marte, é um outro planeta, é um negócio muito sério, é outro planeta. Tipo, pra se aprofundar muito mesmo, você tem que tá em uns laboratórios da NASA enviando robô.” (fala do estudante 01)

Os resultados obtidos indicaram que os estudantes já traziam consigo um arcabouço de conteúdos em ciências que os permitiram caminhar com aparente

facilidade pelos assuntos abordados. Observou-se que os estudantes aprenderam o conceito de ciência cidadã, passaram a se sentir confiantes em contribuir com a ciência, desconstruíram o estereótipo de cientista ao conversarem com uma mulher pesquisadora na área de astrobiologia e entenderam a existência de relações entre tecnologia e ciência (um dos eixos estruturantes da alfabetização científica) quando analisaram as imagens para o projeto *COSMIC*.

Educação alimentar sustentável no espaço escolar

Objetivos de aprendizagem: Diminuir o desperdício de alimentos no espaço escolar; desenvolver conhecimentos conceituais e atitudinais sobre educação alimentar sustentável.

Desenvolvimento: Foi aplicada uma SEACC para 153 estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental de dez escolas públicas de diferentes regiões do município de São Bernardo do Campo (SP), composta de oito etapas (Bezerra e Ghilardi-Lopes 2024): 1) pesagem dos alimentos descartados; 2) aplicação de questionário para verificar a percepção inicial sobre o assunto; 3) apresentação dos dados coletados e levantamento da problemática entre os estudantes; 4) participação em aulas sobre temas: consumo sustentável, saúde planetária, alimentar sustentável, ODS, entre outros, para ampliação de saberes científicos envolvendo a temática; 5) sistematização e análise dos dados de pesagem, calculando o desperdício de recursos naturais; 6) divulgação de dados em plataforma de Ciência Cidadã (<https://anecdata.org>) e deliberação sobre novos comportamentos pró-ambientais; 7) pesagem final dos rejeitos alimentares; 8) aplicação de questionário final. Os dados obtidos foram analisados com o objetivo de verificar os seguintes indicadores de aprendizagem (Phillips *et al.* 2018): Comportamento, Habilidade de observação e Conhecimento científico. A análise dos dados ocorreu de forma quantitativa, por análise da pesagem inicial e final dos alimentos, e qualitativa por análise de conteúdo (Bardin 2016) das respostas dos estudantes expressas nos questionários inicial e final, numa perspectiva comparativa.

Aprendizagens proporcionadas: COMPORTAMENTO: a) redução média de 70,4% do desperdício de alimentos ao final da SEACC; b) 70% das escolas avaliadas apresentaram redução de mais de 50% do desperdício inicial; c) após a participação na SEACC, a média diária de alunos que se alimentam

na escola aumentou em 50% das escolas (maior consciência e valorização da alimentação escolar, entendendo os processos de produção e a possibilidade de controlar seu comportamento); d) quantidade média de desperdício de alimentos por aluno reduziu (de 127,3 g / aluno para 33,2 g / aluno); e) uma escola conseguiu erradicar totalmente o desperdício de alimentos; **HABILIDADE DE OBSERVAÇÃO:** no final da SEACC, por volta de 90% dos estudantes ainda percebem que há desperdício de alimentos, mesmo com a redução; **CONHECIMENTO CIENTÍFICO:** ao término da SEACC, o desperdício é entendido por 68% dos estudantes como um fenômeno que passa pelo comportamento de se servir (excesso de comida e preferências alimentares), sendo que inicialmente atribuíam também ao ato de não gostarem da comida; aumento do número de alunos que entende o impacto negativo do desperdício de alimentos sobre o meio ambiente (de 4 para 41 alunos).

Monitoramento do habitat de *Aedes aegypti*

Objetivos de aprendizagem: Distinguir as diferenças anatômicas dos mosquitos transmissores de arboviroses; identificar a presença dos mosquitos causadores de arboviroses, no ambiente residencial e escolar; conhecer conceitos referentes à biodiversidade, ciência cidadã e investigação científica; aprender técnicas de investigação do ambiente natural.

Desenvolvimento: As ações pedagógicas foram desenvolvidas no Colégio Bento Munhoz da Rocha Neto, no município de Paranaguá, com estudantes de 9º ano, com idades entre 13 anos e 14 anos e realizada em seis etapas. Na primeira, aplicou-se um questionário contendo oito questões de múltipla escolha, sendo que em quatro delas os estudantes só poderiam assinalar uma alternativa e nas outras quatro eles poderiam assinalar mais de uma alternativa. Na segunda, adotou-se uma abordagem dialógica considerando pressupostos da ciência cidadã e as orientações do texto “Guia de Campo: Monitoramento do Hábitat de *Aedes aegypti*” (Eleuterio *et al.* 2023) e, ao final, foi apresentado o vídeo produzido pela FioCruz (2018) “Conhecendo os Mosquitos *Aedes*, Transmissores de Arbovírus”, trecho de exibição entre 12min55s a 21min17s. Nesta oportunidade, foram apresentadas as características morfológicas do animal, permitindo a distinção entre os estágios que compõem todo o ciclo de vida do mosquito. Como tarefa final, foi solicitado que, em casa, os integrantes de cada grupo instalassem o aplicativo

para celular para cientistas cidadãos “Globe Observer”. Na terceira etapa, foi relembrado o uso do aplicativo para que se pudesse realizar uma investigação orientada no entorno escolar. Cada estudante buscou atentamente por focos e vestígios fazendo os registros conforme as orientações recebidas. Na quarta etapa, procedeu-se à observação de espécimes, usando um microscópio óptico e procurando caracteres diagnósticos dos quatro estágios de vida, conforme orientações do guia de campo. Na quinta etapa procedeu-se à aplicação de questionário final, contendo as mesmas questões do inicial. Na sexta etapa, após uma segunda investigação a campo, procedeu-se a uma roda de conversa explorando as vivências desenvolvidas.

Aprendizagens proporcionadas: No questionário inicial, 55% responderam equivocadamente que o ciclo de vida de *Aedes aegypti* era constituído de duas fases. Já, no questionário final, apenas um estudante não considerou as quatro fases (ovo, larva, pupa e adulto). Mais de 50% dos estudantes assinalaram que as arboviroses dengue, Chikungunya e Zika eram transmitidas por *Aedes aegypti*, porém 55% incluíram a Covid-19 como sendo um vírus transmitido também por mosquitos dessa espécie. No questionário final, nenhum dos estudantes considerou esta doença como sendo da família das arboviroses. Inicialmente, 25% dos estudantes acreditavam que na água limpa os insetos não se reproduziam e, no final, três estudantes ainda acreditavam que neste ambiente o mosquito não poderia nascer. Sobre o monitoramento dos focos de dengue no entorno da escola, foram coletadas 15 fotos representativas de possíveis criadouros de insetos. Mesmo após a etapa de identificação das características anatômicas do mosquito em laboratório, no questionário final, apenas 8% disseram se sentir confiantes para identificar as espécies por conta própria.

Segurança do trânsito no entorno escolar

Objetivos de aprendizagem: Compreender a importância da segurança no trânsito; obter dados sobre a segurança do trânsito no entorno escolar; analisar e discutir dados sobre a segurança de trânsito no entorno escolar.

Desenvolvimento: O protocolo foi implementado na disciplina de Física em uma turma de 1º ano do Novo Ensino Médio do curso técnico integrado de formação de docentes, composta por 21 estudantes, em uma escola estadual situada na região central da cidade de Curitiba no mês de novembro do ano de

2022. Os conteúdos curriculares para este nível de ensino envolveram as Leis de Newton e o estudo dos equipamentos de segurança, como *airbags* e o cinto de segurança. Sendo assim, desde o 2º trimestre, a temática sobre o trânsito e as relações com a física foram problematizadas junto aos estudantes, a partir de uma adaptação da proposta de ensino apresentada por Silva (2012). A tarefa de coleta de dados proposta aos(as) estudantes era a de observar o entorno escolar no decorrer do percurso de suas casas até a escola, prestando especial atenção à existência de placas e sinalizações e no grau de conservação das calçadas. Esses dados deveriam ser levados para a aula da semana seguinte. Essa foi uma adaptação da proposta inicial, que era a de trabalhar com o protocolo junto com os(as) estudantes no espaço externo da escola, contudo, para isso, deveríamos ter a autorização dos pais para tirar os(as) estudantes do interior da escola e, dessa maneira, dada as limitações vinculadas ao tempo didático para estudo dos conteúdos curriculares e aplicação do protocolo, optou-se por realizar a discussão em sala a partir das observações semanais dos(as) estudantes. Ao longo de três semanas, os 30 minutos finais da aula eram destinados à sistematização e discussão dos dados coletados pelos(as) estudantes. O formulário de submissão de dados estava disponível no *Google Forms*, o qual era projetado e os dados eram submetidos de forma coletiva. No decorrer da proposta, como atividade avaliativa os estudantes desenvolveram e apresentaram panfletos, desenhos e histórias em quadrinhos com o intuito de conscientizar a população sobre a importância do uso dos equipamentos de segurança, como também de respeitar os limites de velocidade.

Aprendizagens proporcionadas: Os dados levantados pelos estudantes geraram reflexões principalmente em relação à acessibilidade das calçadas, sendo que eles destacaram as irregularidades que apresentavam riscos de queda e limitavam o deslocamento de pessoas com deficiência física. Além disso, observaram que as calçadas não contam com piso tátil para pessoas com deficiência visual. A constatação realizada a partir da coleta e discussão dos dados do protocolo, ainda que pontual, apresenta indicativos de que o material apresenta potencial para atingir os objetivos propostos em sua concepção, como “*possibilitar que os estudantes possam interpretar os dados que coletaram e solicitar aos entes públicos a melhoria da segurança no trânsito no microssistema que frequentam, podendo generalizar este tipo de comportamento para os ambientes futuros que frequentarem*” (Bianchi et al. 2023, p. 241).

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo explorou seis casos distintos de aplicação de atividades escolares que incorporam a abordagem de ciência cidadã, variando desde a investigação da biodiversidade até a segurança do trânsito no entorno escolar. Os projetos foram implementados em diferentes contextos educacionais e faixas etárias, abrangendo escolas públicas e privadas das regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Os dados coletados pelos professores pesquisadores evidenciam que a ciência cidadã pode promover a educação científica nas escolas, oferecendo oportunidades para aprendizagens de:

- 1) Conceitos científicos (por exemplo, fenofases de angiospermas no caso 4.2 e arboviroses no caso 4.5);
- 2) Habilidades de investigação científica (por exemplo, formulação de perguntas no caso 4.1 e hipóteses no caso 4.2., coleta e sistematização de dados em todos os casos, discussão de resultados obtidos em todos os casos);
- 3) Aspectos da Natureza da Ciência (por exemplo, quem faz ciência? Como a ciência é produzida?, como observado no caso 4.3);
- 4) Percepção de autoeficácia para a ciência (como observado nos casos 4.2 e 4.3);

5) Comportamento (por exemplo, a redução no desperdício de alimentos observada no caso 4.4) e atitude (por exemplo, a elaboração de panfletos de conscientização proposta no caso 4.6).

No entanto, essas oportunidades de aprendizagem devem ser equilibradas com os desafios de garantir a qualidade e integridade dos dados, a integração curricular, a conduta ética e o apoio aos professores. Ao reconhecer e enfrentar esses desafios, educadores e formuladores de políticas podem aproveitar mais efetivamente o poder da ciência cidadã para melhorar o aprendizado científico e promover uma cidadania mais cientificamente letizada e engajada.

Para tanto, reforçamos a necessidade de que as abordagens de ciência cidadã escolares sejam vinculadas a processos de avaliação (diagnóstica, formativa e somativa) que almejam verificar tanto as aprendizagens quanto a qualidade dos dados que estão sendo gerados pelos cientistas cidadãos mirins. Ainda, reconhecemos a importância de processos formativos para professores que desejem incorporar a ciência cidadã em suas práticas, pois, como observado, os processos demandam o planejamento e adequação de etapas a cada realidade escolar (as SEACC e guias de campo). A adequação de propostas de ensino para a

incorporação da ciência cidadã é factível para diferentes níveis de ensino, desde os anos iniciais do ensino fundamental até o ensino médio, abrindo uma ampla gama de possibilidades de se trabalhar a alfabetização científica nas escolas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a inestimável contribuição dos cientistas cidadãos colaboradores de cada um dos casos aqui relatados. Ao comitê de ética em pesquisa (CEP) da Universidade Federal do ABC (CAAE 23499719.4.0000.5594; 48505621.0.0000.5594; 45817921.1.0000.5594 e 54478321.5.0000.5594). Agradecimento ao CNPq e à Fundação Araucária através do NAPI Educação para a Ciência e Divulgação Científica, pelo apoio ao Programa Interinstitucional de Ciência Cidadã nas Escolas. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (processo 2022/06862-3) e CNPq (processo 406137/2023-4). Agradecemos aos revisores anônimos pela cuidadosa leitura e sugestões construtivas a este manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Ballard, H.L. (2023). Community and citizen science in schools: nested inquiries, productive tensions, and the role of communities. *Instructional Science*, 51(5), 913–919. <https://doi.org/10.1007/s11251-023-09643-7>
- Ballard, H.L., Dixon, C.G.H., & Harris, E.M. (2017). Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.024>
- Ballard, H.L., Lindell, A.J., & Jadallah, C.C. (2024). Environmental education outcomes of community and citizen science: a systematic review of empirical research. *Environmental Education Research*, 30(6), 1007–1040. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2348702>
- Bardin, L. (2016). Análise de Conteúdo. Edições 70.
- Bezerra, J.A., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Do desperdício à sustentabilidade: educação alimentar sustentável a partir da ciência cidadã. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Série Sequências de ensino-aprendizagem com ciência cidadã* (p. 112). Editora das autoras. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10601786>
- Bianchi, A., Todt, G.B., Martin, P.M., Oliveira, L.A. de, Adami, M.F.T., Beloto, V. G.P., Muziol, A.P., Lin, I., Silva, M.P.S. da, & Lima, R.S. de. (2023). Trânsito para a vida. In T.D. Domiciano, J.R. Pacheco, A.C.E. Sanchez, E. Joucoski, M.A.F. Randi, & W. J. Borges (Eds.), *Práticas de investigação por meio de protocolos comuns compartilhados em rede* (pp. 213–250). Ed. UFPR.
- Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., & Enck, J.W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1). <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller-Rushing, A.J., & Parrish, J.K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Carvalho, A.M.P. de. (2013). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. Cengage Learning.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89–100.
- Crall, A.W., Jordan, R., Holfelder, K., Newman, G. J., Graham, J., & Waller, D.M. (2013). The impacts of an invasive species citizen science training program on participant attitudes, behavior, and science literacy. *Public Understanding of Science*, 22(6), 745–764. <https://doi.org/10.1177/0963662511434894>
- Eleuterio, A.A.A., Bogado, D.L.M., & Bautista, M.A.S. (2023). *Monitoramento do habitat de Aedes aegypti*. Universidade Federal do Paraná. https://picce.ufpr.br/wp-content/uploads/2023/07/PICCE_Guia-de-campo-10_Monitoramento_habitat_aedes_aegypti.pdf
- Fiocruz (2018). *Conhecendo os Mosquitos Aedes, Transmissores de Arbovírus*. <https://www.youtube.com/watch?v=3tiuRHuzST4&t=912s>
- Fourez, G. (2003). Crise no ensino de ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 109–123. <https://ienci.if.ufrrgs.br/index.php/ienci/article/view/542>

Fuccillo, K.K., Crimmins, T.M., de Rivera, C.E., & Elder, T.S. (2015). Assessing accuracy in citizen science-based plant phenology monitoring. *International Journal of Biometeorology*, 59(7). <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0892-7>

Ghilardi-Lopes, N.P., Zocca, C., Barreto-Lima, A.F., Alexandrino, E., França, J.S., Guimarães, A., Lacerda, J.V.A., Braga, L., Baptista, N.N.M., & Castro, P.F.D. (2024). Desafios e potencialidades da ciência cidadã para o estudo da biodiversidade: resultados do Programa de Ciência Cidadã do Instituto Nacional da Mata Atlântica de 2019 a 2023. *Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão*, 1(2), 155–171.

Gonzalez, J.D., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Conhecendo a biodiversidade da escola por meio de um projeto de ciência cidadã cocriado. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Sequências de ensino-aprendizagem com ciência cidadã* (p. 62). Editora das autoras. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8132943>

Haklay, M. (2013). Citizen science and volunteered geographic information: Overview and typology of participation. In D. Sui, S. Elwood, & M. Goodchild (Eds.), *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice* (Vol. 9789400745). https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balázs, B., Mazzonetto, M., Ruefenacht, S., Shanley, L. A., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., Dorler, D., Heigl, F., Schaefer, T., Lindner, A., Weißpfugl, M., Mačiulienė, M., & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: a vignette study. *Royal Society Open Science*, 8(8). <https://doi.org/10.1098/rsos.202108>

Harlin, J., Kloetzer, L., Patton, D., & Leonhard, C. (2018). Turning students into citizen scientists. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (pp. 410–428). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>

Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development* (1st ed.). Routledge.

Jelly, S. (2001). Helping Children Raise Questions-and Answering Them. In W. Harlen (Ed.), *Primary Science: Taking the Plunge*. (pp. 36–47). Heinemann.

Kobori, H., Dickinson, J.L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., Kitamura, W., Takagawa, S., Koyama, K., Ogawara, T., & Miller-Rushing, A. J. (2016). Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, 31(1), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y>

Lukyanenko, R., Parsons, J., & Wiersma, Y.F. (2016). Emerging problems of data quality in citizen science. *Conservation Biology*, 30(3). <https://doi.org/10.1111/cobi.12706>

Mintz, K.K., Arazy, O., & Malkinson, D. (2023). Multiple forms of engagement and motivation in ecological citizen science. *Environmental Education Research*, 29(1), 27–44. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120186>

Monteiro, G.B., & Ghilardi-Lopes, N.P. (2024). Conhecendo o ciclo de vida das angiospermas por meio da ciência cidadã. In N.P. Ghilardi-Lopes (Ed.), *Série Sequências de Ensino-Aprendizagem com ciência cidadã* (p. 50). Editora dos autores. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10594216>

Paleco, C., García Peter, S., Salas Seoane, N., Kaufmann, J., & Argyri, P. (2021). Inclusiveness and Diversity in Citizen Science. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 261–281). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_14

Parris, K.M., Steven, R., Vogel, B., Lentini, P.E., Hartel, J., & Soanes, K. (2023). The value of question-first citizen science in urban ecology and conservation. *Conservation Science and Practice*, 5(6). <https://doi.org/10.1111/csp2.12917>

Phillips, T., Porticella, N., Constas, M., & Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), 3. <https://doi.org/10.5334/cstp.126>

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática - PPGECEM. (2023). *Ciência cidadã e educação em ciências: diálogos para formação docente* (E. Oliveira, C.S. da Silva, E. de L. Stanzani, C.V.G. Lopes, A. Machado, D. de M.G. Sant'Ana, & M.A.B.S. de Andrade, Eds.). UFPR.

Raddick, M.J., Bracey, G., Gay, P.L., Lintott, C.J., Cardamone, C., Murray, P., Schawinski, K., Szalay, A.S., & Vandenberg, J. (2013). Galaxy Zoo: Motivations of citizen scientists. *Astronomy Education Review*, 12(1). <https://doi.org/10.3847/AER2011021>

Riesch, H., & Potter, C. (2014). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. *Public Understanding of Science*, 23(1). <https://doi.org/10.1177/0963662513497324>

Robinson, L.D., Cawthray, J.L., West, S.E., Bonn, A., & Ansine, J. (2018). Ten principles of citizen science. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy* (pp. 27–40). UCL Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv550cf2.9>

Roque, D.R.R. (2020). *Astrobiologia e ciência cidadã: possibilidades para a alfabetização científica de alunos do ensino fundamental*. Universidade Federal do ABC. <https://biblioteca.ufabc.edu.br/mobile/detalhe.php?idioma=ptbr&acesso=web&codigo=124351&tipo=1&detalhe=0&busca=3>

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.

Sasseron, L.H., & Carvalho, A.M.P. (2011). Construindo a 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.

Shah, H.R., & Martinez, L.R. (2016). Current approaches in implementing citizen science in the classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17–22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032>

Shirk, J.L., Ballard, H.L., Wilderman, C.C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B.V., Krasny, M.E., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: a framework for deliberate design. *Ecology and Society*, 17(2), art29. <https://doi.org/10.5751/ES-04705-170229>

Silva, P.H. de S. (2012). Trânsito e a primeira lei de Newton. In D.M. Vianna (Ed.), *Temas para o ensino de Física* (pp. 35–49). Book Makers.

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(9), 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>

Trumbull, D.J., Bonney, R., Bascom, D., & Cabral, A. (2000). Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. *Science Education*, 84(2), 265–275. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<265::AID-SCE7>3.0.CO;2-5)

Yin, R.K. (2010). *Estudo de caso, planejamento e métodos* (4^a Ed.). Bookman.