

Do ensino da eletroquímica à responsabilidade ambiental: descarte consciente de pilhas e baterias para um futuro sustentável

Wladianne Ferreira da Silva, José Antônio Salgado Garizado, Maria Cristina Scarpari, Adriane Liecheski e José Ricardo Cezar Salgado

O presente estudo teve como objetivo mostrar a atuação da eletroquímica no cotidiano e analisar a ação de educação ambiental, focada no descarte adequado de pilhas e baterias, desenvolvida no âmbito de um projeto de extensão. Assim, este artigo visa avaliar os benefícios dessa ação para o meio ambiente, para os estudantes e professores das escolas públicas que participaram do projeto. A metodologia aplicada foi um estudo de caso, com abordagem qualitativa, tendo como instrumento de coleta de dados as entrevistas semiestruturadas com o coordenador do projeto, seus bolsistas e uma professora da escola participante, além de observação dos locais de implementação do projeto. Em relação à abordagem qualitativa, foram coletados e analisados dados de 2016, ano de implementação, até 2023. Como resultados, verificou-se que o projeto já incluiu nove escolas, impactou, em média, 1.000 estudantes diretamente, e indiretamente suas famílias, além da sociedade como um todo, bem como removeu 1.459 pilhas e 102 baterias do meio ambiente, além de influenciar na conscientização ambiental, freando os danos que o descarte incorreto desses materiais pode causar à saúde e ao meio ambiente. Disseminou também os pontos de coleta de pilhas e baterias disponíveis na cidade, formou parcerias com outras instituições públicas, informou sobre a legislação ambiental e o papel de cada um no processo de coleta, desde o fornecedor, até o consumidor e o Poder Público Municipal.

► ensino de química, educação de qualidade, sustentabilidade ◀

Recebido em 03/03/2024; aceito em 02/12/2024

Introdução

O constante avanço científico e tecnológico tem impulsionado a proliferação de uma vasta gama de dispositivos eletroeletrônicos, como computadores, celulares, brinquedos, aparelhos de som, televisores, câmeras fotográficas, entre outros. Nesse sentido, o *site* Sete Ambiental (2023) relatou que a Organização das Nações Unidas (ONU) estimou a produção de 24,5 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em todo o mundo em 2022. Ademais, indicou que itens, como telefones celulares, escovas de dentes elétricas e câmeras frequentemente não são descartados corretamente, representando, assim, uma parcela significativa de 8% do lixo eletrônico dispensados em lixeiras convencionais,

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2022), são consumidas cerca de 800 milhões de pilhas por ano no Brasil, mas só 5% desse total são descartados de forma adequada, pois a maioria vai para o lixo comum, sem passar por nenhum processo de tratamento específico.

significando que, quando não descartados de maneira correta, esses resíduos podem acabar em aterros sanitários ou incinerados.

É também o caso das pilhas e baterias. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2022), são consumidas cerca de 800 milhões de pilhas por ano no Brasil, mas só 5% desse total são descartados de forma adequada, pois a maioria vai para o lixo comum, sem passar por nenhum processo de tratamento específico.

A Resolução nº 257/1999 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), revogada pela Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008, determinou que pilhas e baterias fossem fabricadas com quantidades mínimas, ou mesmo nulas, de metais poluentes, como o mercúrio, chumbo e cádmio.



Após esgotarem sua capacidade energética, esses materiais deveriam ser devolvidos pelos usuários aos estabelecimentos que os vendem ou à rede de assistência técnica autorizada pelas indústrias.

Pilhas e baterias podem levar de 100 a 500 anos para completar o processo de decomposição. Durante esse período, os efeitos da exposição direta são limitados, desde que os metais e outras substâncias químicas permaneçam contidos dentro da embalagem da pilha. No entanto, uma possível exposição pode ocorrer, em caso de vazamento ou ruptura da embalagem (Agourakis *et al.*, 2006).

As propriedades químicas das pilhas e baterias, que incluem corrosividade, reatividade e toxicidade, causam problemas significativos quando são descartadas de maneira inadequada em locais como lixões urbanos ou na natureza. Esse tipo de descarte polui as estações de tratamento de lixo, contamina os solos e lençóis freáticos, afetando negativamente tanto a flora quanto a fauna das regiões próximas, além de representar um risco para os seres humanos através da cadeia alimentar (Caribé *et al.*, 2011).

Diante dessas informações, foi desenvolvido um projeto de extensão que abrange desde o ensino de eletroquímica até a tomada de consciência sobre o descarte correto de pilhas e baterias em escolas públicas de Foz do Iguaçu e municípios vizinhos do oeste do Paraná.

Dada a importância do tema, o presente trabalho tem como objetivos mostrar a atuação da eletroquímica no cotidiano e analisar o real benefício da ação de educação ambiental sobre o tema descarte correto de pilhas e baterias para os estudantes das escolas públicas que participaram deste projeto, com a seguinte questão: Como o ensino da eletroquímica promovido dentro de um projeto de extensão, com estudantes e professores de escolas públicas, contribui para mitigar a questão ambiental provocada pelo descarte inadequado de pilhas e baterias?

Assim, esse estudo visa contribuir com o desenvolvimento de práticas de gestão de resíduos mais eficientes, promover a sensibilização sobre a importância do descarte adequado e fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas para a preservação do meio ambiente e a promoção da saúde da população.

Estudos anteriores sobre a problemática

Ao analisar os estudos sobre o tema, observou-se uma preocupação com o descarte de pilhas e baterias, destacando a pesquisa com estudantes e a população, para verificar o conhecimento sobre o problema e a implementação de práticas sustentáveis como resolução.

Nos estudos de Bessa *et al.* (2012), Barreto *et al.* (2015), Alves (2016) e Coutinho *et al.* (2019) sobre práticas de educação ambiental no contexto do descarte correto de pilhas e baterias, em pesquisas com estudantes de escola pública e com a sociedade, mostrou-se que a maioria dos participantes, com nível escolar médio e superior, descarta pilhas e baterias no lixo comum, ainda que tenham consciência dos impactos ambientais desse descarte inadequado,

demonstrando também a falta de conhecimento sobre alternativas apropriadas de descarte.

Martins *et al.* (2014), Noe *et al.* (2016), Cruz *et al.* (2020) e Ribeiro *et al.* (2022), em seus estudos sobre descarte de pilhas e baterias, voltaram-se para a busca de soluções para a problemática por meio da importância da educação ambiental na compreensão dos estudantes sobre a complexidade do lixo eletrônico e a necessidade de uma abordagem interdisciplinar e contextualizada nos livros didáticos de química, bem como o reuso de embalagens cartonadas (*Tetra Pak*) como coletoras para o descarte adequado de pilhas e baterias, devido a sua resistência e composição. Os autores também trataram da importância de se utilizar a educação ambiental para informar a população sobre a importância do descarte correto de pilhas e baterias, visando minimizar ou mesmo eliminar os impactos negativos desses resíduos no meio ambiente e na saúde pública, além da relevância da implementação de políticas de logística reversa para o correto descarte e reciclagem desses materiais (Martins *et al.*, 2014; Noe *et al.*, 2016; Cruz *et al.*, 2020 e Ribeiro *et al.*, 2022).

A importância de se entender o impacto ambiental, riscos à saúde, reciclagem, legislação, responsabilidades, tomada de consciência e educação ambiental são os desafios referentes à temática pilhas e baterias. A seguir, são apresentados os problemas gerados ao meio ambiente e à saúde humana, devido ao descarte incorreto de pilhas e baterias, além das soluções para reduzir o problema.

Pilhas e baterias: descarte incorreto e suas consequências para a saúde e o meio ambiente

Quando se trata de conceitos de pilhas e baterias, segundo a Resolução nº 401/2008 do CONAMA, define-se baterias como “[...] acumuladores que podem ser recarregados ou conjuntos de células conectadas em série ou paralelo”, e pilhas enquanto “[...] dispositivos eletroquímicos que produzem energia elétrica pela conversão de energia química, classificados como primários (não recarregáveis) ou secundários (recarregáveis)” (BRASIL, 2008).

A composição das pilhas e baterias pode incluir diversos metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, os quais apresentam sérios riscos para a saúde humana, possuindo alto potencial de contaminação do solo, plantas e lençol freático.

Segundo Gomes e Melo (2006), alguns dos compostos presentes nessas pilhas são especialmente prejudiciais aos seres humanos, como os de mercúrio, que pode afetar o sistema nervoso; cádmio, associado ao aumento da pressão arterial e impactos no sistema imunológico; chumbo, classificado como agente teratogênico, podendo causar perda de memória, dores musculares, perda de peso e depressão.

Ao serem descartadas de maneira inadequada, pilhas e baterias podem sofrer danos, como estourar ou amassar, levando ao vazamento de seus conteúdos tóxicos. O descarte no meio ambiente traz sérios riscos tanto ecológicos quanto para a saúde pública, e a falta de informação contribui para que muitas pessoas acabem se desfazendo de pilhas e baterias junto ao lixo doméstico (Silva *et al.*, 2022).

A responsabilidade pela coleta e disposição adequada das pilhas e baterias, após o uso, recai sobre o fabricante, logo, os materiais utilizados devem ser entregues ao estabelecimento que os comercializa ou a uma assistência técnica autorizada, para que possa encaminhar os resíduos ao fabricante ou importador. As baterias podem ser recicladas, reutilizadas ou adequadamente descartadas para minimizar seu impacto ambiental (Ribeiro *et al.*, 2022).

Logística reversa de pilhas e baterias como solução

A logística reversa foi implementada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305/2010, que promove incentivos para que empresas, governos e consumidores participem ativamente na coleta e retorno de resíduos sólidos para os fabricantes, bem como para cooperativas ou diferentes tipos de associações de catadores de materiais recicláveis.

Para impulsionar a reciclagem de resíduos eletrônicos no Brasil, foi promulgado o Decreto nº 10.936/2022, que estabelece o Programa Nacional de Logística Reversa. O objetivo prescrito pelo Ministério do Meio Ambiente é alcançar 5 mil pontos de coleta para esses materiais até o ano de 2025, exigindo também que as empresas comprovem a reciclagem de, pelo menos, 22% das embalagens que colocam no mercado – o não cumprimento dessa obrigação pode resultar em multas que variam de R\$5 mil a R\$50 milhões (Ramos, 2020).

A implementação da logística reversa, conforme exigido pela PNRS, requer colaboração de todas as partes envolvidas, e isso inclui o consumidor, devolvendo produtos aos comerciantes, que os encaminham aos fabricantes para destinação ambientalmente adequada.

Ademais, os serviços públicos de limpeza urbana têm responsabilidade em reutilizar, reciclar e cooperar para retornar resíduos ao ciclo produtivo. O principal desafio é o custo associado à operacionalização em um país de grandes dimensões. No entanto, esse custo pode ser visto como um investimento para abrandar os impactos ambientais futuros do descarte inadequado de resíduos (ABDI, 2013).

Em Foz do Iguaçu, a legislação sobre logística reversa, atividade amparada pela PNRS, de itens como pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes (resíduos e embalagens), lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes diversos, por apresentarem riscos se expostos ao meio ambiente, exige a instalação de pontos de coleta desses resíduos para que a população possa descartá-los adequadamente. Embora esse serviço não seja realizado diretamente pela administração municipal, ele é acompanhado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, responsável por monitorar os

pontos de coleta, organizar e divulgar informações, a fim de sensibilizar a população para o descarte correto (Almanaque Futuro, 2023).

Ressalta-se também que, no Paraná, a ABINEE possui termo de compromisso assinado para logística reversa de pilhas e baterias portáteis. Esse programa permanece em funcionamento, atendendo aos consumidores domésticos que procuram descartar suas pilhas e baterias de maneira ambientalmente correta.

Além de Curitiba, o Paraná passa a contar com pontos de coleta nas cidades de Cascavel, Foz do Iguaçu, Londrina, Ponta Grossa, Maringá, Cambé, Pinhais e São José dos Pinhais. Para que o sucesso da iniciativa continue, ela depende da adesão dos consumidores através da participação ativa nesse sistema, entregando suas pilhas e baterias nos estabelecimentos onde adquiriram o produto ou nos postos de entrega cadastrados no *site* da *Green Eletron* (Paraná, 2023).

Por ser região de fronteira, Foz do Iguaçu enfrenta um grande problema ambiental decorrente do mercado de produtos irregulares (clandestinos) e sua disposição inadequada de pilhas e baterias. Segundo estudos de Baron e Salgado (2021), os principais resultados indicaram que a população de Foz do Iguaçu, no estado do Paraná, consome produtos originários da Cidade do Leste, no Paraguai. Em seus estudos com recolhimento de pilhas nos pontos de coleta em algumas escolas, universidades e parque tecnológico, as

3
pilhas classificadas são predominantemente provenientes de países asiáticos, com destaque para a China, que apresenta uma ampla diversidade de marcas, como Panasonic, Duracell, entre outras. Assim, essa situação traz outra problemática a ser discutida, visto que os fabricantes chineses têm sido negligentes quanto à responsabilidade para destinação ambientalmente adequada (Baron e Salgado, 2021).

A logística reversa foi implementada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305/2010, que promove incentivos para que empresas, governos e consumidores participem ativamente na coleta e retorno de resíduos sólidos para os fabricantes, bem como para cooperativas ou diferentes tipos de associações de catadores de materiais recicláveis.

Educação Ambiental como solução

No Brasil, a educação ambiental ganhou força com a criação do Ministério do Meio Ambiente, em 1992, e a realização da RIO-92, além de ser apoiada pela lei nº 9.795 de 1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental. A legislação supracitada, datada de 7 de abril de 1999, estabeleceu a Política Nacional de Educação Ambiental, definindo-a, no art. 1º, como:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999, p. 1).

Dessa forma, a educação ambiental vai além da simples preservação da fauna, flora e recursos naturais: ela abarca uma gama de questões políticas, sociais, econômicas e culturais que permeiam a interação entre o ser humano e o ambiente natural, e seu objetivo é promover a construção de uma sociedade consciente, participativa e reflexiva (Reigota, 2017).

Vale ressaltar que essa temática também se reflete em documentos educacionais. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), não define a Educação Ambiental como uma área de conhecimento específica. No entanto, ela sugere que os sistemas de ensino incorporem temas contemporâneos que impactam a vida humana em escalas locais, regionais e globais, de maneira integrada e transversal. Já nas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a Educação Ambiental ainda está presente na Educação Básica. Estes parâmetros promovem a formação de valores por meio de conteúdos transversais relacionados ao meio ambiente, ajudando os alunos a desenvolverem o senso crítico necessário para transformar sua realidade e enfrentar a crise ambiental (Silva *et al.*, 2022).

Portanto, a educação ambiental é vista como um processo interdisciplinar e participativo, que visa formar cidadãos conscientes e atuantes na preservação ambiental, promovendo uma nova visão sobre as questões ambientais e incentivando mudanças de hábitos em prol de uma sociedade mais sustentável (Silva *et al.*, 2022).

A exemplo dessa interdisciplinaridade, na relação entre o conteúdo da eletroquímica e a educação ambiental, de acordo com Macedo *et al.* (2023), tem-se o ensino prático sobre o funcionamento de pilhas e baterias, estabelecendo conexões com o cotidiano, explorando os fenômenos e conceitos das reações eletroquímicas, bem como abordando questões ambientais e os impactos na saúde humana.

Portanto, é no estudo da química, assim como de outras disciplinas, que os estudantes constroem conhecimento, refletindo sobre a relação entre a natureza e o ser humano, o que contribui para o desenvolvimento de uma consciência social e planetária (Amaro Junior *et al.*, 2022).

Observa-se, ainda, a utilização de forma equivocada dos termos *consciência*, *conscientização* e *tomada de consciência* na Educação Ambiental. Em seus estudos, Santos *et al.* (2013) indicaram que a consciência é vista como um fator promotor de sustentabilidade em uma perspectiva preservacionista, a conscientização é entendida como um meio de reduzir danos ambientais, enquanto a tomada de consciência e a consciência crítica estão limitadas ao contexto escolar e pedagógico.

Portanto, para uma transformação efetiva, a perspectiva crítica e popular da Educação Ambiental deve expandir-se além dos espaços pedagógicos, promovendo reflexão e comunicação entre os envolvidos. A Educação Ambiental visa sensibilizar e motivar para problemas socioambientais, e a

conscientização deve ocorrer de dentro para fora, em um processo coletivo e conversado, construindo um novo modelo sustentável em comunhão (Santos *et al.*, 2013).

Metodologia

Para a realização dos objetivos deste trabalho, a metodologia foi de Estudo de Caso, com abordagem qualitativa e que utiliza a pesquisa documental como apoio. Yin (2015) conceitua que o estudo de caso permite que os pesquisadores adquiram características holísticas e significativas de eventos da vida real. Diante disso, esta pesquisa buscou analisar como a ação de educação ambiental, promovida pelo projeto de extensão intitulado: “Universidade e Sociedade - O que a universidade pública pode oferecer aos estudantes - Eletroquímica ao alcance de toda a sociedade”, contribuiu para atenuar a questão ambiental provocada pelo descarte inadequado de pilhas e baterias na cidade de Foz do Iguaçu e municípios vizinhos do oeste do Paraná.

A abordagem qualitativa foi a escolhida para coleta e análise dos dados. A motivação para esse método deve-se ao fato dele examinar o ser humano como um todo, de forma contextualizada, gerando informações mais detalhadas das experiências humanas, incluindo suas crenças, emoções e comportamentos, considerando que as narrativas obtidas são examinadas dentro do contexto original em que ocorrem (Dal-Farra e Lopes, 2014).

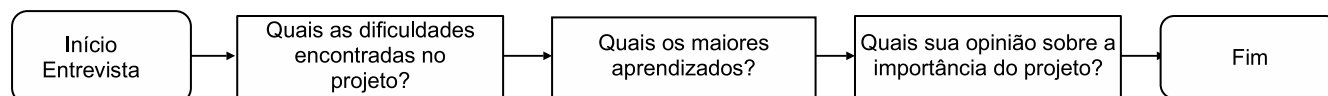
Para isso, foram efetuadas entrevistas semiestruturadas com o coordenador do projeto, três bolsistas e uma professora da escola participante, de forma individual, para um aprofundamento da percepção do projeto quanto as principais dificuldades, aprendizados e importância social e ambiental, de acordo com o fluxograma de perguntas abaixo.

A pesquisa documental utiliza uma variedade de fontes diversificadas e dispersas que não passaram por tratamento analítico. Essas fontes incluem tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios empresariais, vídeos de programas de televisão, entre outros (Fonseca, 2002).

Neste estudo, os dados foram coletados via documentos como relatórios, planilhas, imagens, gravações em áudio e vídeo das ações, o que permitiu verificar o total de escolas e estudantes que participaram do projeto, número de postos de coleta e total de pilhas e baterias recolhidas do meio ambiente, avaliando o impacto real causado através da análise de dados de 2016 até 2023.

Relato de experiência do projeto

Esse projeto nasceu no ano de 2016 e atua, até o momento, em escolas públicas de Foz do Iguaçu e cidades da região oeste do Paraná. Ele não tem previsão de término, tendo em vista que depende dos estudantes bolsistas e voluntários para



levar a ação, assim como do apoio dos professores e das escolas. Assim, tem como objetivo integrar a Universidade, os estudantes e professores das escolas públicas.

O projeto já visitou nove escolas, algumas com trabalhos feitos semanalmente com os estudantes bolsistas e voluntários, assim como eventos e palestras, conforme mostra a Figura 1.

Ao visitar as escolas, os bolsistas fazem experiências de eletroquímica, mostrando o quanto ela está presente em nossas vidas em equipamentos eletrônicos e eletroeletrônicos, como nas pilhas e baterias. Na Figura 2, são mostrados dois experimentos referentes à pilha de Daniell, a partir de materiais doados; no caso, alimentos, como a batata e o tomate, fornecidos com a parceria das Centrais de Abastecimento (CEASA) de Foz do Iguaçu-PR.

Ao realizar a construção de pilhas e baterias, a questão ambiental sobre o descarte incorreto desse material no lixo comum também é trabalhada, expondo aos estudantes as

graves consequências para sociedade e o meio ambiente, experiências, problemas atrelados ao descarte e regulamentações. A Figura 3 mostra dois trabalhos apresentados pelos estudantes do Ensino Médio do Colégio Estadual na Feira de Ciências em 2017.

A ação de educação ambiental iniciou-se com os bolsistas apresentando os pontos de coleta de pilhas e baterias disponibilizados pela Prefeitura. Logo após as discussões, pediu-se para os estudantes trazerem as pilhas e baterias para o ponto de coleta disponibilizado nas escolas, enfatizando o aluno como protagonista do processo, conforme Figura 4.

Após o recolhimento das pilhas e baterias, elas são levadas para o laboratório de pesquisa da universidade e, ali, são separadas e classificadas, como mostra a Figura 5. Depois da classificação, as pilhas e baterias são levadas para um centro de coleta disponibilizado na universidade e pertencente ao parque tecnológico.

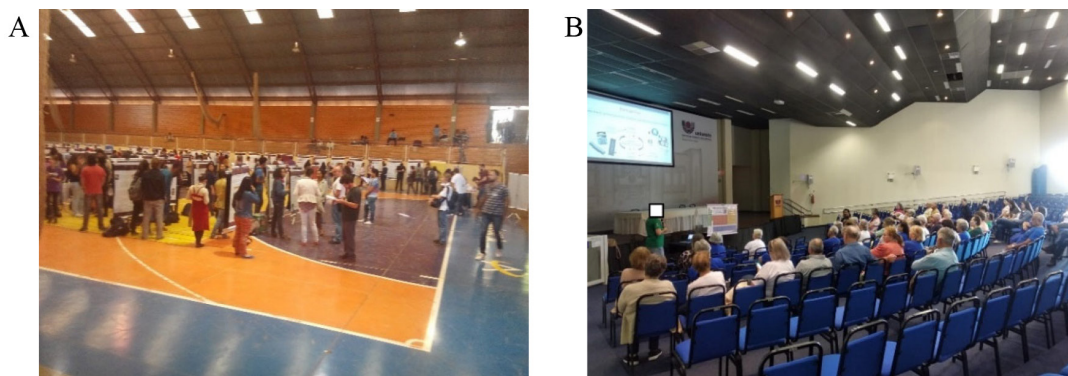


Figura 1: A) Apresentação do projeto no V Seminário de Extensão Universitária, 2017. B) Apresentação do projeto na Universidade Aberta à Terceira Idade, 2023. Fonte: Arquivo pessoal.

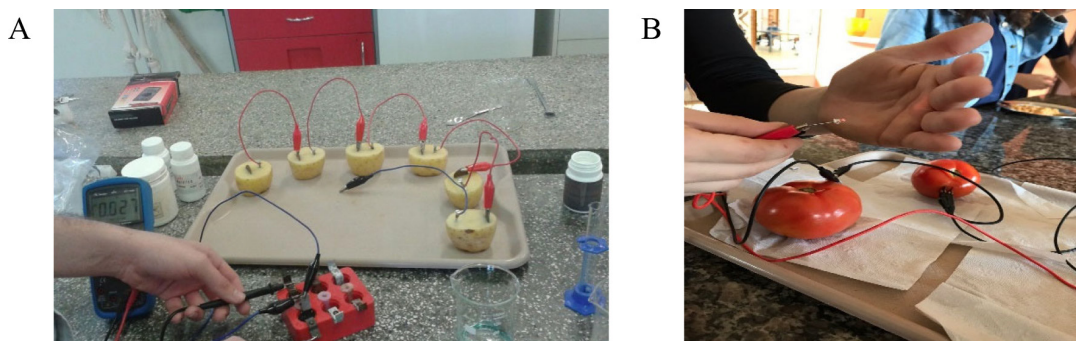


Figura 2: Montagem de duas pilhas: A) usando batatas; B) usando tomates, 2018. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 3: Feira de Ciências, Colégio Estadual, 2017. Fonte: Arquivo pessoal.

Além das pilhas e baterias recolhidas nas escolas, o projeto atua também em parceria com a Receita Federal do Brasil, que está na fronteira com Cidade do Leste, Paraguai, e faz a apreensão das pilhas e baterias contrabandeadas. Alguns desses objetos são usados por outros estudantes de graduação e pós-graduação para atividades de pesquisa, por exemplo, a reciclagem.

Resultados e discussão

A análise dos documentos do projeto de extensão permite avaliar o impacto gerado nas escolas e nos estudantes, de forma direta, e indiretamente em seus familiares e na sociedade. Os dados coletados de 2016 a 2023 informam que mais de 1.000 pessoas foram beneficiadas, sendo cerca de 200 pessoas entre professores, técnicos, discentes e seus familiares, e 800 pessoas considerando os estudantes do Ensino Médio (1ª, 2ª e 3ª séries) com média de 30 discentes em cada turma. Também foram recolhidas, nos pontos de coleta, 1.459 pilhas e 102 baterias a partir de 2021, tendo sido retiradas do meio ambiente ou que deixaram de ir para o lixo comum, passando a ser recicladas ou utilizadas para estudos e pesquisas em outras áreas, atendendo os objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999).

De acordo com os pesquisadores desse projeto (Garizado *et al.*, 2024), após questionarem 26 alunos com a pergunta: “Você sabe quais substâncias perigosas podem estar presentes nas pilhas e baterias?”, 93,3% dos respondentes afirmaram conhecer as substâncias presentes nesses produtos, 13,3%

mencionaram alguns dos metais que podem ser encontrados, enquanto 6,7% ainda não sabiam quais substâncias estão presentes nas pilhas e baterias, indicando que a maioria dos estudantes adquiriu conhecimento sobre essas substâncias, sua periculosidade para o meio ambiente e a saúde humana, além de compreender a importância de não descartar pilhas no lixo comum.

Diante da pergunta: “Após o projeto de extensão, o que você aprendeu sobre a importância do descarte adequado de pilhas e baterias?”, 100% dos estudantes responderam de forma semelhante, destacando que os alunos tomaram consciência sobre os riscos do descarte inadequado de pilhas e baterias.

Perguntados se “Após a extensão, você participou de alguma campanha de coleta de pilhas e baterias na escola ou na comunidade?”, 100% dos estudantes responderam que não participaram de nenhuma outra campanha relacionada à coleta de pilhas e baterias, nem na escola, nem na comunidade. Isso indica a importância da inclusão permanente nas escolas de atividades sobre o tema, seja no currículo, seja por iniciativa dos professores.

Quanto aos resultados das entrevistas feitas com os bolsistas, as principais dificuldades encontradas por eles foram a burocracia vinda da gestão pública educacional para a atividade ocorrer nos colégios, assim como encontrar alunos na universidade que se interessassem pela eletroquímica. Como aprendizagem, eles citaram que a população carece muito de informações corretas a respeito do meio ambiente, especialmente o que envolve equipamentos eletrônicos, que

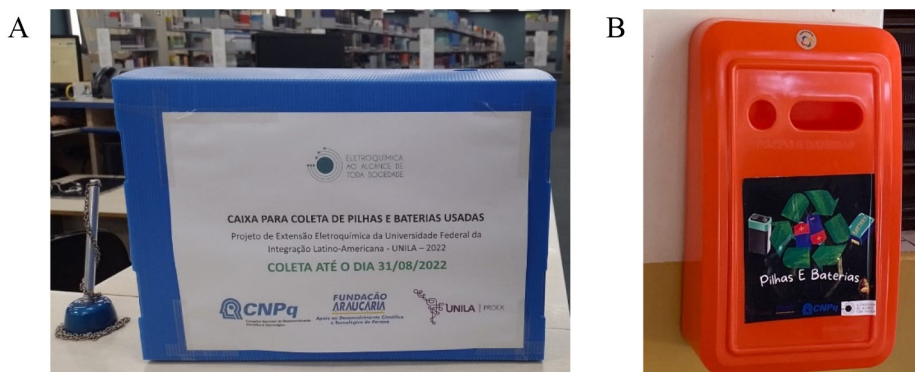


Figura 4: Pontos de coleta temporários instalados pelos extensionistas. A) Coleta na Biblioteca da universidade, 2021. B) Coleta no Colégio, 2023. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 5: Separação e classificação de pilhas e baterias, 2023. Fonte: Arquivo pessoal.

contém pilhas e baterias, reforçando o quanto o trabalho da extensão é necessário para a comunidade.

Outra percepção relatada pelos bolsistas na prática foi a importância de abordar o assunto transversalmente conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (Silva *et al.*, 2022), com temas do interesse desses estudantes; por exemplo, falar sobre o controle remoto do seu jogo, que utiliza pilhas ou, então, o telefone celular em que se assiste a vídeos, deixando que eles possam debater bastante sobre o assunto e, logo após, questioná-los sobre alternativas viáveis para o descarte das pilhas e baterias.

A professora de uma escola participante enfatizou, em sua fala, a notoriedade da integração do projeto com a escola e a sociedade: “O projeto se estende para toda comunidade escolar, proporciona aos estudantes aprofundamento dos conteúdos e novas experiências, além de tornar indivíduos críticos e reflexivos para que possam tomar atitudes responsáveis na sociedade, contemplando assim a educação com enfoque em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente”.

Para o coordenador, uma das maiores dificuldades do projeto é ter estudantes bolsistas ou voluntários que residam próximo às escolas para atuarem no projeto, pois a logística de transporte público dificulta o acesso. Em relação a expandir o número de escolas beneficiadas pelo projeto, confirmou que a ideia é contemplar todas as escolas estaduais de Foz do Iguaçu e cidades das regiões vizinhas. Atualmente, segundo o Núcleo Regional de Educação, Foz do Iguaçu possui 31 escolas estaduais, mas até o momento apenas 6 foram contempladas pelo projeto.

Pelas informações destacadas, constatou-se a necessidade de expansão para outras escolas de Ensino Médio de Foz do Iguaçu, como também o apoio da Secretaria de Educação, melhorando a divulgação do projeto na UNILA, para motivar a entrada de novos bolsistas interessados, tornando as escolas pontos de coleta permanentes, tendo em vista o crescente consumo de pilhas e baterias por estudantes.

Como resultados positivos, pode-se observar um potencial impacto nos estudantes, em seus familiares e na sociedade, no que se refere à conscientização ambiental, no sentido de frear os danos ambientais, conforme as ideias de Santos *et al.* (2013), e aos males que esses dispositivos causam à

saúde e ao meio ambiente, assim como o conhecimento de pontos de coleta de pilhas e baterias disponíveis na cidade. Houve também a formação de parcerias com outras instituições, como a Receita Federal, que faz a apreensão de pilhas e baterias. Para além disso, foi necessário o conhecimento da legislação ambiental, o papel de cada um no processo de coleta de pilhas e baterias, como o fornecedor, o consumidor e o poder público municipal.

Com isso, este estudo revela o quanto um projeto pode promover mudanças que envolvem não apenas os estudantes, mas também a comunidade em geral, pois aprender na prática gera maior compreensão e engajamento de todos. As Figuras 6A, trabalho apresentado na 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química em 2018, e 6B, no 6º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade em 2023, ilustram a evolução dos discentes nos entendimentos de temas relacionados à eletroquímica, pilhas e baterias e seu impacto no ambiente, coadunando com a ideia de Santos *et al.* (2013), ao citar que a conscientização ambiental deve ocorrer de dentro para fora, em um processo coletivo e conversado, construindo um novo modelo sustentável em comunhão.

Considerações finais

Este estudo atingiu seus objetivos a partir do momento que propagou a atuação do ensino da eletroquímica no dia a dia até a análise do real benefício da ação de educação ambiental sobre o tema descarte correto de pilhas e baterias para os estudantes das escolas públicas que participaram de um projeto de extensão em uma universidade federal pública de Foz do Iguaçu, no Paraná. Foi constatado que uma pequena ação (contínua) pode, aos poucos, ser multiplicada, permitindo que as pessoas adotem novos hábitos e busquem melhor qualidade no ambiente em que vivem. De modo geral, os resultados alcançados destacam, principalmente, a relevância de abordar os conteúdos escolares de maneira contextualizada no cotidiano do estudante, pois tal abordagem irá atribuir novos significados e valores às concepções e conceitos relacionados ao meio ambiente, bem como às suas interações com o mundo social e o ambiente escolar.

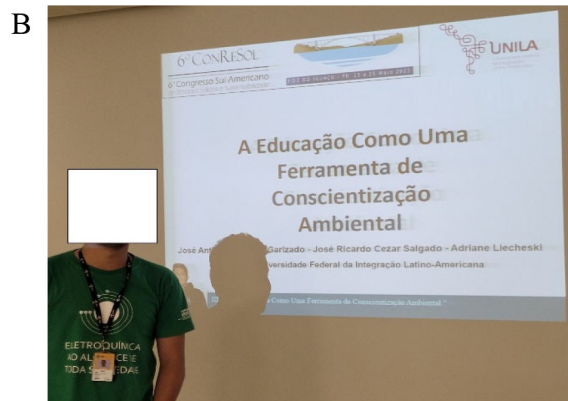


Figura 6: Bolsistas participando de eventos: A) 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2018; B) 6º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 2023. Fonte: Arquivo pessoal.

Para a formação de cidadãos conscientes sobre questões ambientais, é fundamental que escolas adotem práticas, desde o Ensino Fundamental ao Superior, com o intuito de despertar discussões propícias para o enfrentamento desses problemas. Ressalta-se também, a relevância do professor do Ensino Médio em promover a articulação e integração de novas ideias e a formação do cidadão crítico. Atividades bem fundamentadas não apenas facilitam a compreensão dos conteúdos, mas também enriquecem a aprendizagem de maneira significativa. Além disso, tais abordagens tendem a engajar e motivar os estudantes, substituindo, assim, a simples definição de conceitos, por meio do tradicional livro didático. Para pesquisas futuras, recomenda-se realizar um questionário com os estudantes após realizada a intervenção didática de educação ambiental, para avaliar o conhecimento adquirido quanto à forma de descarte de pilhas e baterias utilizado, o nível de entendimento acerca dos danos provocados à saúde e informações dos pontos de coleta disponíveis.

Agradecimentos

M. C. Scarpari agradece pela bolsa de mestrado concedida pelo Programa “Mulheres Paranaenses: Empoderamento e Liderança” da Fundação Araucária, N°.

MUL2022201000001. J.A.S. Garizado agradece pela bolsa de extensão da PROEX. Agradecimentos aos professores das escolas públicas de Foz do Iguaçu-PR, às PRPPG e PROEX, ao Programa de Pós Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, e aos técnicos da Secretaria de Apoio Científico e Tecnológico da UNILA. Ao CNPq, pelo financiamento à pesquisa (Processo 405065/2021-3). À Receita Federal do Brasil, pela disponibilização das baterias.

Wladianne Ferreira da Silva (wladianneadm@gmail.com) é bacharel em Administração pela Universidade Estadual do Ceará e mestranda do Programa de Pós-Graduação Profissional em Tecnologia, Gestão e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **José Antônio Salgado Garizado** (jas.garizado.2020@aluno.unila.edu.br) é estudante do curso de Ciências da Natureza - Química, Física e Biologia da Universidade Federal da Integração Latino-Americana – UNILA. **Maria Cristina Scarpari** (mc.scarpari.2018@aluno.unila.edu.br) é licenciada em Ciências da Natureza: Biologia, Física e Química pela UNILA, tecnóloga em Gestão Ambiental pela UTFPR e mestranda do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade da UNILA. **Adriane Liecheski** (adrianeliecheski010@gmail.com) é licenciada em Química pela Unioeste, possui pós graduação em Ensino de Ciências pela UTFPR e é mestre em Química pelo Profqui-UTFPR. Atualmente é professora do Colégio Cívico Militar Presidente Costa e Silva e Colégio Estadual Cataratas do Iguaçu-PR. **José Ricardo Cezar Salgado** (jose.salgado@unila.edu.br) é doutor em Ciências, área de concentração de Físico-Química pela USP-São Carlos. Atualmente é professor adjunto e faz parte dos Programas de Pós-Graduação em Física Aplicada e Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade da UNILA.

Referências

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica*. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf, acesso em fev. de 2024.

AGOURAKIS, D. C.; CAMARGO, I. M. C. D.; COTRIM, M. B. e FLUES, M. Componentes de zinco e manganês de pilhas alcalinas em uma coluna de solo. *Química Nova*, v. 29, n. 5, p. 960-964, 2006.

ALMANAQUE FUTURO. *As URVs colocam Foz do Iguaçu no topo da lista de cidades que fazem um bom papel “reciclando”*. Foz do Iguaçu, 2023. Disponível em: <https://almanaquefuturo.com.br/retrospectiva-prefeitura-de-foz-2023/as-urvs-colocam-foz-do-iguacu-no-topo-da-lista-de-cidades-que-fazem-um-bom-papel-reciclando/>, acesso em fev. de 2024.

ALVES, A. M. Descarte de pilhas e baterias: uma análise do comportamento da população conquistense. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 13, n. 22, p. 25-35, 2016.

AMARO JUNIOR, A. C.; SILVA, D. R.; CAMPOS, R. S. A.; SILVA, S. A. e MONTANUCI, R. Abordagem do lixo eletrônico no ensino de química: uma revisão bibliográfica. *Scientia Naturalis*, v. 4, n. 2, p. 672-684, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA - ABIEE. *Mais de 200 toneladas de pilhas foram recicladas em Juiz de Fora em 2021: veja onde fazer o descarte correto*. Juiz de Fora: ABINEE, 2022. Disponível: http://www.clipping.abinee.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=347521&query=advsearch&search_by_section=111&sid=111&text=, acesso em fev. de 2024.

BARON, D. F. B. e SALGADO, J. R. C. Viabilidade no reaproveitamento de pilhas de uso doméstico contrabandeadas na região da tríplice fronteira. *Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia*, 2021, Foz do Iguaçu-PR. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cobicet/380626-VIABILIDADE-NO-REAPROVEITAMENTO-DE-PILHAS-DE-USO-DOMESTICO-CONTRABANDEADAS-NAREGIAO-DA-TRIPLICE-FRONTIEIRA--FOZ->, acesso em fev. de 2024.

BARRETO, N. F.; TIMÓTEO, A. S.; PINHO, Y. K. R.; BARRETO, R. V. C. e MOREIRA, A. S. N. Forma de descarte de pilhas e baterias de celulares usadas por moradores do município de Campos dos Goytacazes e consciência ambiental quanto ao descarte adequado. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 9, n. 1, p. 195-205, 2015.

BESSA, I. O.; MEDEIROS, I. J. S. e RIZZATTI, I. M. Descarte correto de pilhas e baterias: proposta de educação ambiental para Escola Estadual Maria das Dores Brasil, Boa Vista, Roraima. *Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia*, 2012. Disponível em: <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/213>, acesso em fev. de 2024.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2010. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/35443315>, acesso em fev. de 2024.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1999. Disponível em: <https://www>.

planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm, acesso em fev. de 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm, acesso em fev. de 2024.

BRASIL. Resolução nº 257, de 22 de julho de 1999. Dispõe sobre o descarte, coleta, reutilização, reciclagem e tratamento de pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: CONAMA, 1999. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=96661>, acesso em fev. de 2024.

BRASIL. Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008. Proposta de resolução que dispõe sobre pilhas e baterias. Status: Revoga a Resolução nº 257, de 1999. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: CONAMA, 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>, acesso em fev. de 2024.

CARIBÉ, J. A. Z. et al. *Programa de análise de produtos: Relatório sobre análise em pilhas alcalinas e zinco-manganês*. Rio de Janeiro: Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2011.

COUTINHO, E. D.; MANDARINO, M. L. F.; DINIZ, B. M. e SINAY, M. C. F. Antecedentes da adesão ao descarte de pilhas e baterias no trabalho: um estudo com modelagem de equações estruturais. *Revista FSA*, v. 16, n. 2, p. 16-31, 2019.

CRUZ, T. F.; SILVA, G. R. e OLIVEIRA, H. R. Aplicação de uma oficina temática a partir da identificação da percepção ambiental sobre o descarte de pilhas e baterias em Rio Negro-MS, Brasil. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinária*, v. 6, n. 2, p. 103-116, 2020.

DAL-FARRA, R. A. e LOPES, P. T. C. Métodos mistos de pesquisa em educação: Pressupostos teóricos. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 24, n. 3, p. 67-80, 2014.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002.

GOMES, A. C. L. e MELO, S. R. Pilhas e efeitos nocivos. *Arquivos do Mudi* (Maringá, PR), v. 10, n. 3, p.10-15, 2006.

GARIZADO, J. A. S.; SCARPARI, M. C.; SILVA, W. F.; LIECHESKI, A.; SALGADO, J. R. C. A educação como uma ferramenta de conscientização ambiental. *Anais do 7º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, v. 7, p. 1-4, 2024.

MACEDO, B. H. D.; BENEDET, R. O. e SALGADO, J. R. C. A eletroquímica ao alcance da sociedade. *Revista Técnico-Científica*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2023.

MARTINS, A. N. A.; LEITE, C. P.; MARTINS, J. J. A.; SILVA, G. N. e ARAÚJO, G. T. Descarte de pilhas e baterias: a problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNLD 2015 para o conteúdo de eletroquímica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 9, n. 5, p. 31-50, 2014.

NOE, C. C. C.; ALVES, B.; AZZALIS, L. A.; JUNQUEIRA, V. B. C.; ALVARENGA, R.; CARVALHO, T. D.; SILVA, O. R. e FONSECA, F. L. A. Reuso de embalagens cartonadas para descarte adequado de pilhas e baterias. *Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar*, v. 5, n. 1, p. 105-116, 2016.

PARANÁ. *Estado promove campanha de recolhimento de eletroeletrônicos na semana do meio ambiente*. Curitiba, SEDEST, 2023. Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/Noticia/Estado-promove-campanha-de-recolhimento-de-eletroeletronicos-na-semana-do-meio-ambiente>, acesso em fev. de 2024.

RIBEIRO, J. G. R.; SANTOS, M. F. e SILVA, N. C. *O impacto causado ao meio ambiente pelo descarte incorreto de pilhas e baterias*. 2022. Monografia de Graduação em Engenharia Elétrica, Centro Universitário UMA, Pouso Alegre-MG, 2022.

SANTOS, E. R.; FERREIRA, A. C.; SERPE, B. M. e ROSSA, A. J. Uso dos termos consciência, conscientização e tomada de consciência nos trabalhos paranaenses de Educação Ambiental. *Revista de Educação Pública*, v. 22, n. 48, p. 103-123, 2013.

SETE AMBIENTAL. *Dia Mundial do Lixo Eletrônico*. São José dos Pinhais, 2023. Disponível em: <https://www.seteambiental.com.br/dia-mundial-do-lixo-eletronico/>, acesso em fev. de 2024.

SILVA, E. G.; ZANATTA, S. C. e ROYER, M. R. Educação ambiental no ensino de química: revisão de práticas didático-pedagógicas sobre pilhas e baterias no Ensino Médio. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 8, n. 1, p. 56-71, 2022.

RAMOS, M. Q. *Logística reversa deve aumentar de 70 para mais de 5 mil pontos de coleta de lixo eletroeletrônico no país*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/15702-log%C3%ADstica-reversa-deve-aumentar-de-70-para-mais-de-5-mil-pontos-de-coleta-de-lixo-eletroeletr%C3%B4nico-no-pa%C3%ADs.html>, acesso em fev. de 2024.

REIGOTA, M. *O que é educação ambiental*. São Paulo: Brasiliense, 2017.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. São Paulo: Bookman, 2015.

Abstract: From the teaching of electrochemistry to environmental responsibility: conscious disposal of batteries for a sustainable future. The present study aimed to demonstrate the role of electrochemistry in daily life and to analyze an environmental education initiative focused on the proper disposal of batteries, developed within the scope of an extension project. The research seeks to evaluate the benefits of this initiative for the environment, as well as for the students and teachers of public schools who participated in the project. The methodology applied was a case study with a qualitative approach, using semi-structured interviews with the project coordinator, his undergraduate students, and a teacher from the participating school, in addition to observing the locations where the project was implemented. Regarding the qualitative approach, data were collected and analyzed from 2016, the year of implementation, until 2023. The results showed that the project has already included nine schools, directly impacted an average of 1,000 students, and indirectly affected their families, as well as society as a whole. Moreover, it removed 1,459 batteries from the environment, in addition to influencing environmental awareness, mitigating the damage that improper disposal of these materials can cause to health and the environment. The project also disseminated information on battery collection points available in the city, formed partnerships with other public institutions, and provided information on environmental legislation and the role of each party in the collection process, from the supplier to the consumer and the municipal government.

Keywords: chemistry teaching, quality education, sustainability