



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campus de Três Lagoas –CPTL
Curso de Geografia



A PROBLEMÁTICA DA DESTINAÇÃO INADEQUADA DE PILHAS E BATERIAS E A EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE CONSCIENTIZAÇÃO

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

Francis Azevedo da Silva

TRÊS LAGOAS

2026

A PROBLEMÁTICA DA DESTINAÇÃO INADEQUADA DE PILHAS E BATERIAS E A EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE CONSCIENTIZAÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Três Lagoas (CPTL), como requisito para obtenção do título de Bacharelem Geografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Gislene Figueiredo Ortiz
Porangaba

TRÊS LAGOAS

2026

Francis Azevedo da Silva

**A PROBLEMÁTICA DA DESTINAÇÃO INADEQUADA DE PILHAS E
BATERIAS E A EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL COMO
INSTRUMENTO DE CONSCIENTIZAÇÃO**

Monografia apresentada à Banca Examinadora em:
18 de junho de 2026 e foi considerada aprovada

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Doutora Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba
Orientadora

Mestre Gabriel Ramos de Lima
Examinador

Prof.^a Mestra Lusianne de Azamor Torres
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram de maneira incansável para que esta etapa da minha vida pudesse ser concluída.

À minha orientadora Gislene, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e direcionando meu trabalho de modo atencioso, doce e respeitoso.

Aos meus pais Francisco e Vania que, mesmo exigentes, não me deixaram desistir quando nem eu mesmo acreditava ser possível. Por todos os momentos de dificuldade que estiveram ao meu lado, seja ensinando, dando bronca ou apenas acolhendo, embora no cotidiano eu fale pouco, deixo aqui a gratidão imensa que sinto por serem e fazerem o papel de meus pais. Amo vocês imensamente.

Ao meu irmão Leandro que, mesmo sendo mais novo, sempre me foi motivo de orgulho, inspiração e referência, que em tantos momentos intercedeu por mim e, através de seu apoio, contribuiu para que eu pudesse estar aqui hoje e concluir este trabalho.

À minha irmã caçula Larissa, que sempre me deu seus choques de realidade, que sempre me apoiou e que, desde pequena, sempre me incentivou, mesmo sem saber, a ser alguém melhor.

À minha avó “Lena”, que nunca me deixou esquecer que eu era o seu orgulho e a herança do Senhor.

À minha tia “Jê” (Jeniana), que sempre acreditou no meu potencial, que sempre esteve ao meu lado, direcionando meus caminhos acadêmicos, me aconselhando, cuidando tal qual uma segunda mãe que me foi dada de presente pela vida.

À professora Maria Ângela, que me ajudou e que muito me apoiou, sendo uma das pessoas que contribuíram para nortear minha vida acadêmica por meio de seus projetos ambientais.

Ao meu amigo/irmão Marcelo, que esteve do meu lado em todos os momentos difíceis, de dor, medo e angústia, amigo que sempre me deu suporte e apoio, que me carregou no colo quando minhas pernas não podiam caminhar por conta própria e que sem ele este momento jamais aconteceria, meu maior amigo, minha maior referência de apoio e perseverança, não apenas acadêmica, mas também como ser humano.

Aos meus amigos Denise, Anderson e Isabela, por todo apoio, incentivo e leveza que trouxeram nesse processo e em tantos outros momentos, sem os quais eu jamais teria conseguido permanecer focado em minha trajetória acadêmica.

A todas estas pessoas, que não apenas significam tanto para mim em termos de afeto, mas que também foram cruciais para o meu desenvolvimento como filho, irmão, amigo, aluno e profissional. Sou consequência da influência que cada um de vocês exerceu em minha vida, e sou profundamente grato por isso. Sou grato a cada conselho, a cada orientação e a cada gesto de apoio. Agradeço, imensamente, a todos que acreditaram em mim, mesmo nos momentos em que o meu próprio ceticismo me impedia de fazê-lo.

RESUMO

O presente trabalho aborda a problemática da conscientização sobre a destinação adequada de pilhas e baterias, destacando os impactos ambientais e os riscos à saúde humana decorrentes do descarte irregular desses resíduos. O crescimento do consumo de dispositivos eletrônicos aumentou significativamente a geração de resíduos eletroeletrônicos, tornando as pilhas e baterias componentes cada vez mais presentes no cotidiano da sociedade. Contudo, muitos desses materiais são descartados incorretamente no lixo comum, em terrenos baldios e em corpos hídricos, favorecendo a contaminação do solo, da água e dos ecossistemas por metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio e níquel. A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, utilizando artigos científicos, livros, legislações e relatórios institucionais relacionados à temática dos resíduos eletroeletrônicos, logística reversa e educação ambiental. Além disso, realizou-se uma intervenção educativa com a participação da Universidade da Melhor Idade (UMI), vinculada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas. As atividades consistiram em palestra educativa, roda de conversa e oficina prática para a confecção de coletores de pilhas e baterias, conhecidos como “papa-pilhas”. Os resultados demonstraram que a maior parte dos participantes desconhecia os riscos associados ao descarte inadequado desses resíduos, especialmente em relação aos impactos ambientais e à saúde pública. Durante a oficina, observou-se significativa participação e interesse dos alunos, evidenciando que as ações de educação ambiental contribuem de forma efetiva para a conscientização e para o desenvolvimento de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Pilhas e baterias. Descarte inadequado. Conscientização ambiental. Resíduos eletroeletrônicos. Logística reversa.

ABSTRACT

This study addresses the issue of raising awareness about the proper disposal of batteries, highlighting the environmental impacts and human health risks resulting from the improper disposal of these waste materials. The increasing consumption of electronic devices has significantly raised the generation of electronic waste, making batteries an increasingly present component in society's daily life. However, many of these materials are improperly discarded in general waste, vacant lots, and water bodies, contributing to the contamination of soil, water, and ecosystems by heavy metals such as lead, mercury, cadmium, and nickel. The research was developed through a literature review, using scientific articles, books, legislation, and institutional reports related to the topic of electronic waste, reverse logistics, and environmental education. In addition, an educational intervention was carried out with the participation of the Universidade da Melhor Idade (UMI), linked to the Federal University of Mato Grosso do Sul, Três Lagoas campus. The activities consisted of an educational lecture, a discussion circle, and a hands-on workshop for the construction of battery collection containers known as "battery drop boxes." The results show that most participants were unaware of the risks associated with improper disposal of these materials, especially regarding environmental and public health impacts. During the workshop, significant participation and interest from the students were observed, demonstrating that environmental education actions effectively contribute to awareness-raising and the development of sustainable practices.

Keywords: Batteries. Improper disposal. Environmental education. Electronic waste. Reverse logistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma mostrando metais absorvidos por espécies vivas pelo descarte irregular de pilhas e baterias	21
Figura 2 – Realização de oficina educativa	37
Figura 3 – Confeção dos coletores de pilhas e baterias (“papa-pilhas”)	37
Figura 4 – Exposição do material produzido pelos alunos durante a oficina	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Evolução do uso de pilhas e baterias no cotidiano	13
2.2. Linha do tempo da evolução das pilhas e baterias	14
2.3. Crescimento do consumo e aumento da geração de resíduos	14
2.4. Considerações sobre o impacto socioambiental	15
2.5. Principais tipos de pilhas e baterias	16
2.6. A segunda natureza de Milton Santos	17
2.7. Potenciais impactos ambientais	18
2.8. Impactos ambientais do descarte irregular de pilhas e baterias.....	19
2.9. Contaminação de solos e águas subterrâneas	19
2.10. Bioacumulação e biomagnificação	20
2.11. Riscos à saúde humana	20
2.11.1. Estudo de caso no Brasil	21
2.11.1.1. Lixão de Teofilândia (BA)	22
2.11.1.2. Reservatórios de Billings e Guarapiranga (SP)	22
2.12. Perspectiva geográfica: impactos territoriais	22
2.13. Políticas públicas e estratégias de mitigação	23
2.14. Legislação e políticas públicas	24
2.15. Sistema de coleta e logística reversa	26
2.15.1. Funcionamento da logística reversa no Brasil	26
2.15.2. Programas de coleta seletiva e pontos de entrega	26
2.15.3. Dificuldades de implementação	27
2.15.4. Eficácia e engajamento social	27
2.16. Tecnologias de tratamento e reciclagem	28
2.16.1. Métodos de reciclagem	28
2.16.2. Recuperação de materiais estratégicos	28
2.16.3. Desafios na reciclagem de baterias de íon-Lítio.....	29
2.16.4. Perspectivas e economia circular	29
2.17. Percepção ambiental e educação para o descarte	30
2.17.1. Comportamento do consumidor e percepção ambiental	30

2.17.2. Importância da educação ambiental	30
2.17.3. Ações educativas e campanhas de conscientização	30
2.17.4. Desafios e perspectivas	31
3. POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS	32
4. METODOLOGIA	34
4.1. Procedimentos metodológicos	34
4.2. Tipo de pesquisa	34
4.3. Local e público-alvo	34
4.4. Etapas da metodologia	35
4.5. Objetivos alcançados	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

No dia a dia, utilizamos pilhas e baterias quase sem perceber sua presença constante em nossa rotina. Elas estão nos celulares, controles remotos, relógios, brinquedos, computadores e em inúmeros outros dispositivos que facilitam nossas atividades. No entanto, embora sejam consideradas indispensáveis na vida moderna, muitas vezes não refletimos sobre o destino desses materiais após o fim de sua vida útil. É justamente nesse momento que surge uma preocupação importante: o descarte inadequado de pilhas e baterias e os impactos que essa prática pode causar ao meio ambiente e à saúde humana.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, tornou-se evidente que as pilhas e baterias representam um tipo de resíduo que exige atenção especial. Isso porque sua composição inclui substâncias químicas e metais potencialmente tóxicos, como chumbo, mercúrio, cádmio, níquel e lítio, que podem causar sérios danos quando liberados no ambiente. Quando descartadas no lixo comum ou em locais impróprios, esses materiais podem se deteriorar e contaminar o solo e os recursos hídricos, comprometendo ecossistemas inteiros e afetando, de forma direta ou indireta, a qualidade de vida da população.

Muitas vezes, o descarte incorreto acontece não por negligência, mas pela falta de informação. Grande parte das pessoas ainda desconhece os riscos associados a esse tipo de resíduo e não sabe onde ou como realizar a destinação correta. Perceber essa realidade foi uma das motivações para aprofundar esta temática e compreender como pequenas atitudes individuais podem gerar impactos significativos para toda a sociedade.

Pensar sobre isso me levou a refletir sobre a nossa responsabilidade coletiva diante dos problemas ambientais atuais. Cada pilha descartada de forma inadequada pode representar um potencial foco de contaminação, capaz de atingir o solo, os lençóis freáticos e, conseqüentemente, a cadeia alimentar. Em alguns casos, os danos provocados por esse descarte inadequado podem permanecer por muitos anos no ambiente, tornando ainda mais urgente a necessidade de mudança de comportamento.

Nesse cenário, a destinação correta das pilhas e baterias surge como uma prática essencial para a preservação ambiental. Sistemas de coleta seletiva, pontos

de recolhimento específicos e programas de logística reversa são alternativas fundamentais para reduzir os impactos causados por esses resíduos e possibilitar a reciclagem de componentes que ainda podem ser reaproveitados. No entanto, para que essas medidas sejam realmente eficazes, é necessário que a população esteja consciente da sua importância e participe ativamente desse processo.

É nesse ponto que a educação ambiental se torna indispensável. Mais do que transmitir informações, ela tem o papel de despertar consciência, incentivar mudanças de hábitos e promover uma relação mais responsável entre sociedade e meio ambiente. Acreditamos que, por meio de ações educativas, palestras, oficinas e projetos desenvolvidos no ambiente escolar, é possível sensibilizar alunos e comunidade para a importância do descarte correto, formando cidadãos mais atentos às consequências de suas escolhas.

Ao abordar essa temática, este trabalho busca não apenas discutir os riscos associados ao descarte inadequado de pilhas e baterias, mas também contribuir para o fortalecimento de práticas sustentáveis e para a construção de uma consciência ambiental mais presente no cotidiano das pessoas. Afinal, cuidar do meio ambiente também começa em atitudes simples, e saber onde descartar adequadamente uma pilha pode ser uma delas.

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar, por meio de revisão bibliográfica de artigos científicos, os impactos ambientais e riscos à saúde humana, decorrente do descarte irregular de pilhas e baterias, destacando a importância da conscientização ambiental como estratégia fundamental para a redução dos danos socioambientais e para a promoção de práticas sustentáveis no manejo destes resíduos.

Para alcançar o objetivo proposto nesta pesquisa, foram definidos objetivos específicos voltados à compreensão dos aspectos ambientais relacionados ao descarte de pilhas e baterias e ao desenvolvimento de ações de sensibilização sobre a temática, além de uma oficina de conscientização socioambiental. Nesse sentido, buscou-se identificar os principais tipos desses resíduos, suas composições químicas e a presença de metais pesados, evidenciando o potencial poluidor associado a esses materiais. Além disso, procurou-se analisar os impactos ambientais e os riscos à saúde humana decorrentes do descarte inadequado, com destaque para os processos de contaminação do solo e dos recursos hídricos, bem como para a bioacumulação de substâncias tóxicas ao longo da cadeia alimentar.

Também foi desenvolvida uma ação de educação ambiental por meio de uma oficina educativa, que incluiu a realização de uma palestra voltada à conscientização dos alunos sobre os riscos ambientais provocados pela destinação incorreta desses resíduos. Como parte das atividades propostas, foi realizada a confecção de papas-pilhas, buscando incentivar práticas mais sustentáveis e contribuir para a adoção de formas adequadas de descarte no ambiente escolar e no cotidiano da sociedade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Evolução do uso de pilhas e baterias no cotidiano

O desenvolvimento das pilhas e baterias ao longo da história representa um marco fundamental para o avanço tecnológico da humanidade, pois possibilitou o armazenamento prático e eficiente de energia elétrica (LINDEN; REDDY, 2002). A primeira grande conquista nesse campo ocorreu no final do século XVIII, quando o físico e químico italiano Alessandro Volta (1745-1827) construiu a chamada "pilha voltaica", sendo considerado o primeiro dispositivo capaz de produzir corrente elétrica contínua (LINDEN; REDDY, 2002).

A partir desse invento, intensificaram-se as pesquisas e os aprimoramentos que deram origem às diferentes tecnologias eletroquímicas, tais como as pilhas de zinco-carbono, alcalinas, níquel-cádmio (NiCd), níquel-hidreto metálico (NiMH) e, mais recentemente, as baterias de íon-lítio, amplamente utilizadas em equipamentos portáteis e sistemas de alta performance (LINDEN; REDDY, 2002).

Com o avanço da tecnologia e o surgimento de novos dispositivos eletrônicos, principalmente ao final do século XX, pilhas e baterias passaram a integrar o cotidiano das sociedades modernas, estando presentes em relógios, brinquedos, lanternas, veículos elétricos, entre outros. No entanto, paralelamente aos benefícios proporcionados pelas novas tecnologias, surgiram também grandes desafios socioambientais relacionados tanto ao seu manuseio quanto ao seu descarte inadequado ou incorreto (LIMA; FERRAZ, 2018). Tais problemas são devidos, especialmente, à toxicidade das substâncias que compõem os referidos dispositivos, tais como o chumbo, o mercúrio, o cádmio e níquel, substâncias que podem causar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente quando liberados no solo, na água ou no ar (GIOVANELLI *et al.*, 2012).

O descarte indevido de pilhas e baterias em lixo comum extremamente negativo para o meio ambiente, uma vez que favorece o rompimento do invólucro externo, resultando no vazamento de metais pesados e de alta persistência no ambiente natural resultando na poluição e contaminação do meio ambiente (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

Diante desse contexto, torna-se fundamental compreender a evolução histórica das pilhas e baterias, os riscos associados ao seu uso e descarte

inadequado, bem como as políticas de gerenciamento existentes para a sua adequada destinação. Tal discussão é essencial para fomentar práticas sustentáveis, assegurar a proteção ambiental e promover a saúde pública em meio ao atual cenário de acelerada expansão tecnológica e crescente geração de resíduos eletroeletrônicos.

2.2. Linha do tempo da evolução das pilhas e baterias

- 1799: Surge a primeira pilha voltaica – invenção de Alessandro Volta - o primeiro dispositivo com capacidade de produzir corrente contínua de forma estável (LINDEN; REDDY, 2002).
- Século XIX: O invento passa por aperfeiçoamentos e surgem novos modelos, tais como as pilhas de Daniell, de Leclanchè e as baterias de chumbo-ácido (LINDEN; REDDY, 2002).
- Início do século XX: Os dispositivos energéticos são inseridos no cotidiano doméstico com a utilização em rádios portáteis, lanternas e instrumentos militares.
- 1950-1970: Consolidação das pilhas alcalinas e melhora na durabilidade de energia, o que impulsionou seu uso (LINDEN; REDDY, 2002).
- 1980-2000: Com a expansão da tecnologia digital, pilhas e baterias passaram a ser utilizadas em computadores, celulares entre outros dispositivos eletroportáteis (LIMA; FERRAZ, 2018).
- Século XXI: Inicia-se a era do lítio e da mobilidade urbana com o surgimento de veículos movidos à bateria (UNITAR, 2024).

2.3. Crescimento do consumo e aumento da geração de resíduos

A tecnologia avançada, associada à urbanização acelerada, levou a um crescimento exponencial do consumo de pilhas e baterias em escala mundial (FORTI *et al.*, 2020). Segundo o relatório *The Global E-waste Monitor 2024*, o mundo gerou aproximadamente 62 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos em 2022, com projeção de crescimento para 82 milhões de toneladas até 2030. Esses resíduos incluem grande quantidade de pilhas e baterias

portáteis, baterias recarregáveis e baterias de grande porte utilizadas em veículos e sistemas de energia.

De acordo com Giovanelli *et al.* (2012), o aumento do descarte inadequado está associado diretamente à popularização dos dispositivos eletrônicos, o que reforça a presença de metais como chumbo, mercúrio e cádmio no meio ambiente, representando um risco severo à saúde pública. Ainda a esse respeito, os autores salientam o seguinte:

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos podem liberar substâncias tóxicas capazes de contaminar os ecossistemas mesmo em baixas concentrações, devido à alta persistência dos metais pesados (GIOVANELLI *et al.*, 2012).

Em virtude do crescente consumo de dispositivos tecnológicos mais avançados, a geração de resíduos eletroeletrônicos cresce cerca de 10% ao ano, superando a média mundial. Os autores também apontam que a falta de infraestrutura adequada para a coleta e reciclagem faz com que grande parte desses resíduos seja descartada junto ao lixo comum. Além da contaminação ambiental de forma indireta, os pesquisadores ressaltam que a ausência de políticas municipais consolidadas e de educação ambiental contribui significativamente para a manutenção deste cenário (LIMA, FERRAZ, 2018).

2.4. Considerações sobre o impacto socioambiental

A evolução das pilhas e baterias, ao mesmo tempo em que impulsiona o desenvolvimento tecnológico, amplia os riscos ambientais quando não há gestão eficiente de seus resíduos. De acordo com o *Global E-waste Monitor 2024*, apenas 22,3% dos resíduos eletroeletrônicos gerados globalmente foram formalmente coletados e reciclados em 2022, enquanto o restante é descartado de forma inadequada, muitas vezes em aterros irregulares. Com os depósitos clandestinos, este cenário torna-se ainda mais crítico, posto intensificar a contaminação do meio ambiente por metais pesados, o que amplia os impactos no solo e na água subterrânea e expõe as populações mais vulneráveis a riscos químicos severos (FORTI *et al.*, 2020).

Os autores Lima e Ferraz (2018) reforçam a problemática dos resíduos eletroeletrônicos está diretamente ligada ao ciclo de vida das baterias e ao consumo acelerado promovido pela obsolescência programada. Eles afirmam que “o modelo atual de consumo estimula o descarte rápido de produtos ainda funcionais, aumentando o volume de resíduos e dificultando a logística reversa” (LIMA, FERRAZ, 2018).

Assim, compreender a evolução histórica e a composição das pilhas e baterias permite também compreender os desafios ambientais contemporâneos. A discussão atual não se limita ao desenvolvimento tecnológico, mas inclui a responsabilidade ambiental compartilhada entre governos, indústrias e consumidores. (LIMA, FERRAZ, 2018).

2.5. Principais tipos de pilhas e baterias

Entre os tipos mais utilizados, destacam-se as pilhas alcalinas, pilhas de zinco-carbono, baterias de níquel-metal hidreto (NiMh), baterias de íon-lítio e baterias de chumbo-ácido (LINDEN; REDDY, 2002). Cada tecnologia apresenta características químicas distintas, influenciando o seu potencial poluidor e a complexidade de sua gestão territorial (LINDEN; REDDY, 2002).

As pilhas de zinco-carbono, uma das tecnologias mais antigas, possuem ânodo de zinco cátodo de dióxido de manganês e eletrólitos à base de cloreto (LINDEN; REDDY, 2002). Apesar do baixo custo, sua vida útil é limitada e frequentemente são descartadas em resíduos comuns, contribuindo para a contaminação do solo e a alteração de ecossistemas urbanos e periurbanos (ABRELPE, 2023).

As pilhas alcalinas representam uma evolução histórica em relação às pilhas de zinco-carbono, pois utilizam eletrólito à base de hidróxido de potássio, apresentando maior durabilidade e eficiência energética, além de serem menos tóxicas com relação às pilhas anteriores. Sua disposição inadequada em aterros urbanos favorece a lixiviação de metais pesados, afetando cursos da água e áreas de recarga de aquíferos (TCHOBANOGLOUS; KREITH, 2010).

As baterias de níquel-hidreto metálico (NiMh) são comuns em dispositivos recarregáveis como câmeras e lanternas, e contém níquel e ligas metálicas absorventes de hidrogênio (LINDEN; REDDY, 2002). Embora apresentem menor toxicidade que baterias de cádmio, ainda demandam sistemas de coleta seletiva

para evitar impactos ambientais locais e riscos à saúde de comunidades (TCHOBANOLOUS; KREITH, 2010).

As baterias de íon-lítio (Li-ion), amplamente utilizadas em celulares, notebooks e veículos elétricos, possuem composição complexa que envolve a presença de lítio, cobalto, níquel e manganês. A dificuldade de reciclagem e o descarte inadequado dessas baterias aumentam os riscos de contaminação ambiental em áreas urbanas densas (UNITAR, 2024) e representam potenciais efeitos nocivos à saúde da população e sustentabilidade do território urbano (LIMA; FERRAZ, 2018).

As baterias de chumbo-ácido, com uso predominante em veículos e sistemas de energia, possuem chumbo como componente principal. Trata-se de metal altamente tóxico que, se mal gerido, pode afetar ecossistemas e comunidades próximas às áreas de descarte, evidenciando a necessidade de logística reversa eficiente (TCHOBANOGLOUS; KREITH, 2010).

De acordo com os levantamentos realizados, percebemos certa variabilidade química na composição de certos tipos de pilhas e baterias; contudo, tal variação implica apenas diferenças no potencial contaminante dos metais pesados presentes na composição desses dispositivos. O que fica evidente é que a composição química das pilhas e baterias varia de acordo com a sua finalidade, a demanda de armazenamento energético e a viabilidade econômica de sua produção.

2.6. A segunda natureza de Milton Santos

Segundo Milton Santos (2006), a segunda natureza corresponde ao espaço transformado pela ação humana sobre a natureza original. Cidades, estradas, indústrias e demais construções são exemplos dessas modificações, resultantes das necessidades sociais, econômicas e tecnológicas. Embora essas transformações sejam parte do desenvolvimento da sociedade, também podem gerar impactos ambientais significativos quando ocorrem de forma desordenada. Conforme o autor, o espaço geográfico é resultado da interação contínua entre sistemas de objetos e sistemas de ações, refletindo as formas pelas quais a sociedade produz e transforma o ambiente ao longo do tempo. Dessa forma, a educação ambiental torna-se fundamental para promover a conscientização e incentivar práticas

sustentáveis, como o descarte adequado de pilhas e baterias, contribuindo para uma relação mais equilibrada entre sociedade e meio ambiente.

2.7. Potenciais impactos ambientais

Os metais pesados presentes em pilhas e baterias, como chumbo, cádmio, mercúrio e níquel, apresentam elevada persistência no ambiente e alto potencial de bioacumulação, afetando o solo, água subterrânea e os organismos que habitam o território (GIOVANELLI *et al.*, 2012). Esses impactos são particularmente críticos em áreas urbanas, onde a concentração de resíduos sólidos é maior e a vulnerabilidade social tende a ser mais elevada (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

A dispersão inadequada de pilhas e baterias em aterros comuns resulta em lixiviação de substâncias tóxicas, contaminando corpos hídricos e áreas agrícolas próximas, interferindo na sustentabilidade ambiental e na qualidade de vida da população (ABRELPE, 2023). Dessa forma, os resíduos eletroquímicos passam a ser não apenas um problema de consumo, mas um desafio territorial, conectando o planejamento urbano, a gestão de resíduos e a saúde ambiental (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

O descarte inadequado de pilhas e baterias constitui um dos principais desafios ambientais das cidades contemporâneas, sobretudo diante da crescente urbanização, do consumo tecnológico e da geração acelerada de resíduos sólidos perigosos (LIMA, FERRAZ, 2018). Esses resíduos, ao entrarem em contato com o solo, a água e ecossistemas, desencadeiam processos de contaminação química, bioacumulação e biomagnificação de metais pesados, impactando a saúde humana e a integridade do território.

A Geografia enquanto ciência que estuda as relações sociedade-meio ambiente, fornece ferramentas que são essenciais para compreender como o descarte irregular distribui-se territorialmente e como afeta as áreas urbanas, periurbanas e rurais, evidenciando desigualdades sociais e ambientais (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

2.8. Impactos ambientais do descarte irregular de pilhas e baterias

O descarte inadequado de pilhas e baterias constitui um dos principais desafios ambientais das cidades contemporâneas, sobretudo diante da crescente urbanização, do consumo tecnológico e da geração acelerada de resíduos sólidos perigosos (LIMA, FERRAZ, 2018). Esses resíduos, ao entrarem em contato com o solo, a água e ecossistemas, desencadeiam processos de contaminação química, bioacumulação e biomagnificação de metais pesados, impactando a saúde humana e a integridade do território.

A Geografia enquanto ciência que estuda as relações sociedade-meio ambiente, fornece ferramentas que são essenciais para compreender como o descarte irregular distribui-se territorialmente e como afeta as áreas urbanas, periurbanas e rurais, evidenciando desigualdades sociais e ambientais (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

2.9. Contaminação de solos e águas subterrâneas

A composição química das pilhas e baterias, incluindo metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e níquel (Ni), contribui para a sua alta toxicidade ambiental (GIOVANELLI et al., 2012). Quando descartadas de maneira irregular, essas substâncias podem ser lixiviadas e migrar verticalmente do solo, atingindo lençóis freáticos e aquíferos urbanos e periurbanos, o que coloca em risco o abastecimento de água e os ecossistemas aquáticos (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

Estudos de Silva *et al.* (2020), realizados em Teofilândia (BA), demonstram que lixões e áreas de descarte irregular apresentam solos e águas superficiais contaminadas com chumbo, cádmio e níquel, o que impacta diretamente a população local, principalmente nas comunidades próximas aos corpos hídricos. A presença de metais pesados evidencia como a pressão humana sobre o território influencia diretamente a qualidade ambiental, reforçando o conceito geográfico de que a poluição não ocorre de maneira homogênea.

O tipo de solo, o clima e a densidade urbana influenciam a velocidade e a intensidade da contaminação. Solos arenosos favorecem a percolação de metais, enquanto solos argilosos aumentam a retenção local, intensificando a

bioacumulação. A compreensão da variabilidade territorial é fundamental para o planejamento urbano e a gestão ambiental, pois possibilita definir quais são as áreas prioritárias para intervenção (TCHOBANOGLOUS; KREITH, 2010).

2.10. Bioacumulação e biomagnificação

A presença de metais pesados gera impactos ecológicos significativos, especialmente em virtude dos processos de bioacumulação – isto é, o acúmulo progressivo dessas substâncias nos organismos – e de biomagnificação – a concentração de substâncias tóxicas ao longo da cadeia alimentar. Esses processos são críticos para a compreensão geográfica, pois evidenciam como os contaminantes se deslocam pelo território e afetam diferentes espécies (GIOVANELLI *et al.*, 2012).

Espera-se que as espécies aquáticas em áreas urbanas, como peixes e moluscos, apresentem elevada concentração de chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio(Hg), representando riscos tanto para o consumo humano quanto para a biodiversidade (GIOVANELLI *et al.*, 2012). Este fenômeno demonstra que a contaminação química não é apenas um problema físico, mas também territorial, afetando os sistemas ambientais, as populações e o uso do solo (TCHOBANOGLOUS; KREITH, 2010).

2.11. Riscos à saúde humana

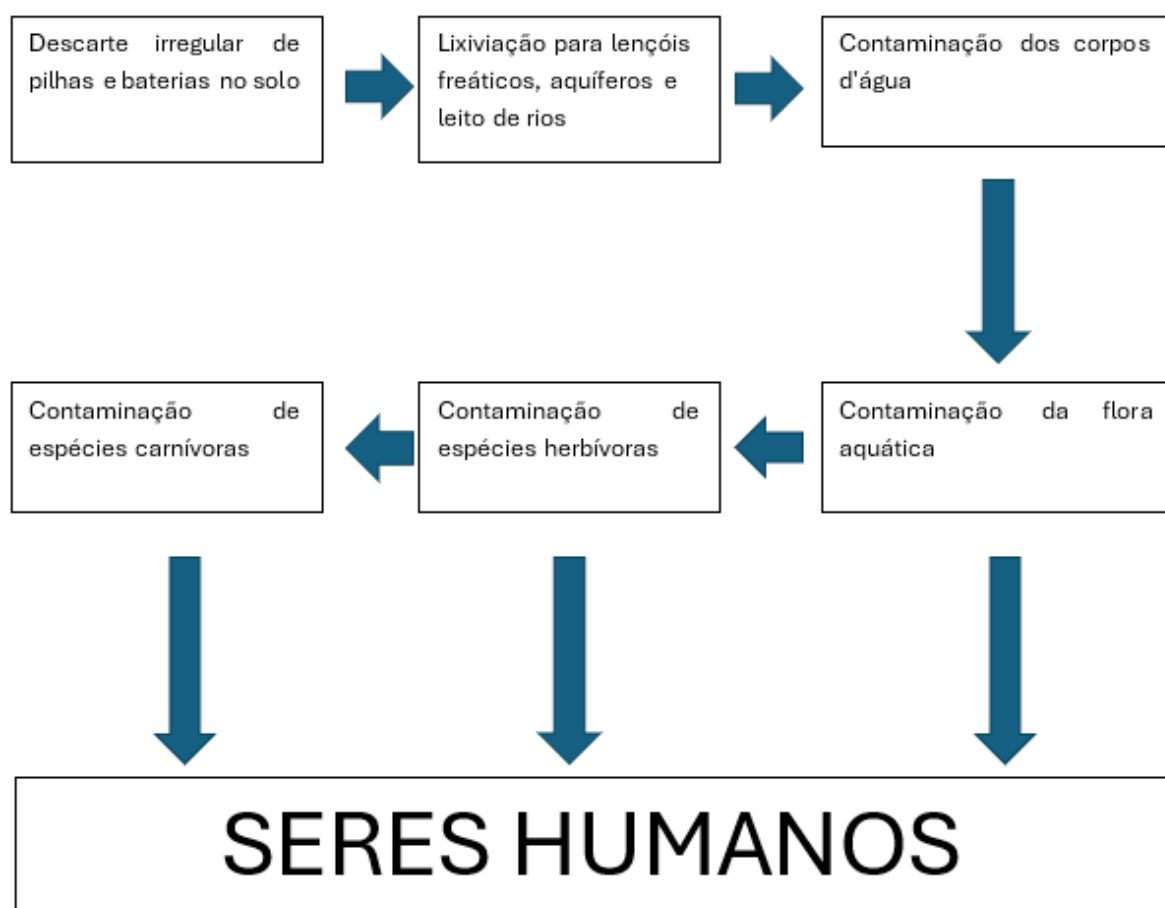
A exposição humana, com potencial efeito danoso à saúde, ocorre principalmente pela ingestão de água e alimentos contaminados, bem como pelo contato direto com solos impactados (GIOVANELLI *et al.*, 2012). Os principais efeitos do contato com metais pesados são os seguintes:

- Chumbo (Pb): Afeta o sistema nervoso central, o desenvolvimento infantil, os rins e o coração (GIOVANELLI *et al.*, 2012);
- Cádmio (Cd): Provoca disfunção renal, lesões hepáticas e riscos de câncer (LIMA; FERRAZ, 2018);
- Mercúrio (Hg): Danos neurológicos severos principalmente em crianças e gestantes (GIOVANELLI *et al.*, 2012);

- Níquel (Ni): Pode causar alergias e irritações respiratórias além de potenciais efeitos crônicos à saúde (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010).

Além dos efeitos à saúde humana apontados acima, os autores apontam, ainda, o fato de que as comunidades próximas aos lixões urbanos, às áreas industriais ou às regiões de descarte irregular são desproporcionalmente afetadas, o que caracteriza evidente situação de injustiça ambiental. Para uma melhor compreensão confeccionei um fluxograma ilustrando o processo de contaminação dos seres vivos resultantes do descarte inadequado de pilhas e baterias.

Figura 1 – Fluxograma mostrando metais absorvidos por espécies vivas pelo descarte irregular de pilhas e baterias



Fonte: O autor, 2026.

2.11.1. Estudos de caso no Brasil

A respeito do impacto do descarte inadequado de pilhas e baterias, que resulta na contaminação ambiental por metais pesados, consideramos importante analisar dois estudos de caso ocorridos em regiões distintas do Brasil, pois eles

ilustram a gravidade do problema, bem como a necessidade de se refletir sobre suas implicações. Trata-se da situação verificada por Silva *et al.* (2020) em um lixão de Teofilândia, na Bahia, e do impacto ambiental observado nas Represas Billings e Guarapiranga, ambas localizadas no estado de São Paulo.

2.11.1.1. Lixão de Teofilândia (BA)

Silva *et al.* (2020) documenta, em seu estudo, a existência de níveis elevados de chumbo (Pb), cádmio (Cd) e níquel (Ni) no solo e na água no entorno do lixão do município de Teofilândia, no estado da Bahia. As populações locais, dependentes de água superficial, apresentam maior risco de exposição, o que evidencia a relação direta entre o uso do solo, o consumo tecnológico e a vulnerabilidade social.

2.11.1.2. Reservatórios de Billings e Guarapiranga (SP)

Dois estudos distintos, realizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e pela ABRELPE, apontam que os reservatórios de Billings e Guarapiranga, responsáveis pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo, apresentam, segundo análises de sedimentos, elevada concentração de metais pesados. O resultado está relacionado às atividades humanas, ao impacto do consumo urbano sobre os ecossistemas aquáticos e à necessidade de políticas públicas integradas (CETESB, 2021; ABRELPE, 2023).

2.12. Perspectiva geográfica: impactos territoriais

Do ponto de vista geográfico, os impactos do descarte irregular de pilhas e baterias podem ser analisados a partir de diferentes pontos, os quais estão interligados, a saber:

- a) Recursos naturais: a contaminação dos solos, das águas superficiais e subterrâneas, além dos impactos sobre a biodiversidade (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2010);
- b) Populações humanas: o aumento da vulnerabilidade social e a exposição desigual a fatores contaminantes, cujos efeitos mais danosos são verificados em áreas periféricas (LIMA; FERRAZ, 2018);

- c) Planejamento urbano: necessidade de desenvolvimento e aprimoramento da gestão e destinação adequada de resíduos sólidos (ABRELPE, 2023);
- d) Governança ambiental: Segundo o *Global E-waste Monitor 2024*, a expansão acelerada do consumo tecnológico e a insuficiência dos sistemas de coleta e reciclagem intensificam os desafios de governança ambiental em escala global.

Mediante a análise espacial desses impactos é possível identificar as áreas críticas, bem como planejar estratégias de mitigação ou remediação. Essa abordagem é fundamental para a adequada gestão do território urbano e periurbano, além de proteger a saúde das populações locais, especialmente aquelas mais vulneráveis.

2.13. Políticas públicas e estratégias de mitigação

A criação de políticas públicas se tornou a base estratégica e necessária, a fim de reduzir os impactos socioambientais causados pelo descarte irregular destes materiais. No Brasil, instrumentos legais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) definem responsabilidades compartilhadas entre governo, indústria e sociedade para o manejo de resíduos perigosos (ABRELPE, 2023).

Dentre as políticas públicas relacionadas ao tema, podemos destacar a implementação da logística reversa para pilhas e baterias, a qual consiste no estabelecimento de pontos de recolhimento destes materiais. Tal iniciativa contribui para a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte irregular ao garantir a adequada destinação desses resíduos.

Além da política pública da logística reversa, destaca-se a importância de uma segunda frente de atuação, complementar a essa estratégia, que é a da educação ambiental sobre o tema. As iniciativas tomadas nesse sentido podem contribuir para o aumento da conscientização da população quanto à necessidade do descarte adequado de pilhas e baterias, o que, por sua vez, pode reduzir os danos ambientais e os impactos à saúde humana.

2.14. Legislação e políticas públicas

A gestão de resíduos sólidos no Brasil é regulamentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Instituída pela Lei nº 12.305/2010, essa política estabelece os princípios e as diretrizes fundamentais para a gestão ambiental adequada de resíduos sólidos em território nacional.

No art. 6º da lei estão definidos os princípios essenciais para a política pública ambiental brasileira, incluindo a prevenção e a responsabilidade compartilhada. Além disso, a norma estabelece o princípio da visão sistêmica, como se depreende a seguir:

Art. 6º São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

[...]

III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública (BRASIL, 2010).

O que o dispositivo legal acima nos mostra, em conjunto com os demais artigos, é que não basta apenas olharmos para os resíduos sólidos de maneira isolada, mas consideramos, para a sua gestão, o cenário social, econômico, sanitário, cultural, entre outros fatores envolvidos com essa questão, de forma que todos estejam ligados de maneira sistêmica. Essa abordagem ampla e interligada do tema é concebida como visão sistêmica.

Outro importante conceito da lei, encontrado em seu art. 3º, inciso XVII, é o da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o qual é legalmente definido nos seguintes termos:

Art. 3º. Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010).

Nos termos acima, a ideia de responsabilidade ambiental é significativamente ampliada, uma vez que é estendida para além do Poder Público. Assim, passa-se a

considerar legalmente responsáveis todos os agentes envolvidos no processo – o Estado, os fabricantes e os consumidores.

Há, ainda, na mencionada lei, a referência aos sistemas de logística reversa, como se observa no artigo 33, que dispõe sobre a obrigatoriedade de estruturação de sistemas que permitam o retorno dos produtos. Assim, cabe a todos os agentes envolvidos na produção, comercialização e consumo desses materiais a responsabilidade pelo recolhimento e pela destinação adequada de resíduos tóxicos ou poluentes.

No âmbito específico dos resíduos eletroeletrônicos, o Decreto nº10.240/2020 regulamenta a política pública da logística reversa, estabelecendo diretrizes operacionais para a sua efetivação, conforme disposto no art. 3º:

Art. 3º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:

[...]

V - Descarte - ato por meio do qual consumidores e usuários domésticos dos produtos eletroeletrônicos de que trata este Decreto entregam os referidos produtos em um dos pontos de recebimento estabelecidos, para fins de logística reversa e destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2020).

Especificamente quanto a pilhas e baterias, a Resolução CONAMA nº401/2008 estabelece os limites máximos para substâncias perigosas, como se observa no seu artigo 1º:

Art. 1º Esta Resolução estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio e os critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado das pilhas e baterias portáteis, das baterias chumbo-ácido, automotivas e industriais e das pilhas e baterias dos sistemas eletroquímicos níquel-cádmio e óxido de mercúrio, relacionadas nos capítulos 85.06 e 85.07 da Nomenclatura Comum do Mercosul-NCM, comercializadas no território nacional (BRASIL, 2008).

Além disso, no art. 5º encontra-se a seguinte determinação: “os fabricantes e importadores são responsáveis pela coleta, tratamento e destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2008).

Analisando a lei sob uma perspectiva positivada, podemos considerá-la eficiente; contudo, na prática, observam-se problemas relacionados à fiscalização e à divulgação dos pontos de coletas para a logística reversa desses materiais. Assim, se nos limitarmos apenas uma análise positivada da lei, encontramos uma

ordenação jurídica segura e garantidora de uma boa gestão e manipulação destes resíduos, porém em situação real e prática sabemos que isso pouco acontece.

2.15. Sistema de coleta e logística reversa

2.15.1. Funcionamento da logística reversa no Brasil

A logística reversa constitui um dos principais instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo responsável pelo retorno de produtos e embalagens ao setor produtivo após o consumo. No Brasil, esse sistema envolve a participação integrada de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), associação ligada à promoção do descarte adequado de resíduos, a logística reversa pode ser assim compreendida: “Um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial” (CEMPRE, 2020)

Qual a importância da logística reversa e como ela auxilia na redução de impactos ambientais? A logística reversa é importante por permitir a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, contribuindo para a redução de extração de recursos naturais e dos impactos ambientais. Além disso, essa política está diretamente relacionada ao conceito de economia circular, no qual os resíduos passam a ser tratados como insumos produtivos, promovendo maior eficiência no uso de recursos. Soma-se, ainda, a redução da destinação de materiais sólidos para aterros e lixões.

2.15.2. Programas de coleta seletiva e pontos de entrega

No Brasil, a operacionalização da logística reversa ocorre por meio de diferentes sistemas de coleta, incluindo Pontos de Entrega Voluntária (PEV), ecopontos e programas desenvolvidos por empresas privadas. Segundo o CEMPRE, iniciativas de coleta são frequentemente implementadas em parceria com o setor varejista: “[...] programas, mercados, lojas de eletrônicos e outros estabelecimentos comerciais facilitam o retorno de resíduos pelos consumidores” (CEMPRE, 2020).

Além disso, existem pontos municipais que funcionam como estruturas públicas destinadas ao recebimento de diversos tipos de resíduos, contribuindo para a organização da coleta seletiva e para a redução do descarte irregular.

2.15.3. Dificuldades de implementação

Apesar dos avanços normativos, a implementação da logística reversa no Brasil enfrenta diversos desafios, especialmente em municípios de pequeno e médio porte. Entre as principais dificuldades, destacam-se a falta de infraestrutura adequada, a limitação de recursos financeiros e a baixa articulação entre os atores envolvidos.

De acordo com os estudos acadêmicos, muitos programas ainda apresentam cobertura limitada e baixa eficiência operacional. Nesse sentido, Moraes e Santos aponta o seguinte: “A ausência de sistemas estruturados de coleta e a baixa participação da população comprometem a efetividade dos programas de logística reversa” (MORAES; SANTOS, 2019).

Aqui se faz extremamente necessário destacar um ponto de grande relevância para as políticas de logística reversa: a questão da desigualdade regional. Esse fator resulta em diferentes níveis de desenvolvimento dos sistemas de coleta no território nacional, de maneira que as regiões de maior vulnerabilidade social, embora tendam a gerar menor volume desse tipo de resíduo, acabam sendo as mais prejudicadas, pois estão mais diretamente expostas aos impactos do descarte inadequado.

2.15.4. Eficácia e engajamento social

A eficácia dos sistemas de logística reversa está diretamente relacionada ao nível de engajamento da população. A participação dos consumidores é fundamental para garantir o retorno adequado dos resíduos ao sistema. Ainda segundo Moraes e Santos: “O sucesso dos programas de coleta depende do nível de conscientização ambiental e da adesão da população” (MORAES; SANTOS, 2019).

Além disso, campanhas educativas e ações de sensibilização são estratégias essenciais para ampliar a participação social e fortalecer a cultura da reciclagem. Estudos indicam que programas que combinam infraestrutura adequada com

educação ambiental apresentam resultados melhores em termos de coleta e destinação correta de resíduos.

2.16. Tecnologias de tratamento e reciclagem

2.16.1. Métodos de reciclagem

A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e baterias envolve diferentes processos tecnológicos, sendo os principais a pirometalurgia, a hidrometalurgia e, mais recentemente, processos biometalúrgicos. Esses métodos são aplicados conforme a composição do material e do tipo de resíduo a ser tratado.

De acordo com o Kang *et al.* (2013), os processos de reciclagem podem ser classificados conforme suas características operacionais. A reciclagem primária refere-se ao reaproveitamento direto dos materiais, sem alteração significativa em suas propriedades físicas ou químicas, geralmente ocorrendo no próprio processo produtivo. Já a reciclagem secundária, também conhecida como mecânica, envolve a transformação física dos resíduos, como a trituração e o reprocessamento, podendo resultar em perda parcial de qualidade do material. A reciclagem terciária, por sua vez, baseia-se em processos químicos que visam decompor os materiais em seus componentes básicos, possibilitando a produção de novas substâncias. Por fim, a reciclagem quaternária está relacionada a recuperação energética dos resíduos. Por meio de sua queima controlada, convertendo os em energia térmica ou elétrica (KANG *et al.*, 2013)

A piro metalurgia utiliza altas temperaturas para recuperação de metais, sendo eficiente para grandes volumes, porém com elevado consumo energético. Já a hidrometalurgia baseia-se em reações químicas em meio líquido, permitindo maior seletividade na extração de metais. A reciclagem mecânica, por sua vez, envolve processos físicos, como trituração e separação, sendo geralmente utilizadas como etapa inicial.

2.16.2. Recuperação de materiais estratégicos

A crescente demanda por tecnologias digitais e veículos elétricos tem intensificado a necessidade de recuperação de metais estratégicos como lítio,

cobalto e níquel. Esses elementos são essenciais para a produção de baterias de alto desempenho.

A recuperação desses materiais contribui para a redução da dependência da mineração e para a mitigação de impactos ambientais associada à extração de recursos naturais. Além disso, a reciclagem permite reinserir esses metais na cadeia produtiva, promovendo a economia circular e reduzindo custos industriais ao longo prazo.

2.16.3. Desafios na reciclagem de baterias de íon-lítio

Baterias de lítio, amplamente utilizadas em celulares, veículos elétricos, apresentam desafios significativos para reciclagem devido à sua complexidade estrutural e a presença de múltiplos componentes.

Essas baterias contêm diferentes metais e compostos químicos, que exige processos tecnológicos avançados para sua recuperação eficiente. Além disso, os riscos associados ao manuseio inadequado dessas baterias, como incêndios e liberação de substâncias tóxicas, representam um desafio adicional nesse contexto, Chen *et al.* destacam: “Segurança e eficiência econômica são fatores críticos para a viabilidade dos processos de reciclagem” (CHEN *et al.* 2020).

Outro ponto relevante refere-se a falta de padronização no design das baterias, o que dificulta a automação dos processos de reciclagem.

2.16.4. Perspectivas e economia circular

A economia circular tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias de reciclagem, especialmente no setor de baterias. Conforme destacado pela IEA: “A integração da reciclagem no ciclo de vida das baterias é essencial para reduzir impactos ambientais e aumentar a eficiência dos recursos” (IEA, 2021).

Nisto, investimentos em inovação, tecnologia e políticas públicas são fundamentais para ampliar a capacidade de reciclagem e garantir a sustentabilidade do setor energético.

2.17. Percepção ambiental e educação para o descarte

2.17.1. Comportamento do consumidor e percepção ambiental

A percepção ambiental da população desempenha papel fundamental na gestão de resíduos sólidos, especialmente no que se refere ao descarte de materiais perigosos, como pilhas e baterias. Segundo Campos e Rodrigues o comportamento do consumidor está diretamente relacionado ao nível de informação e conscientização ambiental. Estudos indicam que a falta de conhecimento sobre os impactos ambientais contribui significativamente para práticas inadequadas de descarte: “A percepção ambiental dos indivíduos influencia diretamente suas práticas de descarte, sendo determinante para a adoção de comportamentos sustentáveis” (CAMPOS; RODRIGUES, 2021). Tal relação evidencia que mudanças de comportamento dependem não apenas de infraestrutura, mas também de processos educativos e informativos.

Além disso, muitos consumidores ainda desconhecem os riscos associados aos resíduos perigosos, o que reforça a necessidade de estratégias voltadas à conscientização pública.

2.17.2 Importância da educação ambiental

A educação ambiental é considerada um dos principais instrumentos para promover mudanças de comportamento e incentivar pelas práticas sustentáveis. Ela atua na formação de valores, atitudes e competências voltadas à preservação do meio ambiente. Gordo e Jacobi sustentam que: “Ambiental deve ser entendida como um processo permanente de aprendizagem que busca formar cidadãos críticos e comprometidos com a sustentabilidade” (2003).

Nesse contexto, a educação ambiental contribui para o desenvolvimento de uma consciência ecológica e para a adoção de práticas responsáveis no cotidiano.

2.17.3. Ações educativas e campanhas de conscientização

As ações de educação ambiental podem ser desenvolvidas em diferentes espaços, como escolas, universidades e iniciativa, promovidas pelo poder público.

No ambiente escolar, programas educativos têm papel essencial na formação de hábitos saudáveis desde a infância. Já nas universidades, projetos de extensão e pesquisa contribui para a disseminação do conhecimento e para desenvolvimento de soluções inovadoras.

No âmbito municipal, campanhas de conscientização são estratégias amplamente utilizadas para orientar a população sobre o descarte correto de resíduos, conforme destacam Campos e Rodrigues: “Campanhas educativas e ações de sensibilização são fundamentais para ampliar o conhecimento da população sobre o risco dos resíduos perigosos” (2021).

Melhoria na orientação na educação e informação ambiental contribui para aumentar a adesão aos programas de coleta e fortalecer a participação social.

2.17.4. Desafios e perspectivas

Apesar dos avanços, ainda existem desafios significativos relacionados à efetividade das ações de educação ambiental. Entre eles, destacam-se a falta de continuidade das políticas públicas, a limitação de recursos e a dificuldade de engajamento da população.

Nesse sentido, torna-se fundamental integrar a educação ambiental, políticas públicas e Infraestrutura de gestão de recursos, de modo a promover mudanças estruturais e duradouras. A ampliação de programas educativos e o fortalecimento da participação social são caminhos essenciais para reduzir o descarte inadequado e promover a sustentabilidade.

3. POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS

A Educação Ambiental constitui um dos principais instrumentos para a promoção da sustentabilidade e da conscientização da população acerca da preservação dos recursos naturais. No Brasil, sua base legal está prevista na Constituição Federal de 1988, que estabelece, em seu artigo 225, § 1º, inciso VI, a responsabilidade do Poder Público em promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino, bem como incentivar a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988). Esse dispositivo constitucional reconhece que a proteção ambiental depende não apenas da criação de leis e mecanismos de fiscalização, mas também da formação de cidadãos capazes de compreender os impactos de suas ações sobre o meio ambiente e de adotar práticas menos nocivas no cotidiano. Nesse contexto, a educação ambiental torna-se um instrumento indispensável para estimular mudanças de comportamento relacionadas ao consumo, à geração de resíduos e ao descarte adequado de materiais potencialmente poluentes, como pilhas e baterias.

A regulamentação desse princípio constitucional ocorreu por meio da Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). A legislação define a educação ambiental como um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente de maneira articulada em todos os níveis e modalidades de ensino, tanto na educação formal quanto na não formal (BRASIL, 1999). Conforme estabelece a própria lei, em seu artigo 1º:

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, art. 1º).

A Política Nacional de Educação Ambiental também determina que essa temática seja desenvolvida de forma transversal, integrada e contínua nos currículos escolares, evitando sua limitação a uma disciplina específica. Essa característica favorece a interdisciplinaridade e possibilita que diferentes áreas do conhecimento

contribuam para a compreensão das questões ambientais, relacionando aspectos científicos, sociais, econômicos, culturais e éticos. Segundo Dias (2004), a educação ambiental deve promover uma formação crítica, permitindo que os indivíduos compreendam a complexidade dos problemas ambientais e participem ativamente da construção de soluções sustentáveis.

A efetivação da PNEA foi fortalecida pelo Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002, que regulamentou a Lei nº 9.795/1999 e instituiu o órgão gestor da Política Nacional de Educação Ambiental, composto pelos Ministérios do Meio Ambiente e da Educação. O decreto estabelece mecanismos para a implementação das ações educativas, reforçando a necessidade de integração entre diferentes órgãos públicos e instituições responsáveis pela formulação e execução de políticas ambientais e educacionais (BRASIL, 2002).

Além das instituições de ensino, a legislação brasileira atribui responsabilidades às empresas, organizações da sociedade civil, órgãos públicos e meios de comunicação, reconhecendo que a educação ambiental deve alcançar toda a sociedade. Essa abrangência amplia as possibilidades de desenvolvimento de campanhas educativas, projetos de extensão, oficinas, palestras e outras iniciativas voltadas à conscientização da população sobre os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos perigosos.

4. METODOLOGIA

4.1. Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa caracteriza-se como bibliográfica e de intervenção, com abordagem qualitativa, tendo como objetivo conhecer a evolução histórica das pilhas e baterias, como se ela se tornou um dispositivo indispensável no cotidiano moderno, e analisar os impactos do descarte irregular de pilhas e baterias e promover a conscientização ambiental por meio de uma ação educativa. A etapa bibliográfica foi desenvolvida a partir da análise de artigos científicos, livros e relatórios institucionais sobre resíduos eletroeletrônicos, impactos ambientais e saúde pública. Já a etapa prática consistiu na realização de uma oficina educativa com palestras e atividades práticas voltadas à construção de papa pilhas.

4.2. Tipo de pesquisa

Quanto à natureza da pesquisa, ela se faz de maneira aplicada, por intervenção educativa; seus objetivos se caracterizam pela forma explicativa e exploratória, enquanto seus procedimentos possuem natureza bibliográfica e de campo, resultando em uma abordagem qualitativa.

4.3. Local e público-alvo

Como parte desta pesquisa, promovemos uma atividade de conscientização, que consistiu na proposta de uma oficina teórica e prática de orientação e cuidado ambiental em relação aos riscos e consequências do descarte incorreto dos materiais abordados neste trabalho. A atividade realizou-se em parceria com a Universidade da Melhor Idade (UMI), projeto da UnAPI (Programa Universidade Aberta à Pessoa Idosa), que ocorre no Campus 1 da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campus de Três Lagoas, sob a coordenação da Professora Doutora Vanessa Casotti.

O referido projeto tem por objetivo desenvolver a educação continuada, a integração social e a qualidade de vida da pessoa idosa. Seus objetivos são atingidos mediante a oferta de aulas práticas e teóricas ao público-alvo, tendo por

base os princípios da pedagogia montessoriana (experiência concreta e observação).

Atualmente o projeto conta com sessenta e um atividades de extensão e dezesseis disciplinas isoladas de graduação presencial, totalizando a disponibilidade de mil e novecentas vagas nos polos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

4.4. Etapas da Metodologia

- a) Etapa 1: Levantamento bibliográfico, seleção de artigos, livros e relatórios sobre o tema, leitura e análise crítica do material e fundamentação teórica do trabalho.
- b) Etapa 2: Planejamento da oficina, definição do conteúdo da palestra, elaboração de materiais didáticos e organização dos materiais necessários para as atividades práticas e definição do tempo e estrutura da oficina.
- c) Etapa 3: Realização da palestra. Os temas abordados possuem caráter expositivo-dialogado, abordando os seguintes temas:
 - Composição química de pilhas e baterias;
 - Impactos ambientais do descarte inadequado;
 - Riscos à saúde humana;
 - Importância da logística reversa.
- d) Etapa 4: Confeção de coletores de pilhas e baterias (“papa-pilhas”): realização de atividade prática com os participantes, consistindo na construção de recipientes coletores de pilhas e baterias de uso doméstico. Utilizando materiais recicláveis. Dentre os materiais sugeridos estavam garrafas pet, restos de papeis coloridos, botões, tampinhas coloridas, canudos etc.

4.5. Objetivos alcançados

No contexto deste trabalho, a Política Nacional de Educação Ambiental fundamenta a realização da oficina de confecção de papa-pilhas e da palestra educativa desenvolvidas junto aos alunos, uma vez que tais atividades representam estratégias de educação ambiental não formal voltadas à sensibilização da

comunidade. Essas ações favorecem a construção de conhecimentos sobre os riscos da contaminação ambiental provocada pelo descarte inadequado de pilhas e baterias, estimulando mudanças de comportamento e incentivando práticas ambientalmente responsáveis, de acordo com os objetivos estabelecidos pela legislação brasileira.

A partir da realização da oficina educativa, foi possível alcançar, de forma satisfatória, os objetivos propostos neste trabalho. Durante a roda de conversa, observou-se uma significativa participação dos alunos, evidenciada pelo interesse, pelas dúvidas suscitadas e pelo envolvimento nas discussões.

Verificou-se que a maioria dos participantes não possuía conhecimento prévio sobre os riscos associados ao descarte irregular de pilhas e baterias, especialmente no que se refere aos impactos ambientais e a saúde humana. Ao longo da atividade, percebeu-se uma ampliação desse conhecimento, com maior compreensão sobre a importância do descarte correto e da preservação ambiental.

Durante a oficina prática de confecção de coletores de pilhas e baterias, também chamados de “papa-pilhas”, houve uma grande participação e engajamento dos alunos, os quais demonstraram interesse na atividade e compreensão de sua relevância. A construção dos coletores contribuiu para o desenvolvimento de uma consciência ambiental mais crítica, além de incentivar atividades sustentáveis no cotidiano dos participantes.

No geral, a intervenção educativa mostrou-se eficaz ao promover a sensibilização, o aprendizado e participação ativa dos alunos, o que evidencia a importância de ações de educação ambiental em âmbito social. Abaixo seguem os registros fotográficos que ilustram a dinâmica e desenvolvimento da parte prática deste trabalho, de maneira que é possível perceber a maneira lúdica com a qual abordamos o tema.

Figura 2 – Realização de oficina educativa



Fonte: O autor, 2026.

Figura 3–Confecção dos coletores de pilhas e baterias (“papa-pilhas”)



Fonte: O autor, 2026.

Figura 4—Exposição do material produzido pelos alunos durante a oficina



Fonte: O autor, 2026.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu compreender a importância da gestão adequada de pilhas e baterias pós-consumo, destacando os impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto desses resíduos. Ao longo da pesquisa, verificou-se que muitas pilhas e baterias possuem metais pesados e substâncias tóxicas em sua composição, como chumbo, mercúrio, cádmio e níquel, elementos que podem provocar sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana quando descartados de forma inadequada. Observou-se que o descarte irregular em lixo comum, terrenos baldios, rios e aterros inadequados favorece a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, além de contribuir para a bioacumulação de substâncias tóxicas na cadeia alimentar. Esses impactos ambientais podem resultar em problemas à saúde da população, como doenças neurológicas, respiratórias e contaminações diversas decorrentes da exposição contínua aos metais pesados presentes nesses resíduos.

Além dos riscos ambientais, constatou-se que a falta de conscientização da população ainda representa um dos principais desafios para a destinação correta de pilhas e baterias. Muitas pessoas desconhecem os perigos associados ao descarte inadequado, durante a oficina, alguns alunos comentaram que armazenavam pilhas no congelador a fim de obter uma “sobrevida” dos dispositivos, além de não possuírem informações suficientes sobre pontos de coleta seletiva e logística reversa. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de promoção de ações de educação ambiental, incentivo à coleta seletiva e fortalecimento das políticas públicas voltadas ao gerenciamento desses resíduos.

Nesse contexto, a oficina educativa que resultou na confecção dos coletores de pilhas e baterias (os “papa-pilhas”), desenvolvida durante o projeto, mostrou-se uma importante ferramenta de sensibilização ambiental. A atividade possibilitou a participação ativa dos alunos por meio de palestras, rodas de conversa e da confecção dos coletores de pilhas, promovendo maior compreensão sobre os riscos ambientais e os métodos corretos de descarte. Durante a oficina, observou-se grande interesse e participação dos alunos, sendo identificado que boa parte deles desconhecia os perigos relacionados ao descarte irregular antes da realização das atividades. Dessa forma, a atividade prática de confecção dos “papa-pilhas” contribuiu não apenas para o incentivo à coleta adequada, mas também para a

formação de multiplicadores de conhecimento entre os alunos e a sociedade, fortalecendo práticas sustentáveis e estimulando mudanças de comportamento em relação ao consumo e descarte consciente.

Com a atividade educativa, ficou evidente que a conscientização se faz extremamente necessária, uma vez que de maneira geral os idosos não tinham conhecimento dos metais pesados e tão pouco dos seus efeitos, a conscientização socioambiental é uma forma de letramento social, ou seja, instrui o indivíduo sobre assuntos que possuem grande impacto em seu cotidiano, dando a eles a capacidade de entender melhor as informações e dinâmicas do cotidiano atual, diante disso vale ressaltar q a conscientização é a educação socioambiental se trata primeiro de uma mudança social e posteriormente uma mudança nas dinâmicas da segunda natureza.

Conclui-se, portanto, que a educação ambiental associada à implementação de sistemas de coleta seletiva constitui uma estratégia fundamental para minimizar os impactos socioambientais causados pelas pilhas e baterias. Assim, recomenda-se a continuidade de campanhas educativas, ampliação dos pontos de coleta e desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, visando promover maior conscientização da sociedade e garantir a destinação ambientalmente adequada desses resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama>. Acesso em: 19 jan. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=570. Acesso em: 24 maio 2026.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso IV do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e dispõe sobre a implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm. Acesso em: 24 maio 2026.

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. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 maio 2026.

CHEN, M. et al. Recycling of lithium-ion batteries. **Chemical Reviews**, 2020.

GIOVANELLI, C. L. *et al.* Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: impactos ambientais e alternativas de gestão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, São Paulo, n. 24, p. 45–60, 2012.

KANG, S.; SCHOENUNG, J. M. Environmental Impacts of End-of-Life Management of Electronic Waste. **Resources, Conservation and Recycling**, 2013.

LIMA, A. R.; FERRAZ, J. L. Resíduos eletroeletrônicos no Brasil: desafios para a gestão ambiental e a logística reversa. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 122–140, 2018.

LINDEN, D.; REDDY, T. B. **Handbook of batteries**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

MORAES, A.; SANTOS, T. **Avaliação da Logística Reversa de Pilhas no Brasil**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 2019.

UNITED NATIONS INSTITUTE FOR TRAINING AND RESEARCH (UNITAR); INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU). **The global E-waste Monitor 2024**: electronic waste rising five times faster than documented e-waste recycling. Genebra: UNITAR/ITU, 2024. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>. Acesso em: 19 jan. 2026.

TCHOBANOGLIOUS, George; KREITH, Frank. **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.