

Revisão Bibliométrica e Sistemática sobre Educação Ambiental e Resíduos Eletrônicos: Análise Global e Brasileira

Bibliometric and Systematic Review on Environmental Education and Electronic Waste: Global and Brazilian Analysis

Revisión Bibliométrica y Sistemática Sobre Educación y Residuos Electrónicos: un Análisis Global y Brasileño

Maria Eduarda Silva Gomes¹
Emanuelle Cordeiro Azevedo Souza²

Resumo

A gestão adequada de resíduos sólidos, especialmente resíduos eletrônicos, tem se tornado um dos principais desafios ambientais globais, em razão do aumento da geração de lixo eletrônico e dos impactos negativos associados ao descarte inadequado. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Brasil, e a crescente busca por soluções sustentáveis destacam a importância de estratégias como a logística reversa e a Educação Ambiental (EA). Este estudo visa analisar as formas de abordagem da Educação Ambiental em relação aos resíduos eletrônicos no contexto global, identificando as tendências e lacunas existentes na produção científica internacional sobre o tema e as concepções utilizadas nas pesquisas realizadas no Brasil, sob a ótica das macro-tendências da EA. A pesquisa combinou revisão bibliométrica e revisão sistemática para mapear a produção acadêmica internacional e nacional sobre o tema, com foco em práticas, políticas e estratégias de educação ambiental. A análise revelou um aumento no número de publicações sobre o tema, em nível global, ao longo dos anos, destacando China, Brasil e Índia como os que mais publicam. No Brasil, as abordagens são predominantemente inseridas no ensino formal, e utilizam a macro-tendência pragmática, deixando de abordar, muitas vezes, a EA crítica. Os resultados apontam para a necessidade urgente de uma abordagem integrada, envolvendo educação, políticas públicas ambientais e educacionais eficazes, e infraestrutura adequada para a gestão sustentável dos resíduos eletrônicos no Brasil.

Palavras-chave: Resíduos eletrônicos. Logística reversa. Educação ambiental.

Abstract

Proper management of solid waste, especially electronic waste, has become one of the leading global environmental challenges due to the increase in the generation of electronic waste and the negative impacts associated with inadequate disposal. The National Policy on Solid Waste in Brazil and the growing search for sustainable solutions highlight the importance of strategies such as reverse logistics and Environmental Education (EE). This study aims to analyze the approaches to Environmental Education about electronic waste in the global context, identifying the trends and gaps in international scientific production on the subject and the concepts used in research carried out in Brazil, from the perspective of EE macro-trends. The study combined bibliometric and systematic reviews to map international and national academic production on the subject, focusing on environmental education practices, policies and strategies. The analysis revealed an increase in the number of publications on the subject at a global level through the years, with China, Brazil, and India being the ones that publish the most. In Brazil, the approaches are predominantly inserted in formal education, and use the pragmatic macro-trend, often without addressing critical EE. The results point to the urgent need for an integrated approach, involving education, effective environmental and educational public policies, and adequate infrastructure for the sustainable management of electronic waste in Brazil.

Keywords: Electronic waste. Reverse logistics. Environmental education.

¹ Universidade Regional do Cariri (URCA), e-mail: eduarda.gomes@urca.br.

² Universidade Regional do Cariri (URCA), e-mail: emanuelle.cordeiro@urca.br.

Resumen

La gestión adecuada de los residuos sólidos, especialmente de los electrónicos, se ha convertido en uno de los principales desafíos ambientales a nivel mundial, debido al aumento en la generación de residuos electrónicos y los impactos negativos asociados a su disposición inadecuada. La Política Nacional de Residuos Sólidos en Brasil y la creciente búsqueda de soluciones sostenibles resaltan la importancia de estrategias como la logística reversa y la Educación Ambiental (EA). Este estudio tiene como objetivo analizar los enfoques de la Educación Ambiental en relación a los residuos electrónicos en el contexto global, identificando las tendencias y lagunas en la producción científica internacional sobre el tema y los conceptos utilizados en las investigaciones realizadas en Brasil, desde la perspectiva de las macro tendencias de la EA. La investigación combinó revisión bibliométrica y revisión sistemática para mapear la producción académica internacional y nacional sobre el tema, centrándose en prácticas, políticas y estrategias de educación ambiental. El análisis reveló un aumento en el número de publicaciones sobre el tema, a nivel global, a través de los años, siendo China, Brasil e India los que más publican. En Brasil, los enfoques se insertan, predominantemente, en la educación formal y utilizan la tendencia macro pragmática, sin abordar frecuentemente la EA crítica. Los resultados apuntan a la necesidad urgente de un enfoque integrado, que involucre educación, políticas públicas ambientales y educativas efectivas e infraestructura adecuada para la gestión sostenible de los residuos electrónicos en Brasil.

Palabras clave: Residuos electrónicos. Logística inversa. Educación medio ambiental.

1. Introdução

A gestão adequada dos resíduos sólidos tornou-se uma preocupação em todo o mundo, à medida em que enfrentamos os desafios ambientais decorrentes do descarte inadequado desses materiais. Com o crescimento de áreas urbanas e o avanço da indústria, a quantidade e variedade de resíduos gerados atingiram níveis elevados, enquanto a sociedade lida com as consequências do consumo desenfreado e da produção em grande escala. Essa situação tem raízes na Revolução Industrial do século XVII, quando os preços de mercadorias caíram e o poder de compra das pessoas aumentou, gerando uma pegada de resíduos que só foi crescendo e se diversificando desde então, alcançando patamares históricos no século XX (Nigam; Jha; Singh, 2021). Essa diversidade de resíduos implica, também, em diferentes tipos de impactos e de destinações adequadas.

A classificação dos resíduos, no Brasil, é normatizada pela NBR 10.004/2004, que caracterizou os resíduos como: perigosos, sendo estes os que apresentam riscos à saúde pública de modo geral e ao meio ambiente; ou não perigosos, os quais não oferecem tais riscos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da lei 12.305/10, no seu artigo 3º, define *resíduos* como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010, cap. II, art 3, inc XVI).

Residências, estabelecimentos comerciais, indústrias, instalações hospitalares e outros locais físicos geram esses resíduos. Mesmo após o descarte, esses materiais ainda podem ter valor e ser úteis para outras pessoas, seja na sua forma original ou transformada, mas apenas cerca de 19% deles é reciclada no mundo (UNEP, 2024).

Como agravante para o aumento da produção de resíduos sólidos, a rápida evolução tecnológica dos últimos tempos resultou na produção, em larga escala, de uma ampla variedade de equipamentos eletroeletrônicos, aumentando tanto a quantidade quanto a

diversidade desses dispositivos (Baldé *et al.*, 2024). Essa demanda reflete a crescente necessidade da humanidade por inovações que facilitem a vida diária e, conseqüentemente, de um consumo maior de produtos eletrônicos que, cada vez mais rápido, ficam obsoletos e são descartados. Estes tipos de resíduos são denominados resíduos eletrônicos, ou lixo eletrônico (e-lixo), que, segundo Guerin (2008, p. 1), é o termo destinado aos resíduos que possuem rápida obsolescência, dentre os quais estão inclusos os computadores, eletrodomésticos, telefones celulares, entre outros dispositivos.

Essa revolução tecnológica vem acarretando grandes alterações no meio ambiente, transformando ecossistemas que antes apresentavam interações químicas, físicas e biológicas relativamente equilibradas em sistemas muito mais complexos. Barbieri (2007, p. 6) caracteriza negativamente os “tecnoecossistemas urbano-industriais”, pois estes não produzem os alimentos que sua população necessita, não limpam o ar e reciclam muito pouco as águas que utilizam. Uma vez que esses resíduos eletrônicos são descartados nos lixões, constituem um grave risco ao ambiente, pois possuem em sua composição metais tóxicos, como o mercúrio, cádmio, berílio e chumbo, que constituem resíduos perigosos, conforme a NBR 10.004/2004. Esses componentes entram em contato com o solo e contaminam o lençol freático e, se queimados, poluem o ar, além de prejudicar a saúde dos trabalhadores dos lixões.

Devido ao seu impacto, a maior disponibilidade e acesso a aparelhos eletrônicos mais sofisticados traz consigo, também, o desafio de seu descarte adequado quando sua vida útil acaba, uma vez que, quando realizado de forma inadequada, esse descarte pode acarretar conseqüências prejudiciais a longo prazo. Diante disso, são necessárias estratégias eficazes para lidar com essa problemática. É nesse contexto que a logística reversa se apresenta, como um conjunto de procedimentos que visa atuar na coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para um possível reaproveitamento ou para sua destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010). Segundo Lambert, Stock e Ellram (1993), a logística reversa envolve aspectos como reutilização, reciclagem, substituição e descarte, os quais são fundamentais para atividades logísticas como compras, suprimentos, transporte, armazenagem e embalagem. Além de reduzir o volume de resíduos produzidos, a prática de retorná-los para a cadeia produtiva também diminuiria o impacto causado pela extração de minérios e a utilização de outros recursos naturais na produção de novos equipamentos (Baldé *et al.*, 2024).

O conceito de Logística Reversa foi amplamente reforçado, no Brasil, desde a publicação da Política de Resíduos Sólidos e, mais recentemente, com a publicação do Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020, que regulamenta a referida política quanto à implementação de sistemas de logística reversa de produtos eletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Mesmo assim, o país é o segundo maior produtor de lixo eletrônico das Américas, produzindo 2,4 milhões de toneladas por ano, e estima-se que esteja no quinto lugar no *ranking* global (Baldé *et al.*, 2024).

Implementar a logística reversa e gestão dos resíduos sólidos é um papel coletivo, que envolve diferentes setores da sociedade. Além das responsabilidades da gestão pública e das empresas fabricantes, distribuidoras e comerciantes dos produtos, a legislação considera essencial a participação dos consumidores no sistema (Brasil, 2020). Na integração de partes tão distintas em um mesmo processo buscando mitigar os impactos ambientais e sociais associados a esse problema, faz-se necessária a implementação de políticas e práticas que promovam a redução, reutilização e reciclagem de resíduos, juntamente com a conscientização pública sobre a importância do descarte adequado. Dessa forma, a Educação Ambiental (EA) é uma estratégia imprescindível, pois desempenha papel essencial na gestão de resíduos sólidos, engajando os diferentes atores sociais por meio da informação e sensibilização quanto aos impactos negativos associados ao descarte inadequado, e promovendo práticas sustentáveis (Ridayani *et al.*, 2022).

Através da educação, é possível transformar a forma como indivíduos e comunidades lidam com resíduos, contribuindo para uma gestão mais eficaz e sustentável. Ribeiro *et al.* (2018) destacam o papel crucial da Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos, enfatizando a necessidade de sensibilizar a comunidade acadêmica para se engajar no processo, adotando práticas inovadoras. Ao informar as pessoas sobre os riscos associados aos resíduos perigosos, como o lixo eletrônico e a importância do descarte correto, a EA pode promover uma mudança significativa no comportamento em relação à gestão desses resíduos. Além disso, programas educacionais que abordam práticas como a redução, reutilização e reciclagem ajudam a desenvolver hábitos sustentáveis entre os indivíduos.

A Educação Ambiental, no entanto, não é homogênea. Pelo contrário, sua concepção parte de um campo ambientalista, mas toma caminhos próprios que permeiam o campo educacional atravessando motivações, cultura, espaços e práticas. Suas diferentes formas de ser e fazer são influenciadas pela diversidade de atores envolvidos em sua realização e, consequentemente, por suas concepções de realidade (Layrargues; Lima, 2014). Por isso, algumas correntes e tendências podem ser apontadas em diferentes formas da Educação Ambiental (Sauvé, 2005; Layrargues; Lima, 2014). Investigar as abordagens da gestão dos Resíduos Eletrônicos, no contexto da Educação Ambiental, é uma forma de compreender como esse tema tem sido trabalhado no Brasil e no contexto internacional, analisando pesquisas realizadas em diferentes países para, assim, identificar tendências e lacunas na formação dos indivíduos que compõem a sociedade. É entender os caminhos seguidos e os que ainda precisam ser trilhados, buscando uma transformação social que contribua para a mitigação dos impactos causados. Neste estudo, as abordagens da Educação Ambiental referem-se aos métodos pedagógicos, estratégias de sensibilização e instrumentos políticos utilizados para promover o ensino e a conscientização sobre a gestão de resíduos eletrônicos.

A documentação dessas abordagens por meio de artigos científicos publicados é uma forma de acessar esses dados na busca desses caminhos e, por essa razão, o objetivo do presente trabalho foi analisar as formas de abordagem da Educação Ambiental em relação aos resíduos eletrônicos em contexto global, identificando as tendências e lacunas existentes na produção científica sobre o tema e as concepções utilizadas nas pesquisas realizadas no Brasil, sob a ótica das macrotendências da EA. Para isto, nesta pesquisa buscamos mapear a produção acadêmica relacionada à educação ambiental e resíduos eletrônicos ao redor do mundo, analisando a evolução temporal das publicações, relações regionais, e os principais tópicos abordados nas publicações de diversos países; examinar as metodologias e enfoques teóricos predominantes nos estudos sobre educação ambiental voltada para resíduos eletrônicos no Brasil; detectar possíveis lacunas e áreas pouco exploradas no campo, sugerindo um direcionamento de novas pesquisas para aprimorar a EA em relação aos resíduos eletrônicos no Brasil.

2. Procedimentos de pesquisa

Para a elaboração deste trabalho, utilizamos uma metodologia que combinou revisão bibliométrica e revisão sistemática, buscando investigar como a Educação Ambiental aborda a questão dos resíduos eletrônicos, e identificando tendências e lacunas na produção científica sobre o tema. As Revisões Sistemáticas consistem em um método de revisão bibliográfica utilizada para trazer evidências e responder perguntas por meio da identificação e avaliação de pesquisas relevantes sobre o tema e avaliação crítica dos resultados dessas pesquisas (Pollock; Berge, 2018). Para a condução de revisões sistemáticas, existem padrões convencionados internacionalmente para garantir a acuidade metodológica, como o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021).

Por outro lado, as análises bibliométricas são usadas no campo da Cientometria, entre outras razões, para descobrir tendências e padrões dentro de um domínio da literatura, a partir de métodos que envolvem a aplicação de técnicas quantitativas em dados bibliométricos (e.g.: unidades de publicações, número de citações, colaborações entre autores, entre outros), podendo resultar em uma base para mapear o avanço científico e a qualidade das pesquisas nesse tema (Subramanyam, 1983 Mingers; Leydesdorf, 2015; Donthu *et al.*, 2021). Esse tipo de pesquisa vem ganhando popularidade nos últimos anos, entre outras razões, devido à maior acessibilidade de bases de dados científicas, e seu amplo volume de dados detalhados, que são as fontes fundamentais para esse tipo de análise (Donthu *et al.*, 2021).

Na presente pesquisa, empregamos a revisão bibliométrica para investigar o cenário internacional, enquanto a revisão sistemática foi focada no contexto brasileiro, o que nos permitiu identificar tanto tendências globais quanto especificidades nacionais. Para ambas as revisões, estabelecemos critérios de inclusão e exclusão, e os métodos utilizados em cada análise estão descritos nas seções a seguir.

2.1. Revisão Bibliométrica de trabalhos em contexto global

Na revisão bibliométrica consideramos o cenário internacional, abrangendo artigos que analisam a temática da EA e dos resíduos eletrônicos, sem restrição ao contexto brasileiro. Essa revisão teve como objetivo identificar tendências e lacunas globais na produção científica. Para isso, utilizamos ferramentas de análise bibliométrica que possibilitaram a quantificação de informações relevantes, oferecendo-nos um panorama atualizado sobre a educação ambiental e os resíduos eletrônicos.

Optamos por usar a base de dados *Web of Science* para a coleta de informações, escolhida por ter grande abrangência, incluindo outras bases de dados em seu interior, e pela possibilidade de extração e tratamento de dados brutos para análise de forma compatível com os programas e métodos utilizados. Inicialmente, selecionamos os temas para a busca dos artigos, criando conjuntos de termos e filtros para a seleção, buscando os trabalhos que continham algum dos seguintes termos: "*Environmental Education*" OR "*Sustainable Education*" OR "*Education**", associados aos termos "*E-Waste*" OR "*Electronic Waste*", em qualquer parte dos artigos. Adotamos a língua inglesa, visando uma busca global.

A partir dos resultados da busca, filtramos os trabalhos originais completos e publicados, e excluímos as revisões bibliográficas e os resumos publicados em congressos. Em seguida, procedemos a uma nova triagem, objetivando identificar se os artigos encontrados se alinhavam ao tema deste trabalho, por meio da leitura dos títulos e, quando necessário, do *abstract* de cada artigo.

Por fim, com a seleção finalizada, realizamos nova busca destes na base de dados, para *download* de todos os dados em formato compatível com as análises que nos propomos a efetuar. Para as análises de dados tabulados, optamos pelo programa Excel, e para a criação de redes bibliométricas e outras inter-relações, escolhemos o *software* VOSviewer. A partir das análises, criamos tabelas, gráficos e imagens de redes de conexões, que puderam ser interpretadas para encontrar as relações pertinentes entre as publicações.

2.2. Revisão Sistemática de trabalhos no Brasil

Quanto à coleta de dados para a revisão sistemática focada no Brasil, procedemos à pesquisa nas bases de dados acadêmicas reconhecidas, como, *Web of Science* e *Google Scholar*. A busca foi conduzida utilizando uma combinação de termos em língua portuguesa, como "educação ambiental", combinados com "resíduos eletrônicos" ou pelo sinônimo "lixo eletrônico", e o termo "Brasil", combinados de maneira a garantir uma ampla cobertura dos

artigos relacionados. Consideramos pertinente delimitar a pesquisa aos artigos publicados a partir de 2010, ano em que a Política Nacional de Resíduos Sólidos entrou em vigor no Brasil.

Para a revisão sistemática incluímos apenas estudos conduzidos no contexto brasileiro e publicados a partir de 2010. Elegemos, apenas, artigos completos que abordassem diretamente a interseção entre educação ambiental EA e resíduos eletrônicos, com foco em práticas, políticas e estratégias educativas, e, reiterando, excluimos resumos de congressos, artigos que não discutem essa relação de forma clara e direta, e publicações anteriores a 2010.

A revisão sistemática foi conduzida com base nas diretrizes do protocolo PRISMA 2020, que indica a lista de passos para a seleção e análise dos artigos (Page *et al.*, 2021). Esse método permitiu identificar estudos específicos do contexto brasileiro, os quais possibilitaram analisar a relação entre Educação Ambiental e gestão de resíduos eletrônicos. Após a coleta, os artigos passaram por uma triagem, seguindo os critérios de inclusão e exclusão. Após isso, realizamos análises sistemáticas, por meio de tabelas, nos artigos selecionados, com o objetivo de identificar tendências e lacunas na literatura.

Relativo à análise dos artigos, adotamos as macro-tendências político-pedagógicas da Educação Ambiental no Brasil, conforme apresentadas por Layrargues e Lima (2014), que identificam três abordagens principais: crítica, pragmática e conservadora. Dessa forma, classificamos cada artigo encontrado em uma dessas macro-tendências.

3. Resultados e Discussão

3.1. Revisão bibliométrica

Os resultados obtidos na revisão bibliométrica forneceram um panorama global sobre a produção científica envolvendo os temas Educação Ambiental e resíduos eletrônicos. A partir dos dados coletados, identificamos as principais palavras-chaves, tipo de documento, países mais produtivos e ano em que as publicações começaram a surgir.

Na busca inicial, encontramos 1.007 trabalhos, que foram reduzidos para 926 após a exclusão de materiais editoriais e revisões. Destes, selecionamos apenas 103 trabalhos, os quais consideramos alinhados ao tema, já que muitos tinham foco em avaliações de riscos à saúde e outros temas relacionados aos resíduos eletrônicos, não abordando a Educação Ambiental em contexto.

3.1.1 Tipo de documento

A maioria dos documentos analisados são artigos, totalizando 76 trabalhos, seguidos por manuscritos de acesso antecipado, com 24, e artigos de anais de conferências (*Proceeding papers*), com três publicações (Tabela 1). A predominância de publicações com artigos completos sugere uma produção consolidada na área de gestão de resíduos eletrônicos, e esse dado demonstra que os pesquisadores preferem aprofundar as discussões. Essa produção contribui para consolidar o conhecimento sobre a gestão de resíduos eletrônicos.

Tabela 1 Quantidade de documentos encontrados de cada tipo.

Tipo de documento	Quantidade
Article	76
Article Early Access	24
Proceedings paper	3
Total Geral	103

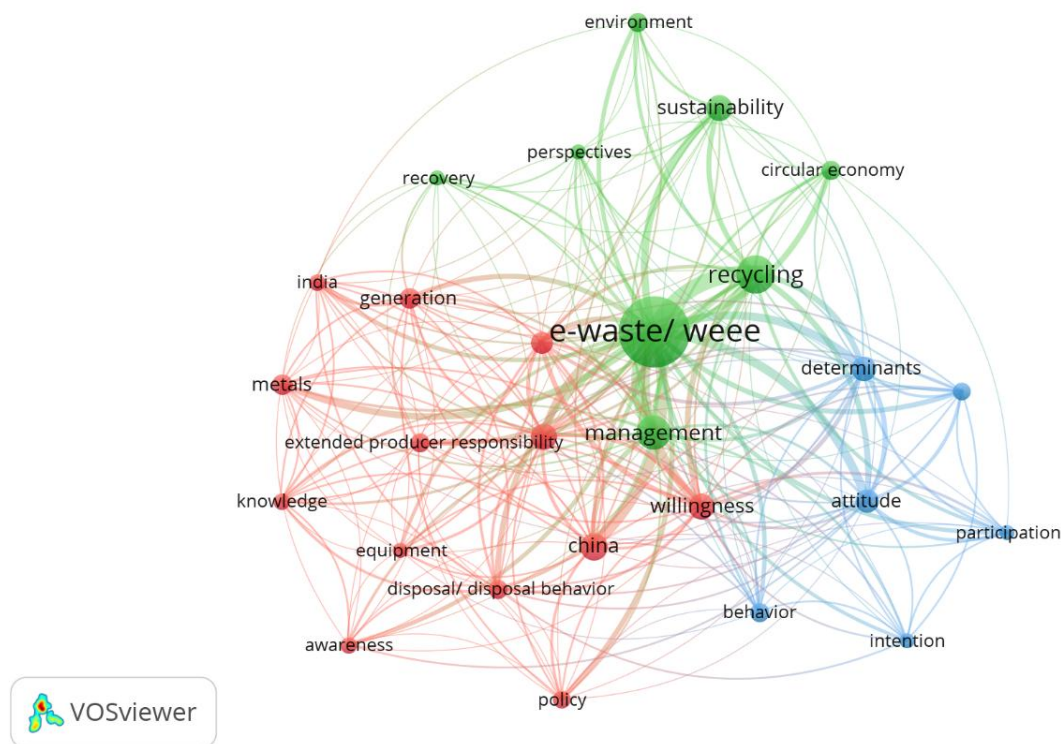
Fonte: as autoras, 2024

3.1.2. Análise das palavras-chaves

As palavras-chaves mais frequentes incluem o termo *e-waste* ou sinônimos, como *electronic waste* ou mesmo *WEEE*, sigla para *Waste Electrical and Electronic Equipment*, cunhada pela União Europeia. Esses termos com o mesmo significado tiveram 74 ocorrências, seguidos por *recycling*, com 25 ocorrências, e por *management* que aparece 21 vezes, demonstrando o foco na gestão sustentável de resíduos eletrônicos.

Foram identificados três *clusters* principais na análise de rede de relações entre as palavras-chave recorrentes nas publicações (Figura 1). O primeiro agrupamento, ligado à administração e sustentabilidade, engloba termos como reciclagem, sustentabilidade e economia circular, enfatizando a procura por soluções sustentáveis para os resíduos eletrônicos e a recuperação de materiais. O segundo agrupamento, dedicado a políticas e responsabilidade, engloba conceitos como responsabilidade adicional do produtor, conscientização e política, evidenciando a importância de estabelecer políticas públicas e fomentar a educação ambiental. O terceiro agrupamento, centrado no comportamento e atitudes, engloba termos como atitude, comportamento e envolvimento, o que destaca a relevância de compreender como as atitudes relacionadas ao descarte de resíduos afetam a administração e a sustentabilidade, bem como o papel da EA na mudança de comportamentos.

Figura 1 Análise das redes de palavras-chave geradas pelo VOSviewer 1.6.20.



3

Fonte: as autoras, 2024

³Os tamanhos dos círculos representam a frequência de ocorrência das palavras-chave nas publicações analisadas. A espessura das linhas representa a força de relação entre as menções das palavras-chave nas publicações. Cores: verde: Agrupamento 1; vermelho: Agrupamento 2; azul: Agrupamento 3.

3.1.3. Evolução das publicações no tempo

Observamos que as primeiras publicações sobre o tema ocorreram em 2004, com apenas um artigo, e em 2005 não houve publicações relacionadas ao tema. Logo após esse início, houve um período com produção esporádica até 2011, quando o número de publicações começou a ganhar consistência. A partir de 2012, identificamos um aumento gradual na quantidade de estudos publicados, e é importante destacar um crescimento contínuo nos períodos de 2016 a 2020, com um pico de doze publicações em 2020, seguido de um período de maior produtividade entre 2021 e 2024, especialmente em 2022, que registrou catorze publicações, o maior número até o momento.

Figura 2 Número de publicações a cada ano sobre o tema de estudo na base *Web of Science*



Esses dados demonstram um interesse crescente em relação ao tema, alinhado ao aumento da conscientização global sobre a gestão de resíduos e à inclusão de metas de sustentabilidade, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), publicados em 2015 (ONU, 2015), que podem ter impulsionado as publicações recentes.

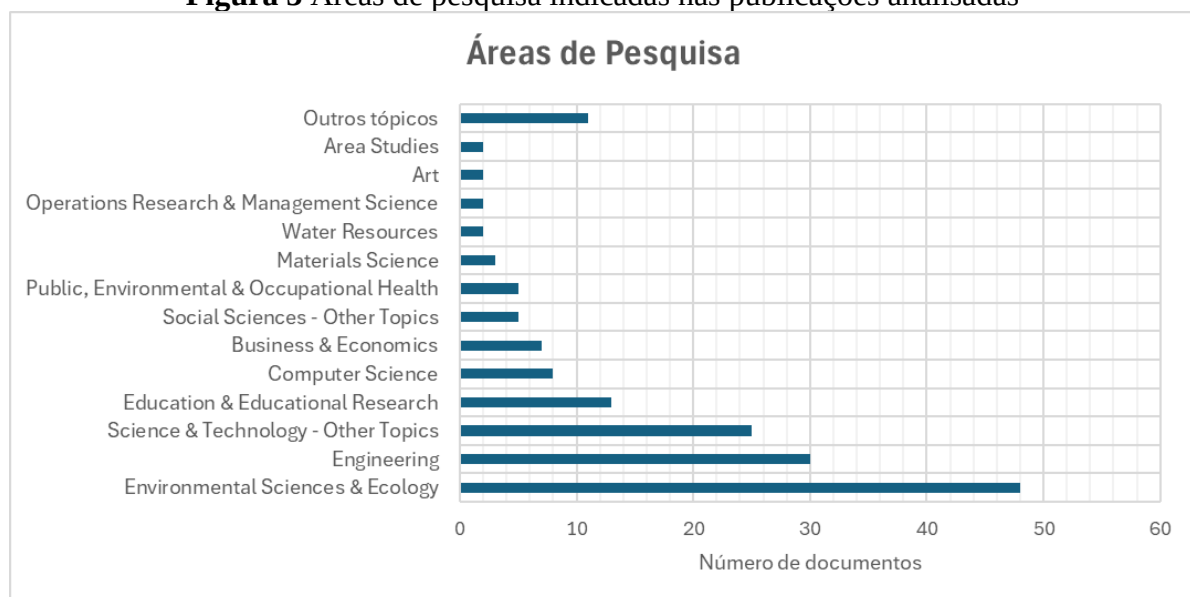
O aumento crescente do uso de eletrônicos pela população, incluindo a maior diversidade e versatilidade de equipamentos, ampliou a produção de lixo eletrônico ao longo dos anos. Desde 2010, quando o mundo havia gerado 34 bilhões de kg de lixo eletrônico, essa quantidade só cresceu, anualmente, em uma média de 2,3 bilhões de kg, e a taxa de coleta e reciclagem formal cresceu em média 0,5 bilhão de kg por ano. Com o aumento da produção de lixo eletrônico houve, também, o aumento da preocupação com seu monitoramento, de modo que desde 2014 a iniciativa *The Global E-Waste Monitor* tem atualizado os dados globais sobre o tema (Baldé *et al.*, 2024). Os dados analisados sugerem que a ampliação do problema, verificada ao longo dos anos, pode ter contribuído para o aumento da atenção sobre o tema e, consequentemente, para o crescimento das produções científicas relacionadas.

3.1.4. Áreas de Pesquisa

Os 103 documentos analisados estavam vinculados a uma ou mais áreas de pesquisa. Ao todo, identificamos 24 diferentes áreas, das quais treze foram indicadas em pelo menos dois artigos (Figura 3). A área de pesquisa mais indicada nos trabalhos analisados foi *Ciências*

Ambientais & Ecologia, em 48 trabalhos, seguida por *Engenharia*, indicada em trinta documentos, e por *Ciência & Tecnologia*, em 25. A área de pesquisa *Educação & Pesquisa em Educação* foi a quarta área mais indicada nos artigos, apontando para uma tendência na produção de conhecimento sobre o processo educativo em interface com diversas outras áreas. A Educação, por si só, em sua amplitude de sentidos, carrega a multidisciplinaridade essencial para integrar diferentes campos do conhecimento, em particular temas que abordem a Educação Ambiental. De acordo com o Artigo nº 225 da Constituição Federal (Brasil, 1988), a Educação Ambiental deve ser promovida em todos os níveis de ensino, empregando uma abordagem multidisciplinar. Nesse sentido Alves (2014), define a multidisciplinaridade como a integração entre vários componentes curriculares, o que reforça a importância de diversas áreas do conhecimento contribuírem conjuntamente para abordar questões ambientais de forma ampla e eficaz.

Figura 3 Áreas de pesquisa indicadas nas publicações analisadas



Fonte: as autoras, 2024

3.1.5. Produção acadêmica por países

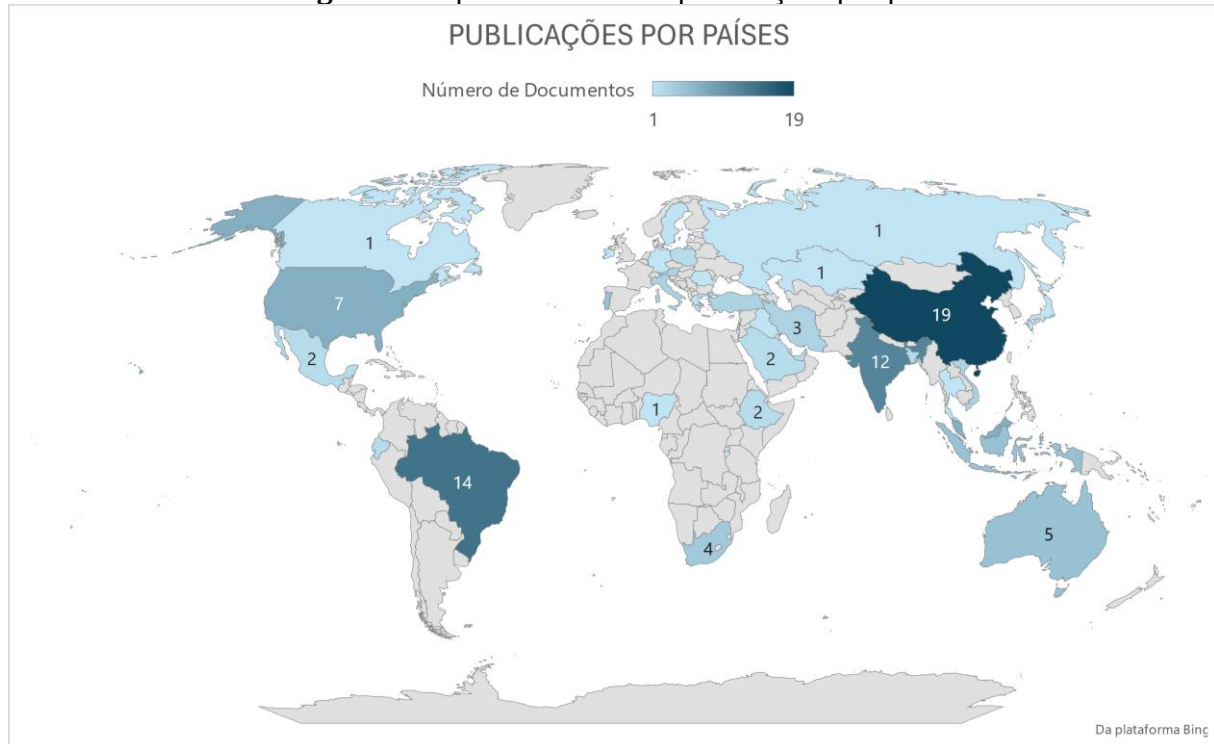
Os dados analisados indicam que a China é a líder em publicações (dezenove documentos) e citações (627), evidenciando sua posição de destaque nos estudos sobre resíduos eletrônicos. Isso pode ser atribuído ao papel do país como o maior produtor e reciclador mundial de resíduos eletrônicos. O Brasil ocupa a segunda posição em publicações (catorze documentos), o que indica que o assunto tem importância no país, enquanto, em terceiro lugar, está a Índia, com doze documentos (Figura 4).

Essa circunstância pode ser justificada pelo fato de que China, Brasil e Índia, sendo três dos países mais populosos do mundo, lidam com grandes desafios na administração de resíduos eletrônicos. Por outro lado, países como Irã, Rússia, Cazaquistão e outros, com menos publicações sobre resíduos eletrônicos, refletem uma produção acadêmica mais limitada nesse campo.

De acordo com o relatório *The Global E-waste Monitor 2024*, publicado pela Organização das Nações Unidas, China, Índia e Brasil figuram entre os países com a maior produção de resíduos eletrônicos em suas regiões e no mundo, nesta mesma ordem, produzindo em 2022, respectivamente, 12.000, 4.100 e 2.400 milhões de quilogramas. No *ranking* constam

ainda os Estados Unidos da América (7.200 mi kg), posicionado entre China e Índia, e o Japão (2.600 mi kg), produzindo mais lixo eletrônico que o Brasil. Apesar da elevada produção, os dados indicam que a reciclagem desses resíduos é uma meta ainda muito distante, pois apenas 30% dos resíduos eletrônicos de todo o continente americano, e 11,8% dos do continente asiático são formalmente destinados à reciclagem (Baldé *et al.*, 2024).

Figura 4 Mapa do número de publicações por país



Fonte: as autoras, 2024

A informação e a Educação Ambiental são fundamentais no processo de conscientização da população sobre as práticas corretas e seguras de coleta e descarte desses resíduos. A informalidade do trabalho de coleta e a falta de compreensão do público geral sobre o gerenciamento desse tipo de resíduo são vistos como desafios na China, pois muitos consumidores não sabem detalhes sobre o descarte, o que, junto à ausência de um sistema eficaz de coleta e transporte, agrava os problemas causados pelo descarte incorreto do lixo eletrônico (Baldé *et al.*, 2024).

Com relação à produção de produtos eletroeletrônicos, Brasil é destaque na América do Sul, sendo o único país da região envolvido na fabricação, sobretudo, de eletrônicos de consumo (televisores, *smartphones* e eletrodomésticos) (Baldé *et al.*, 2024). No entanto, a gestão dos resíduos gerados ainda é precária. Apesar de seu arcabouço legal robusto, que conta com normas sobre classificação, destinação e logística reversa desses resíduos (Brasil, 2010, 2020), o tamanho continental do país dificulta a aplicação das normas. Para viabilizar essa gestão em maior escala, grupos acadêmicos em diferentes partes do país têm se dedicado a pesquisas sobre reciclagem e recuperação de matéria prima proveniente dos resíduos eletrônicos (Xavier *et al.*, 2023).

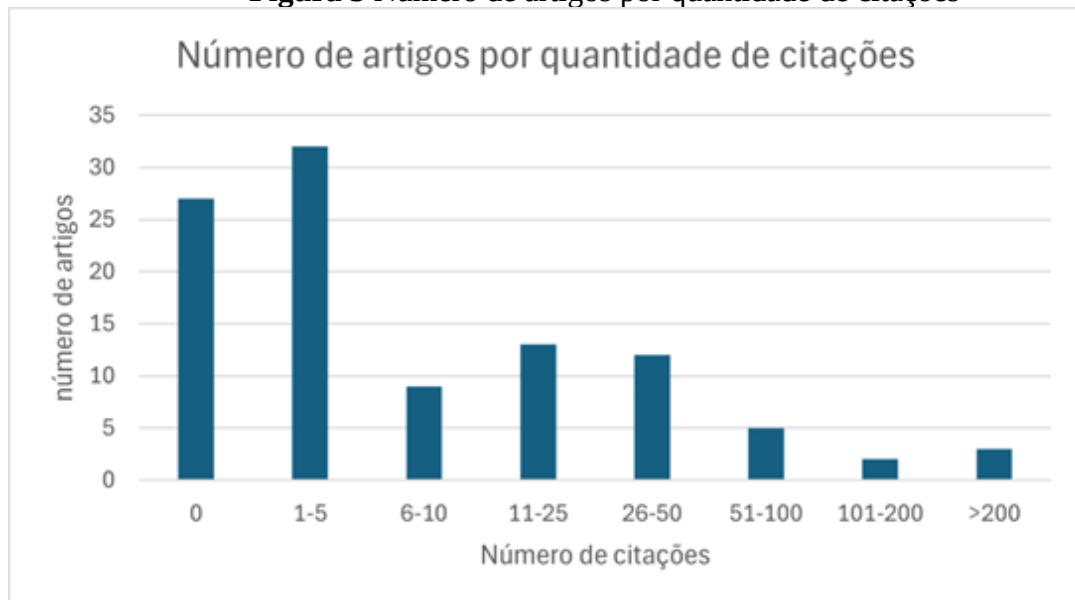
3.1.6. Relevância dos artigos em citações

Os dados sobre citações dos artigos mostram uma distribuição variada (Figura 5), havendo uma parte dos documentos (27 artigos) que não foi citada em outros trabalhos. A

maioria dos artigos (32 documentos) recebeu entre uma e cinco citações. Um número considerável de artigos (9) obteve entre seis e dez citações, sugerindo um certo grau de relevância ou reconhecimento dentro do campo. Artigos com maior impacto acadêmico, recebendo entre onze e 25 citações, somam treze documentos, enquanto doze artigos estão na faixa de 26 a cinquenta citações. Apenas cinco artigos foram citados entre 51 e cem vezes, e dois artigos alcançaram entre 101 e duzentas citações.

Três artigos se destacam com mais de duzentas citações, indicando grande visibilidade e influência nas discussões sobre resíduos eletrônicos. Esses artigos analisam a disposição e o comportamento das pessoas em relação à reciclagem de resíduos eletrônicos, investigando fatores como motivações, barreiras e o impacto de políticas públicas e infraestrutura, com foco em diferentes contextos regionais (Califórnia, Pequim e EUA) como um todo, e os três são publicações com mais de dez anos, tendo se tornado referências para autores que vieram posteriormente (Saphores; Ogunseitan; Shapiro, 2012; Wang *et al.*, 2011; Saphores *et al.*, 2006). Essa distribuição reflete um cenário em que, embora a produção acadêmica sobre resíduos eletrônicos seja crescente, o impacto de muitos artigos ainda está em expansão, com alguns se destacando de maneira mais expressiva no campo.

Figura 5 Número de artigos por quantidade de citações



Fonte: as autoras, 2024

3.2. Revisão Sistemática

Para melhor compreensão das abordagens de Educação Ambiental voltadas para a gestão de resíduos eletrônicos no Brasil, analisamos doze artigos, selecionados conforme os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos. Inicialmente, encontramos sessenta documentos em todas as buscas. Destes, 33 eram artigos completos, enquanto 27 foram excluídos por se tratar de revisões da literatura, artigos de congresso ou por não abordarem diretamente o tema da pesquisa. Dos artigos restantes, selecionamos doze deles, com base no alinhamento do título e do *abstract* ao tema da pesquisa, que abordava diretamente a interseção entre educação ambiental e resíduos eletrônicos, com foco em práticas, políticas e estratégias educativas.

Classificamos esses doze estudos com base nos tipos de abordagens adotadas e nas lacunas observadas na literatura, identificando os pontos fortes e os desafios ainda existentes na área. A análise foi organizada em três aspectos principais: (1) identificação das principais

abordagens educacionais e macrotrendências da EA, (2) mapeamento do contexto de aplicação de cada estudo, (3) Desafios e limitações encontrados.

Um outro viés averiguado refere-se aos contextos de produção desses doze artigos: escolares e comunitários. Selecionamos o contexto escolar para entender como as instituições de ensino podem formar cidadãos mais conscientes e engajados desde a infância, e os tipos de abordagens que estão sendo adotadas no meio educacional. Já o comunitário permitiu-nos examinar como as iniciativas com a comunidade estão sendo implementadas para engajar a população, e como essas ações estão sendo adaptadas para a realidade de cada comunidade.

3.2.1. Abordagens e Macrotrendências da Educação Ambiental

Conforme já explicitamos, os artigos foram categorizados de acordo com as macrotrendências político-pedagógicas da Educação Ambiental no Brasil, identificadas por Layrargues e Lima (2014), que apresentam diferentes perspectivas filosóficas e práticas no processo educativo, sendo elas: crítica, pragmática e conservadora. A categorização dos artigos está descrita no Quadro 1.

A macrotrendência crítica está centrada na problematização de questões sociais, econômicas e ambientais. Ela incentiva o questionamento ao sistema atual, ao mesmo tempo que promove reflexões profundas sobre impactos ambientais e desigualdade. A pragmática prioriza soluções imediatas, frequentemente orientadas por uma visão técnica e econômica, influenciada por princípios neoliberais. Por outro lado, a conservadora é caracterizada pela manutenção das práticas estabelecidas, promovendo mudanças individuais lentas e graduais sem abordar de forma crítica questões sociais e ambientais.

Quadro 1 Principais Abordagens Educacionais dos artigos analisados

Artigo	Autores/ Ano	Contexto	Macrotrendência	Descrição da abordagem	Disciplinas
Lixo eletrônico e a contribuição da população com o meio ambiente em presidente prudente	Bastos, N.S.; Silva, L.M.S.; Guerino, R.D. S., 2011.	Não Formal	Pragmática	Evento de Mutirão do Lixo Eletrônico: aplicação de questionário, descarte consciente de lixo eletrônico e distribuição de mudas de árvores nativas	Engenharia ambiental
Educação ambiental e os resíduos eletrônicos: percepções de Estudantes do ensino médio de Soure, Pará, Brasil	Carvalho, G.K.S. <i>et al.</i> , 2016.	Escolar (Formal)	Crítica	Palestras, confecções de lixeira ecológica e produção de texto	Interdisciplinar
Utilização de Lixo Eletrônico para a Produção de Jogos e	Paiva, D. C. <i>et al.</i> , 2016	Escolar (Formal)	Pragmática	Produção de material didático e jogos educacionais	Interdisciplinar

Materiais Didático-Pedagógicos					
Conscientização ambiental acerca do impacto dos resíduos do lixo eletrônico, aliado ao ensino de robótica e da prototipação 3D	Teixeira, G.; Roque, A.S., 2017.	Escolar (Formal)	Pragmática	Desenvolvimento de uma cartilha e kit de robótica educacional	Interdisciplinar
Lixo eletrônico: conhecendo seu impacto, uma experiência em Educação ambiental crítica na escola	Araújo, T.T.; Linheira, C.Z., 2017.	Escolar (Formal)	Crítica	Aplicação de questionário, aula expositiva e dialogada e campanha de sensibilização	Ciências Biológicas
Educação ambiental aliada ao ensino de química: descartes de resíduos eletrônicos	Marques, J.F.Z.; Drehmer-Marques, K.C.; Persich, G.D.O., 2018.	Escolar (Formal)	Pragmática	Leitura e discussão de texto, palestra, aula expositiva, atividade prática e produção de material	Química
Resíduos eletrônicos: Conscientização, Campanhas e benefícios Socioambientais	Santos, S.L.F.; Santos, G.O.; Diniz, R.G., 2019.	Escolar (Formal)	Pragmática	Palestra, questionário, campanhas de coletas de resíduos e gincana	Interdisciplinar
Lixo eletrônico na escola: gestão sustentável, responsabilidade Social e ambiental	Almeida, N.M.; Duarte, A.C.; Hidalgo, M.R., 2019.	Escolar (Formal)	Pragmática	Produções de cartazes e papa pilhas.	Engenharia Ambiental
Educação Ambiental no ensino de Química: o lixo eletrônico como Abordagem temática	Magrin, C.P.; Zanotto, C.; Fioresi, C.A., 2020.	Escolar (Formal)	Pragmática	Aplicação de questionário. Dinâmica, visita técnica a uma empresa, atividade prática com materiais reciclados	Química
Educação ambiental e o Descarte de resíduos Eletroeletrônicos no	Freitas, R.R.; Oliveira, V.M.Z., 2021	Não Formal	Pragmática	Aplicação de um questionário que abordou o conhecimento e práticas sobre REE,	Interdisciplinar

sul de Santa Catarina				separação do lixo, coleta seletiva, O público-alvo foi pais/responsáveis de alunos dos Anos Finais do Ensino Fundamental.	
Lixo eletrônico como temática para oficinas de educação ambiental: um estudo sobre as contribuições para a formação crítica de estudantes do ensino médio	Assis, W.D.; Bianchetti, V.; Acker, C.I., 2023.	Escolar (Formal)	Crítica	Oficina. A oficina visou conscientizar sobre os impactos socioambientais do descarte de resíduos eletrônicos, e promover uma reflexão crítica sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes dessas práticas.	Química
Lixo Eletrônico: impactos, descarte e educação ambiental	Cruz, B. F. <i>et al.</i> , 2023	Escolar (Formal)	Pragmática	Produção de material didático e informativo. Produção de dinâmica em grupos (uso de caça palavras e jogos de perguntas e respostas)	Ciências biológicas

Fonte: as autoras, 2024

Conforme demonstrado no Quadro 1, há uma predominância das abordagens realizadas nas escolas, fazendo parte da Educação Formal, em comparação às realizadas na comunidade (não formal). A maioria das atividades ocorre em instituições de ensino, totalizando dez estudos, com foco em atividades como palestras, oficinas, aplicação de questionários e variadas atividades tais como confecção de material reciclado, criação de jogos e oficinas de robótica educacional.

Essas práticas buscam não apenas informar, mas, também, fazer com que os estudantes participem ativamente das ações promovendo uma reflexão sobre os impactos ambientais causados pela má gestão de resíduos eletrônicos. Segundo Segura e Kalhil (2015, p. 96), “A aprendizagem ativa ocorre de forma eficaz quando o estudante interage com o assunto em estudo, ouvindo, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando, tornando-se capaz de produzir conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva”.

Nesse contexto, observamos que as abordagens adotadas estão alinhadas, predominantemente, à tendência pragmática, focada em soluções práticas e diretas para problemas ambientais. A maioria das atividades realizadas nas escolas busca o engajamento dos estudantes, em que há o objetivo de promover soluções tangíveis para os desafios ambientais, como o descarte inadequado de resíduos eletrônicos, característica marcante dessa macro-tendência. Alguns exemplos disso englobam o trabalho de Paiva *et al.* (2016), que desenvolveram materiais didáticos e jogos educacionais para integrar o tema ao aprendizado, promovendo interatividade e conscientização, e o estudo de Cruz *et al.* (2023), que empregou dinâmicas em grupo, como caça-palavras e jogos de perguntas e respostas, para estimular a participação e a fixação do conteúdo.

Devido à natureza do tema, intimamente ligado aos resíduos, era esperado que a macrotendência pragmática fosse a mais recorrente. Essa tendência surge em um cenário de dominância da lógica de mercado e ideologia de consumo, o que permeia, entre outros fatores, a preocupação com o aumento da produção de resíduos, as formas de reduzir e reciclar, e a responsabilidade socioambiental (Layrargues; Lima, 2014). Assim, as práticas incluem uma abordagem sobre os problemas causados pelo descarte de resíduos eletrônicos, associados a ações para a criação de soluções, como a separação do lixo por meio de campanhas (Santos; Santos; Diniz, 2019), e a construção de coletores de resíduos eletrônicos (Almeida; Duarte; Hidalgo, 2019).

Embora a maioria dos estudos estejam alinhados à tendência pragmática, também é possível observar a presença de uma abordagem crítica. Essas ações promovem uma mudança de perspectiva nos estudantes, levando-os a questionar as estruturas sociais e políticas que contribuem para os impactos ambientais (Layrargues, 2011). Uma das diferenças entre a Educação Ambiental Crítica e a tendência Pragmática é que a primeira busca abordar a complexidade das questões contemporâneas, enquanto a segunda se baseia em soluções reducionistas, baseadas nas dualidades cartesianas, como *indivíduo e sociedade* (Layrargues; Lima, 2014). A macrotendência crítica tenta dar novos significados às dualidades, trazendo mais camadas a essas questões. Por isso, entre os estudos analisados, puderam ser observadas abordagens nas quais os sujeitos foram colocados em situações de reflexão e crítica sobre os efeitos da produção e acúmulo dos resíduos eletrônicos, e quais relações sociais agravavam o problema local e/ou globalmente, para determinados setores da sociedade, como nos trabalhos de Assis; Bianchetti; Acker (2023) e de Carvalho *et al.* (2016).

As abordagens analisadas não necessariamente se utilizavam de uma única macrotendência. Algumas tinham foco pragmático, mas continham abordagens secundárias que se aproximavam de uma tendência crítica. Por exemplo, o artigo denominado *Lixo Eletrônico e a Contribuição da População com o Meio Ambiente em Presidente Prudente* (Bastos; Silva; Guerino, 2011) apresenta traços críticos ao abordar a conscientização ambiental por meio de questionários, e ao refletir sobre as lacunas estruturais na gestão municipal de resíduos e na EA, incentivando mudanças mais profundas além das ações práticas.

Nos estudos analisados, não identificamos iniciativas dentro da macrotendência conservadora. Majoritariamente, as atividades objetivam engajar os participantes de forma ativa e desafiar as práticas atuais e buscar alternativas inovadoras para a gestão de resíduos.

Os resultados indicam, também, que a maioria das atividades não estão relacionadas a apenas uma disciplina, havendo três trabalhos voltados para a disciplina de química e dois para a disciplina de Biologia, confirmando a tendência de uma prática multidisciplinar sobre o tema. A Política Nacional de Educação Ambiental (Brasil, 1999) prevê a Educação Ambiental em todos os níveis da formação e como eixo transversal. Isso permite que os temas ambientais permeiem diferentes áreas do conhecimento, contribuindo para uma formação mais completa e consciente dos alunos. Além disso, a interdisciplinaridade possibilita a criação de metodologias inovadoras e dinâmicas, oferecendo uma oportunidade para desenvolver abordagens que contribuem para uma melhor compreensão do assunto focado. Segundo Leff (2000), a interdisciplinaridade implica na integração e cooperação entre diferentes áreas do conhecimento, promovendo métodos que permitam o diálogo entre saberes variados, algo essencial para abordar a complexidade do pensamento. Além disso, a interdisciplinaridade demonstra a importância de diversificar as abordagens pedagógicas.

Nesse sentido, as atividades práticas e lúdicas são importantes estratégias para trabalhar com Educação Ambiental. De acordo com Dalri (2010), a implementação de atividades lúdicas no ambiente escolar facilita a incorporação de temas ambientais, podendo ser aplicadas de forma transversal e interdisciplinar em todas as disciplinas e níveis

educacionais. Guerra e Gusmão (2004) acrescentam que a produção de materiais didáticos variados, como cartilhas, livros de história, produções teatrais, jogos e similares, é uma forma eficaz de integrar o lúdico e a Educação Ambiental, ampliando o engajamento dos estudantes e contribuindo para melhores resultados educacionais no sistema público.

Sendo assim, a educação ambiental nas escolas não deve ser vista, apenas, como mais uma matéria obrigatória, mas, sim como uma ferramenta de transformação com a capacidade de mudar a forma como o aluno pensa e age no que se refere ao meio ambiente. Desde cedo é primordial que os estudantes aprendam sobre a importância de cuidar do planeta e adotar hábitos sustentáveis. Como elucidam Medeiros *et al.* (2011), a integração da Educação Ambiental na formação educacional de jovens é uma maneira eficaz de sensibilizá-los para um convívio mais sustentável e harmonioso com o meio ambiente. Esse assunto exige discussões frequentes nas instituições educacionais, pois as escolas representam o principal ambiente formativo de futuros cidadãos.

No contexto comunitário, as iniciativas encontradas na pesquisa são mais limitadas, com foco principal na aplicação de questionários com o intuito de avaliar a percepção da população em relação ao descarte de resíduos eletrônicos. Isso indica uma ênfase no modelo educacional formal que se destaca, por natureza, pela frequência de uso nas instituições de ensino. Em contraste, as abordagens não formais, geralmente ligadas ao contexto comunitário, aparecem de forma menos expressiva, e exemplos disso podem ser observados em dois artigos. O primeiro trata do *Mutirão do Lixo Eletrônico* em Presidente Prudente, um evento que combinou a aplicação de questionários para avaliar a percepção da população, com o incentivo ao descarte consciente de eletrônicos e a distribuição de mudas de árvores nativas (Bastos; Silva; Guerino, 2011). A iniciativa buscou sensibilizar a comunidade, promovendo tanto a Educação Ambiental quanto ações práticas. O segundo artigo descreve uma pesquisa realizada no Sul de Santa Catarina, onde também foram aplicados questionários semelhantes para avaliar o comportamento da população em relação ao descarte de resíduos eletrônicos, ressaltando a importância da educação ambiental na mudança de atitudes (Freitas; Oliveira, 2021).

As abordagens não formais são essenciais para tornar o conhecimento acessível, alcançando diversos públicos. Esse tipo de abordagem costuma ocorrer em diferentes espaços como museus, eventos ao ar livre e mídias sociais, possibilitando alcançar e sensibilizar pessoas de idades e contextos sociais diferentes. De acordo com Gohn (2006), a educação não formal desempenha um papel fundamental na formação social dos indivíduos, pois ajuda no desenvolvimento de emoções, hábitos, atitudes, comportamentos e formas de pensar e se expressar. O objetivo é capacitar as pessoas a serem cidadãos globais, conscientes de seu papel no mundo e para o mundo.

Em contrapartida, o governo desempenha um importante papel na promoção de comunicação e educação ambiental, apoiando a criação de políticas públicas que incentivem o descarte adequado de resíduos eletrônicos e financiando campanhas de conscientização sobre o risco que os metais pesados e substâncias tóxicas presentes nos resíduos eletrônicos trazem à saúde e ao meio ambiente. Também, é importante investir em infraestrutura como pontos de coletas em locais de fácil acesso e sistema de coletas eficientes.

3.2.2. Desafios e Limitações das Pesquisas

A análise e interpretação dos artigos encontrados permitiu-nos identificar desafios e limitações recorrentes nas abordagens de educação ambiental para a gestão de resíduos eletrônicos no Brasil (Quadro 2). Entre as principais dificuldades observadas, estão questões estruturais, como a ausência de políticas públicas efetivas e a falta de programas contínuos de

conscientização. Esses fatores apresentam-se em ações pontuais e na baixa adesão a ações sustentáveis.

Quadro 2 Desafios e Limitações das pesquisas em Educação Ambiental e Resíduos Eletrônicos.

Artigo	Desafios/Limitações	Descrição
Educação Ambiental no ensino de Química: o lixo eletrônico como abordagem temática	Descarte inadequado de resíduos; Resistência a metodologias diversificadas.	Alunos continuaram a descartar materiais no lixo comum, apesar do aprendizado sobre o lixo eletrônico, indicando a necessidade de maior conscientização. Alunos estavam acostumados com metodologias tradicionais, dificultando a aplicação de abordagens mais interativas e inovadoras no ensino
Educação ambiental e os resíduos eletrônicos: Percepções de estudantes do ensino médio de Soure, Pará, Brasil	Conhecimento limitado sobre metais pesados	Os alunos apresentaram pouco entendimento sobre os conceitos e riscos dos metais pesados provenientes do lixo eletrônico, refletindo uma realidade preocupante.
Educação ambiental aliada ao ensino de química: descartes de resíduos eletrônicos	Ausência de política de reciclagem	O município não possui uma política definida para o destino adequado do lixo eletrônico.
Lixo eletrônico na escola: gestão sustentável, responsabilidade social e ambiental	Depredação e descarte inadequado Falta de continuidade do projeto	Alguns papas-pilhas foram encontrados depredados, sujos ou com lixo A ausência de ações constantes junto à comunidade impede a consolidação dos hábitos sustentáveis,
Lixo Eletrônico: impactos, descarte e educação ambiental	Falta de conhecimento	
Educação ambiental e o Descarte de resíduos Eletroeletrônicos no sul de Santa Catarina	Falta de conhecimento sobre os REEs e ausência de políticas públicas	
Lixo eletrônico e a contribuição da população com o meio ambiente em presidente prudente	Motivação inadequada para o descarte e falta de programas municipais	A maioria dos entrevistados foi motivada mais pelo desejo de se desfazer de materiais considerados desnecessários do que pela preocupação com o meio ambiente. Falta de programas municipais para conscientização e gestão do lixo eletrônico

Fonte: as autoras, 2024

Além disso, pudemos verificar um conhecimento limitado em relação ao descarte inadequado dos resíduos eletrônicos, em especial aos metais pesados, destacados em estudos como o de Carvalho *et al.* (2016) e o de Freitas e Oliveira (2021). Esse desconhecimento destaca uma lacuna preocupante na formação ambiental dos alunos e na conscientização da população em geral.

Outro ponto crítico refere-se à resistência a diferentes metodologias e a persistência de hábitos inadequados de descarte. Observamos essa problemática no estudo conduzido por Almeida, Duarte e Hidalgo (2019), intitulado *Lixo Eletrônico na Escola: Gestão Sustentável, Responsabilidade Social e Ambiental*, em que foi implementada uma metodologia baseada na produção de coletores de resíduos eletrônicos (papa-pilhas) em uma escola, com o objetivo de fomentar a conscientização ambiental entre os alunos. No entanto, os coletores foram encontrados depredados, sujos ou com lixo acumulado ao redor, indicando falta de conscientização sobre os impactos ambientais e à saúde pública causados por esse tipo de comportamento. Os resultados refletem a necessidade urgente de implementar programas de Educação Ambiental mais eficazes, que promovam atitudes responsáveis e o respeito pelo meio ambiente, tanto nas escolas quanto na comunidade em geral.

A partir dos estudos analisados, apontamos para uma lacuna preocupante na formação ambiental dos alunos e na conscientização da população em geral. Esse cenário pode ser explicado pela abordagem predominante de uma tendência pragmática, que se concentra em soluções práticas e imediatas, como a implementação de coletores para resíduos eletrônicos. A falta de uma análise profunda das causas e consequências dessas ações demonstra uma limitação dessa abordagem, que não promove uma reflexão crítica sobre o tema e não faz o estudante desenvolver o senso crítico, habilidade importante para que os alunos adquiram a capacidade de pensar de forma inovadora, indo além das abordagens convencionais. Além desse aspecto, o foco em soluções imediatas, ao invés de transformações a longo prazo, pode não ser suficiente para gerar mudanças significativas no comportamento dos alunos.

Por outro lado, embora a falta de reflexões críticas nas abordagens de gestão de resíduos eletrônicos seja vista como uma limitação recorrente, é essencial reconhecer que a eficácia dessas atividades depende, também, da implementação de políticas públicas e infraestrutura adequadas para coleta de resíduos. A ausência desses dois fatores é um desafio enfrentado em áreas urbanizadas. Segundo o Governo Federal, "o Brasil conta com mais de 3,4 mil pontos de coleta para descarte e destinação correta do lixo eletrônico em todo o país" (Brasil, 2022). Em primeira análise esse número pode parecer expressivo, porém é insuficiente dado o tamanho territorial do país e as desigualdades regionais. Conforme observado por Carvalho *et al.* (2008), a coleta e reciclagem de produtos eletroeletrônicos são essenciais atualmente, não só para a conservação de recursos naturais não renováveis através da reciclagem de materiais, mas, também, para a preservação ambiental e a redução do impacto negativo que esses produtos causam ao meio ambiente.

Segundo Schluep e colaboradores (2009), o Brasil é o maior produtor per capita de resíduos eletrônicos provenientes de computadores pessoais, entre os países emergentes. Além disso, de acordo com Celinski *et al.* (2011), o rápido avanço da tecnologia resultou na rápida obsolescência dos dispositivos eletrônicos. O acúmulo de aparelhos eletrônicos descartados, incluindo computadores pessoais e telefones celulares, surgiu como uma questão cada vez mais significativa na sociedade contemporânea, resultando em efeitos prejudiciais substanciais à saúde humana e ao meio ambiente.

Ainda, como observam Tanaue *et al.* (2015), quando a população descarta o lixo eletrônico de forma inadequada, esse material acaba sendo depositado em aterros sanitários. As substâncias químicas presentes nesses itens, como metais pesados (ouro, prata, gálio, mercúrio, arsênio, cádmio, chumbo, berílio, entre outros), podem contaminar o solo e atingir o lençol freático. A contaminação da água subterrânea pode, por sua vez, afetar a água utilizada para

irrigação das plantações ou para o consumo animal, o que pode resultar na contaminação de alimentos e carnes, representando um risco à saúde pública.

Conforme identificamos na conclusão da maior parte dos estudos analisados, um dos principais desafios para a resolução desse problema é a implementação de políticas públicas e programas educacionais contínuos de conscientização sobre o descarte correto de resíduos eletrônicos. Por isso, é essencial trabalhar com essa problemática nas escolas, uma vez que é por meio da educação que a mudança de comportamento ocorre. Quando os estudantes são conscientizados sobre os perigos dos metais pesados presentes nos resíduos eletrônicos, eles se tornam cidadãos mais aptos a desenvolver uma visão crítica e, conseqüentemente, comportamentos mais sustentáveis. Essa sensibilização pode resultar em mudanças significativas a longo prazo.

4. Considerações Finais

Em conclusão, os principais resultados a nível global indicam um aumento da preocupação com o tema dos resíduos eletrônicos no âmbito da Educação Ambiental, refletido no crescente número de trabalhos científicos sobre o tema ao longo dos anos. Este aumento acompanha, também, o incremento da produção desses resíduos, com destaque para países como China, Brasil e Índia. A produção de conhecimentos que relacionam EA com o tema é fundamental, e deve ter um espaço cada vez maior nas publicações científicas. Ademais, é preciso avaliar quais práticas têm resultados mais eficientes para solucionar o problema ambiental causado pelos resíduos eletrônicos, de modo que elas sejam replicadas em diferentes partes do planeta.

Nas análises direcionadas às pesquisas realizadas no Brasil, é possível notar que há uma persistência de desafios significativos, tanto em termos de conscientização quanto de infraestrutura e políticas públicas educacionais e ambientais. Apesar de o problema do descarte inadequado de resíduos eletrônicos ser amplamente reconhecido, há uma grande lacuna no entendimento sobre os impactos ambientais e de saúde pública, principalmente em relação aos metais pesados presentes nesses resíduos. Isso destaca a necessidade de uma conscientização mais profunda sobre os danos causados por esses materiais.

Outro ponto crítico, que chamou nossa atenção, relaciona-se à resistência à mudança de comportamento, evidenciada pela ineficácia de iniciativas como a instalação de coletores de lixo eletrônico nas escolas, que não conseguiram alterar, significativamente, os hábitos da população. Muitas das abordagens observadas focam apenas na Educação Ambiental Formal e na macrotendência pragmática, quando deveria ser dada, também, especial atenção ao envolvimento comunitário em abordagens não formais e à construção de uma EA crítica, para que os indivíduos passem a se enxergar como sujeitos ativos na mudança necessária.

Além disso, notamos que a deficiência de políticas públicas eficazes e de infraestrutura, como pontos de coleta e sistemas de reciclagem bem distribuído aparece como um obstáculo importante, especialmente em regiões mais carentes. Embora os programas educacionais sejam relevantes, eles ainda são insuficientes, pois não promovem uma reflexão crítica suficiente sobre os impactos do lixo eletrônico. A Educação Ambiental precisa ser contínua e interativa, a fim de engajar a população de forma eficaz, e deve ser acompanhada de ações que integrem os diferentes setores da sociedade.

O rápido avanço tecnológico e a obsolescência acelerada dos dispositivos contribuem para o crescente acúmulo de lixo eletrônico, um problema que exige ação imediata para mitigar os danos ambientais e à saúde pública. Esses resultados apontam para a necessidade urgente de uma abordagem integrada, envolvendo educação, políticas públicas eficazes e infraestrutura adequada para a gestão sustentável dos resíduos eletrônicos no Brasil.

Referências

- ALMEIDA, N.M.; DUARTE, A.C.; HIDALGO, M.R. Lixo Eletrônico na Escola: Gestão sustentável, responsabilidade social e ambiental. *Educação Básica Revista – EBR*, Sorocaba, v. 5, n. 2, p. 155-164, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Maycon-Raul-Hidalgo/publication/341039629_lixo_eletronico_na_escola_gestao_sustentavel_responsabilidade_social_e_ambiental/links/5eaa37ca92851cb2676659b6/lixo-eletronico-na-escola-gestao-sustentavel-responsabilidade-social-e-ambiental.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.
- ALVES, S. C. *Educação ambiental e interdisciplinaridade: da explicitação de conceitos nos PCNs e DCNEM à prática pedagógica no ensino médio*. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- ARAUJO, T. T. *Lixo eletrônico: conhecendo seu impacto, uma proposta de educação ambiental na escola*. 2017. 49 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-PB, 2017.
- ASSIS, W.D.; BIANCHETTI, V.; ACKER, C.I. Lixo eletrônico como temática para oficinas de educação ambiental: um estudo sobre as contribuições para a formação crítica de estudantes do ensino médio. *Revista Transmutare*, Curitiba, v. 8, e17357, p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rtr/article/view/17357/9925>. Acesso em: 28 mar. 2025.
- BALDÉ, P. C. *et al.* *Global E-waste Monitor 2024*. Geneva; Bonn: International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research, 2024. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- BARBIERI, J. C. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BASTOS, N. S.; SILVA, L. M. S.; GUERINO, R. D. S. Lixo Eletrônico e a Contribuição da População com o Meio Ambiente em Presidente Prudente. *Colloquium Exactarum*, Presidente Prudente, v. 3, n. 1, p. 34-39, jan./jun. 2011. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/576/915>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- BRASIL. *Brasil conta com mais de 3,4 mil pontos de coleta para descarte e destinação correta do lixo eletrônico em todo o país*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/04/brasil-counta-com-mais-de-3-4-mil-pontos-de-coleta-para-descarte-e-destinacao-correta-do-lixo-eletronico-em-todo-o-pais> Brasil. Acesso em: 29 mar.2025
- BRASIL. [Constituição (1988)] **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 29 mar. 2025.
- BRASIL. *Decreto nº 10.240*, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº

9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/31943255>. Acesso em: 30 mar. 2025.

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. Brasília, DF: Presidência da República, 1999. Acesso em: 30 mar. 2025.

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. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 29 mar. 2025.

CARVALHO, G. K. S. *et al.* Educação ambiental e os resíduos eletrônicos: Percepções de estudantes do ensino médio de Soure, Pará, Brasil. *Scientia Plena*, Aracajú, v. 12, n. 6, p. 2-9, 2016. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3085/1458>. Acesso em: 30 mar. 2025

CARVALHO T. M. B. *et al.* *Projeto de Criação de Cadeia de Transformação de Lixo Eletrônico da Universidade de São Paulo*. Prêmio Mário Covas, USP: São Paulo – SP. 2008. 15p. Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente do Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2010. 1458. Disponível em: http://www.premiomariocovas.sp.gov.br/memoria/2008/inovacao_mencoeshonrosas/inovacao_lixoeletronico.pdf. Acesso em: 30 mar. 2025.

CELINSKI, T. M. *et al.* Perspectivas para reuso e reciclagem do lixo eletrônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. *Anais[...]*. Londrina: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2011. p. 1-4. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/III-020.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

CRUZ, B. F. *et al.* Lixo Eletrônico: impactos, descarte e educação ambiental. *EntreAções: diálogos em extensão*, Juazeiro do Norte, v. 4, n. 2, p. 19-30, jul./dez. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/entreacoes/article/view/1211>. Acesso em: 30 mar. 2025.

DALRI, S. A. Educação ambiental como parceria na educação tradicional: Uma proposta de jogos ambientais: utilizando o lúdico e o pedagógico para a defesa do meio ambiente. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 6, n. 9, p. 1, 2010. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2010/educacao.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, Amsterdã, v. 133, p. 285-296, 2021. Disponível em: <https://sci-hub.se/downloads/2021-06-10/01/donthu2021.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

FREITAS, R. R.; OLIVEIRA, V. M. Z. Educação Ambiental e o Descarte de Resíduos Eletrônicos no Sul de Santa Catarina. *Revbea*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 134-152, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/353633136_Educacao_Ambiental_e_o_descarte_de_residuos_eletronicos_no_sul_de_Santa_Catarina. Acesso em: 30 mar. 2025.

GOHN, M. G. Educação não formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, São Paulo, v. 14, n. 50, p. 27-38, 2006. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ensaio/v14n50/v14n50a03.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

GUERIN, M. *Consciência ecológica: Reduzir, reusar e reciclar*. Reportagem publicada na Folha de Londrina em 30 de abril de 2008. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/cidades/reduzir-reusar-e-reciclar-639515.html?d=1>. Acesso em: 30 mar. 2025.

GUERRA, R. A. T.; GUSMÃO, C. R. C. *A produção de material paradidático: implementação da educação ambiental em escolas públicas*. João Pessoa: Editora da UFPA, 2004.

LAMBERT, D. M.; STOCK, J.R.; ELLRAM, L. M. *Fundamentals of Logistics Management*. Columbus: McGraw-Hill, 1993.

LAYRARGUES, P. P. Muito além da natureza: Educação Ambiental e reprodução social. In: CASTRO, R. S.; LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P. (org.). *Pensamento complexo, dialética e Educação Ambiental*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011. p. 72-103.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. C. As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 17, n.1, p. 23-40, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275607720_As_macrotendencias_politico-pedagogicas_da_educacao_ambiental_brasileira. Acesso em: 30 mar. 2025.

LEFF, E. *Interdisciplinaridade e formação ambiental: antecedentes e contribuições da América Latina*. Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus, 2000.

MAGRIN, C. P.; ZANOTTO, C.; FIORESI, C. A. Educação Ambiental no ensino de Química: o lixo eletrônico como abordagem temática. *Educação Química em Punto de Vista*, Foz do Iguaçu, v. 4, n. 1, p. 129-141, 2020. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/2268/2217>. Acesso em: 30 mar. 2025.

MARQUES, J. F. Z; DREHMER-MARQUES, K. C.; PERSICH, G. D. O. Educação Ambiental aliada ao ensino de Química: descartes de Resíduos Eletrônicos. *Ambiente & Educação*, Rio Grande, v. 23, n. 2, p. 307-321, 2018. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/8442>. Acesso em: 30 mar. 2025.

MEDEIROS, A. B. *et al.* A importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. *Revista Faculdade Montes Belos*, São Luiz de Montes Belos, v. 4, n. 1, p. 123-132, set. 2011. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/administracao/educacao/artigos/.pdf>. Acesso em: 30 mar.2025.

MINGERS, J.; LEYDESDORFF, L. A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, Amsterdã, v. 246, p. 1–19, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171500274X>. Acesso em: 30 mar. 2025

NIGAM, S.; JHA, R.; SINGH, R. P. A different approach to the electronic waste handling—a review. *Materials Today: Proceedings*, v. 46, p. 1519-1525, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321001048> Acesso em: 31 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. *Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Nova York: AmbientalMENTEsustentable, 2015. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 30 mar.2025

PAGE, M.J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, London, v. 372, p. 1-9 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/bmj/372/bmj.n71.full.pdf>. Acesso em:30 mar. 2025.

PAIVA, D. C. *et al.* Utilização de Lixo Eletrônico para a Produção de Jogos e Materiais Didático-Pedagógicos. *Educação Ambiental em Ação*, Novo Hamburgo, v. 15, n. 58, p. 2-14, 2016. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/311302263_Utilizacao_de_Lixo_Eletronico_para_a_Producao_de_Jogos_e_Materiais_Didatico-Pedagogicos. Acesso em: 30 mar. 2025.

POLLOCK, A.; BERGE, E. How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, Genebra, v. 13, n. 2, p. 138-156, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1747493017743796>. Acesso em: 30 mar. 2025

RIBEIRO, E. N. *et al.* Coleta Seletiva na Faculdade UnB Planaltina: diagnóstico, implantação e sensibilização. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 14., 2018, FOZ DO Iguaçu. *Anais[...]*. Foz do Iguaçu: ABES, 2018. p. 1-7. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328572363_coleta_seletiva_na_faculdade_UNB_planalatina_diagnostico_implantacao_e_sensibilizacao. Acesso em: 30 mar. 2025.

RIDAYANI, N. *et al.* The correlation of environmental education, environmental knowledge, environmental involvement, and waste management behavior. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1105, n. 1, p. 2-6, 2022.

SANTOS, S. L.; SANTOS, G.O.; DINIZ, R.G. Resíduos eletrônicos: Conscientização, campanhas e benefícios socioambientais. *Revbea*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 238-251, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2726/7078>. Acesso em: 30 mar. 2025.

SAPHORES, J.-D. M. Household willingness to recycle electronic waste: an application to California. *Environment and behavior*, v. 38, n. 2, p. 183-208, 2006. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0013916505279045>. Acesso em: 30 mar. 2025.

SAPHORES, J.-D. M.; OGUNSEITAN, O. A.; SHAPIRO, A. A. Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of US households. *Resources, conservation and recycling*, v. 60, p. 49-63, 2012. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911002503>. Acesso em: 30 mar. 2025

SAUVÉ, L. Uma cartografia das Correntes em educação ambiental. In: SATO, M.; CARVALHO, I. C. M. (org.). *Educação Ambiental*. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 17-45.

SCHLUEP, M. *et al.* *Recycling – from e-waste to resources*. Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies. Paris: UNEP, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278849195_Recycling_-_from_e-waste_to_resources. Acesso em: 30 mar.2025.

SEGURA, E.; KALHIL J. B. A metodologia ativa como proposta para o ensino de ciências. REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Belém, v. 3, n. 1, p. 87-98, 2015. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5308/3503>. Acesso em: 30 mar. 2025.

SUBRAMANYAM, K. Bibliometric studies of research collaboration: a review. *Journal of Information Science*, Philadelphia, v. 6, p. 33-38, 1983. Acesso em: 30 mar. 2025.

TANAUE, A. C. B. *et al.* Lixo eletrônico: agravos à saúde e ao meio ambiente. *Ensaio e Ciências Biológicas Agrárias e da Saúde*, Bauru, v. 19, n. 3, p. 130-134, 2015. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/3193/2931> Acesso em: 30 mar. 2025.

TEIXEIRA, G.; ROQUE, A. S. Conscientização ambiental acerca do impacto dos resíduos do lixo eletrônico, aliado ao ensino de robótica e da prototipação 3D. *Vivências, Erechim*, v. 13, n. 24, p. 119-133, maio 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Teixeira-9/publication/328214949_Conscientizacao_ambiental_acerca_do_impacto_dos_residuos_do_lixo_eletronico_aliado_ao_ensino_de_robotica_e_da_prototipacao_3D/links/5bbefdd4a6fdccf2979250c2/Conscientizacao-ambiental-acerca-do-impacto-dos-residuos-do-lixo-eletronico-aliado-ao-ensino-de-robotica-e-da-prototipacao-3D.pdf. Acesso em: 30 mar. 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource*. Nairobi: UNEP, 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso em: 30 mar. 2025.

WANG, Z. *et al.* Willingness and behavior towards e-waste recycling for residents in Beijing city, China. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 9-10, p. 977-984, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652610003720>. Acesso em: 30 mar. 2025.

XAVIER, L. H. da S. M. *et al.* *Diagnostico da mineração urbana dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: Projeto MINARE: relatório final*. 2023. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2632/1/Projeto_MINARE_2023.pdf. Acesso em: 30 mar. 2025