



**Reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no cenário brasileiro:
dificuldades e propostas**

Andreia Costa Barbosa

Mestranda, UTFPR, Brasil.
andreiabarbosa@alunos.utfpr.edu.br

Kátia Valeria Marques Cardoso Prates

Professora Doutora, UTFPR, Brasil.
kprates@utfpr.edu.br

RESUMO

O consumo de equipamentos eletroeletrônicos tem aumentado nos últimos anos, gerando uma grande quantidade de resíduos que podem causar impactos ambientais e sociais. O objetivo deste trabalho foi analisar as principais dificuldades e propostas para melhorar a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, bem como identificar quais tipos de resíduos são mais gerados e reciclados no país. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura utilizando bases de dados nacionais e internacionais. Pela análise dos resultados, constatou-se que os principais desafios são a falta de conscientização da população, a carência de infraestrutura, a ausência de fiscalização e a necessidade de implementação de logística reversa. As principais sugestões são adotar um modelo de economia circular, melhorar a coleta de dados, promover a capacitação dos coletores, desenvolver a capacidade local de recuperação de materiais e aumentar a educação ambiental. Os tipos de resíduos mais gerados são da linha verde, seguidos da linha marrom, e os mais reciclados são os da linha verde. Pode-se concluir que a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos é uma atividade estratégica para o Brasil que pode trazer benefícios econômicos e ambientais, mas que requer uma maior articulação entre os diferentes atores envolvidos.

PALAVRAS-CHAVE: Revisão Sistemática da Literatura; Logística Reversa; Equipamento Eletrônico; Linhas de Equipamentos Eletrônicos.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT; 2012), os dispositivos que dependem de energia elétrica ou campos eletromagnéticos para funcionar, ou que servem para gerar, transmitir, converter e medir essas formas de energia, são chamados de eletroeletrônicos (EE). Esses dispositivos podem ter uso doméstico, industrial, comercial ou de serviços, e incluem aparelhos como TVs, computadores, celulares, geladeiras, batedeiras, furadeiras e câmeras.

Os resíduos eletroeletrônicos (REE) são gerados quando os EE não são mais utilizados ou perdem sua funcionalidade, seja pela obsolescência programada ou pela obsolescência perceptiva. Eles também podem ser conhecidos como *e-waste*, lixo eletrônico, ou resíduo tecnológico. Os principais geradores de REE no Brasil são as instituições públicas ou privadas, incluindo empresas de diversas áreas e residências (CARDOSO, 2013; DA SILVA *et al.*, 2023).

A obsolescência programada é uma prática que estimula o consumismo fazendo com que os consumidores troquem seus produtos por outro mais novo sem que haja a real necessidade. Isso pode ocorrer quando um determinado produto sai da indústria com o tempo de vida útil reduzido, e um exemplo clássico disso é o do cartel Phoebus, que reduziu artificialmente a durabilidade das lâmpadas incandescentes na década de 1920 (MONTEIRO, 2018; FERREIRA, 2022). Nos últimos anos, a média da vida útil de um computador diminuiu de 4,5 anos, em 1992, para cerca de 2 anos, em 2005, resultando em maiores quantidades de computadores para eliminação ou exportação para países em desenvolvimento (KIDDEE *et al.*, 2013; CHAKRABORTY *et al.*, 2021).

A obsolescência perceptiva é uma prática de fazer os consumidores acreditarem que seus produtos estão desatualizados ou fora de moda, mesmo que ainda funcionem perfeitamente. É uma estratégia de *marketing* que explora as tendências, as modas e as inovações tecnológicas, para induzir os consumidores a comprar novos produtos. Um exemplo típico de obsolescência perceptiva é o caso dos *smartphones*, que são constantemente lançados com novos recursos e *designs*, fazendo com que os modelos anteriores pareçam obsoletos (ROSSINI, 2017; HARRIS, 2023).

A reciclagem de REE é uma necessidade diante do grande volume desses resíduos gerados a cada ano. Mais de 53 milhões de toneladas desses resíduos foram gerados em 2019 no mundo todo, enquanto o número de dispositivos cresceu cerca de 4%. No Brasil, foram gerados 2,1 milhões de toneladas de REE em 2019, ficando em quinto lugar entre os maiores produtores desse tipo de resíduo no mundo (ABRELPE, 2020; FORTI, 2020).

O descarte dos REE é um dos problemas ambientais globais mais preocupantes devido ao descarte inadequado, principalmente em aterros ilegais. Os REE contêm uma variedade de materiais que podem liberar substâncias tóxicas para o meio ambiente e para a saúde humana, se não forem descartados corretamente. Entre essas substâncias, destacam-se os metais tóxicos (como bário, berílio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, chumbo, lítio, lantânio, mercúrio e manganês) e o composto orgânico como bifenilo policlorado, que podem causar danos ao sistema nervoso, ao sistema reprodutivo, ao sistema imunológico e ao meio ambiente (Kiddee *et al.*, 2013). O descarte inadequado de REE pode ocorrer por meio de aterros ou incineração, que podem gerar lixiviação para as águas subterrâneas ou emissão de gases tóxicos para a atmosfera. A reciclagem de REE também pode apresentar riscos de contaminação, se não for feita com cuidado e segurança (KIDDEE *et al.*, 2013; DA SILVA *et al.*, 2023).

Os REE também contêm metais preciosos que poderiam ser reaproveitados no Brasil, porém, como não se tem tecnologias para fazer essa reutilização, esses metais acabam sendo coletados e exportados para empresas de reciclagem na Europa ou na América do Norte (Dias *et al.*, 2022). Além disso, muitos REE são exportados para países em desenvolvimento, onde são reciclados de forma precária e informal; essas práticas contribuem para o esgotamento dos recursos naturais e para a desigualdade social (FRANZOLIN, 2020).

Na legislação brasileira, o gerenciamento dos REE é proposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), e regulamentada pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2022). A PNRS estabelece os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos no país, incluindo os REE (Ambiente, 2022; Soler, 2022). Um dos instrumentos da PNRS é a logística reversa, que é o conjunto de ações para coletar, transportar, tratar e destinar os resíduos de forma a minimizar os impactos negativos e maximizar os benefícios econômicos e ambientais (BRASIL, 2010).

A logística reversa dos REE pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, a preservação dos recursos naturais, a geração de emprego e renda, a inclusão social e a economia circular (CAUMO, 2013; DE ALMEIDA FIGUEIREDO *et al.*, 2021). A logística reversa é obrigatória para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos EE e seus componentes (BRASIL, 2010; SOLER, 2022). Para implementar a logística reversa, os agentes econômicos devem celebrar acordos setoriais com o poder público, que são atos de natureza contratual firmados entre governo federal e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes. Os acordos setoriais estabelecem as metas e responsabilidades dos envolvidos na logística reversa dos REE (SOLER, 2022).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi apresentar, de forma breve e clara, as principais dificuldades e propostas para aprimorar a reciclagem de REE, bem como qual tipo de REE é mais produzido e qual é mais reciclado no Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos deste trabalho, foi realizado um mapeamento da literatura para a coleta de dados secundários em publicações recentes sobre a gestão de REE, considerando os seguintes aspectos:

- i) Quais são as dificuldades para aumentar a taxa de reciclagem dos REE no Brasil?
- ii) Quais são as propostas para melhorar o reaproveitamento de REE no Brasil?
- iii) Qual linha de acordo com a classificação segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) é mais gerado e reciclado no Brasil?

Uma forma de classificar os REE é com base no tipo de produto, que segue as categorias definidas pela ABDI (ABDI, 2013). De acordo com essa classificação, os REE podem ser divididos em quatro linhas. Na Figura 1, são apresentadas as categorias de REE divididos pelas linhas.

Figura 1: Classificação e caracterização dos resíduos eletroeletrônicos por linhas

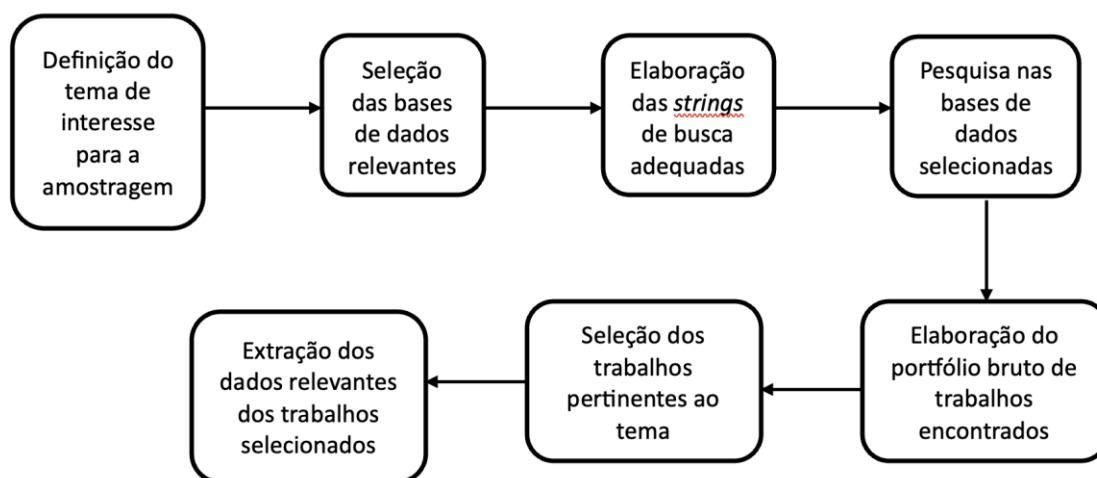


Fonte: adaptado de ABDI, 2013; TOLEDO, 2015.

A metodologia utilizada para fazer o mapeamento foi a revisão bibliográfica sistemática, buscando compreender as relações, os conceitos e as ideias que conectam dois ou mais temas (ALMEIDA, 2011).

Seguindo procedimento metodológico proposto por Kitchenham (2007), foram realizadas as seguintes etapas, que estão evidenciadas na Figura 2:

Figura 2: Fluxograma das etapas da revisão bibliográfica sistemática



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

No Quadro 1, está sumarizado os aspectos investigados, as *strings* e a base de consulta. Para a elaboração do portfólio, foi utilizada a lógica booleana com o operador “AND”, que resulta em publicações que contêm os termos de pesquisa simultaneamente.

Quadro 1: Aspectos investigados relacionado à gestão dos resíduos eletroeletrônicos

Aspectos Investigados	Strings	Bases
As dificuldades na gestão de resíduos eletroeletrônicos	“Resíduos”, “Eletroeletrônicos” e “Dificuldades”	Google Acadêmico
As propostas para melhorar o reaproveitamento dos resíduos	“Resíduos” acrescido de “Reciclagem” ou “Reaproveitamento”, “Eletroeletrônicos” e “Propostas”	Google Acadêmico
Qual linha de resíduo e mais gerada e reciclado no Brasil	“Resíduos”, “Linha (branca, marrom, verde e azul), “Geração”, “Reciclagem”, e “Eletroeletrônico”	Google Acadêmico

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

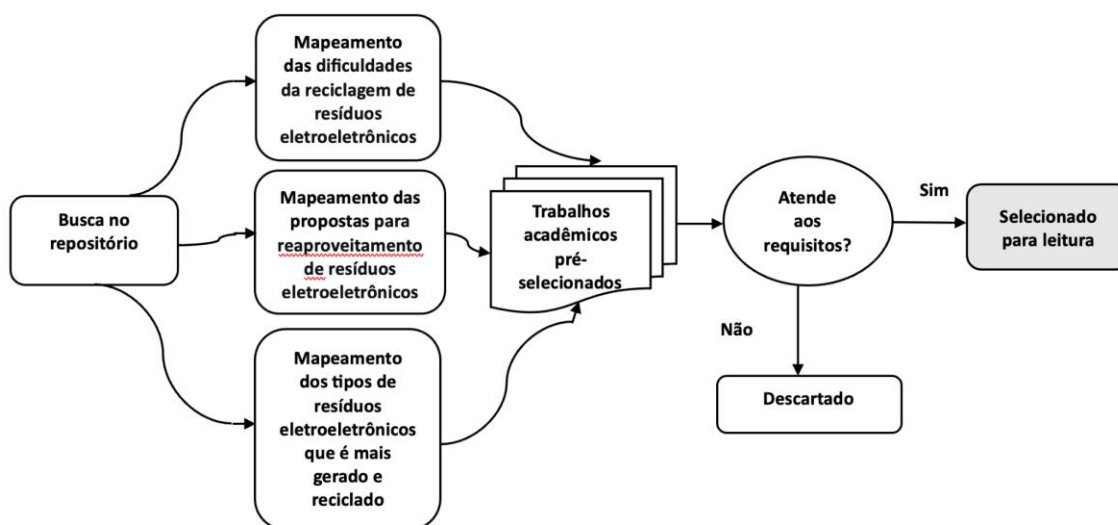
Após selecionar esses filtros no Google Acadêmico, as publicações pré-selecionadas foram lidas na íntegra e categorizadas quanto ao ano, autores, REE em estudo, cenário brasileiro e método de reaproveitamento ou reciclagem.

As expressões foram pesquisadas no singular e no plural para otimizar as buscas. Os critérios de inclusão das publicações foram:

- i) Trabalhos publicados entre 2012 e 2022 abrangendo um intervalo de 10 anos para associar com os avanços após a aprovação da PNRS;
- ii) Trabalhos relacionados ao cenário brasileiro;
- iii) Pelo menos um autor brasileiro.

O fluxograma da Figura 3 mostra as etapas e os critérios usados para selecionar os trabalhos acadêmicos.

Figura 3: Fluxograma da seleção e aplicação dos critérios para selecionar os trabalhos acadêmicos



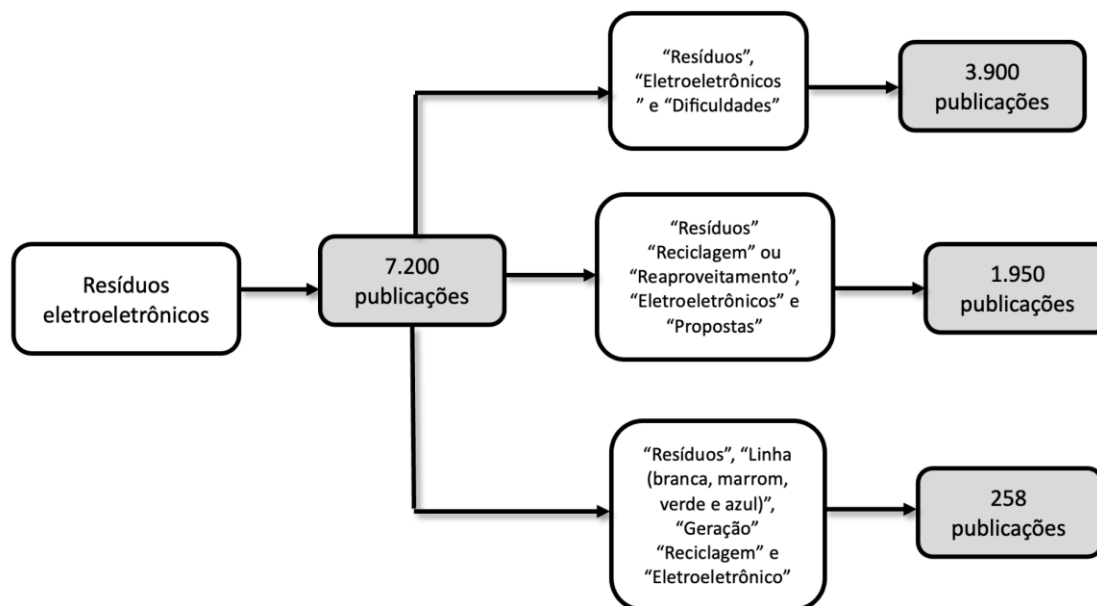
Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados secundários para o mapeamento da literatura na base de dados Google Acadêmico resultou em um total de 7.200 publicações. Após a aplicação dos critérios pertinentes aos aspectos investigados, às dificuldades na gestão de REE, às propostas para melhorar o reaproveitamento dos resíduos, à linha de resíduo mais gerada e reciclada no Brasil, obtiveram-se os totais de publicações, que podem ser visualizados na Figura 4.

Após a leitura dos trabalhos pertinente a cada aspecto investigado, foram selecionados para análise aqueles que se destacaram pela contribuição. Dos trabalhos selecionados, foram extraídos os dados relevantes.

Figura 4: Fluxograma da quantidade de publicações após as etapas de revisão bibliográfica sistemática



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

3.1 Mapeamento sistemático de literatura: principais dificuldades para aumentar a taxa de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Para o mapeamento das principais dificuldades, foram selecionados dois artigos e dois trabalhos acadêmicos para uma análise mais criteriosa. Os trabalhos escolhidos estão listados no Quadro 2.

Quadro 2: Publicações selecionadas associadas às dificuldades para a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Ano	Revista/trabalho acadêmico	Autores	Títulos
2015	Tese de doutorado, USP	Mendes	Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto na cadeia de resíduos eletroeletrônicos
2016	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Guarnieri, Silva, Levino	<i>Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case</i>
2018	Dissertação de mestrado, UFPB	Nóbrega	Mapeamento dos resíduos eletroeletrônicos em um hospital público: inventário e a logística reversa.
2018	Perspectivas Contemporâneas	De Brito Morigi	A Importância das cooperativas de reciclagem na consolidação dos canais reversos de resíduos eletroeletrônicos: Um estudo sobre uma cooperativa de reciclagem em Maringá-PR

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Durante a análise, foi possível verificar que os principais desafios na reciclagem de REE são:

- A baixa conscientização da população sobre a importância do descarte correto dos REE e os benefícios da reciclagem para o meio ambiente e para a economia (DE BRITO MORIGI, 2018).
- A carência de infraestrutura e de tecnologia adequadas para o processamento dos REE, que limita a eficiência e a qualidade da reciclagem e impede o aproveitamento de todos os componentes dos equipamentos (NÓBREGA, 2018).
- A ausência de controle e de fiscalização das atividades de reciclagem pelos órgãos públicos, que pode gerar riscos ocupacionais e ambientais decorrentes da exposição a substâncias tóxicas e perigosas presentes nos REE (MENDES, 2015).
- A necessidade de implementação da logística reversa, que envolve a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores na gestão dos REE, conforme previsto na PNRS (Guarnieri, *et al.*, 2016).

Considerando os desafios relacionados ao controle e à fiscalização das atividades de reciclagem e a necessidade de implementação da logística reversa, foi criado o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), que tem como objetivo coletar, sistematizar e disponibilizar informações sobre a gestão dos resíduos sólidos no país. O SINIR foi criado pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a PNRS. No entanto, o SINIR só começou a coletar dados a partir do ano de 2019, por meio de três módulos: “estados e municípios”, “manifesto de transporte de resíduos (MTR)” e “inventário nacional de resíduos sólidos” (SINIR, 2023).

Sobre os REE, o SINIR permite acompanhar o fluxo desses materiais desde a geração até a destinação final ambientalmente adequada, por meio da logística reversa. O SINIR também disponibiliza dados sobre os pontos de coleta, as unidades de triagem, reciclagem, tratamento e disposição final desses resíduos, bem como os consórcios públicos e os acordos setoriais envolvidos nesse processo (SINIR+, 2023).

Entre as entidades gestoras cadastradas no SINIR, tem-se a *Green Eletron*, uma gestora sem fins lucrativos de logística reversa de EE e pilhas. Ela foi criada em 2016, e possui mais de 8 mil pontos de coleta em todo o país e que reciclou 4,6 mil toneladas de REE e pilhas em 2022 no Brasil (*Green Eletron*, 2023). Dessa forma, a *Green Eletron* tem por objetivo realizar o recebimento e o armazenamento adequados dos resíduos coletados e fazer o transporte dos pontos de recebimento até os pontos de consolidação ou destinação final ambientalmente adequados, visando à reutilização, reciclagem, recuperação ou disposição final (SINIR+, 2023).

Com relação à conscientização da população e à carência de infraestrutura e de tecnologia adequada para o processamento dos REE, ainda são problemas que continuam a persistir. Para minimizar o descarte inadequado e trabalhar a importância do descarte ambientalmente adequado, devem-se implementar campanhas de educação ambiental para aumentar as taxas de entregas dos EE e minimizar o descarte incorreto.

Com relação à carência de infraestrutura e de tecnologia adequada para o processamento dos REE, é necessário o desenvolvimento de parcerias público-privadas para estimular pesquisas que possibilitem o reaproveitamento dos componentes eletrônicos.

3.2 Mapeamento sistemático de literatura: quais são as propostas para melhorar o reaproveitamento de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Para as propostas mais relevantes para o reaproveitamento de REE no Brasil, foram escolhidos 2 artigos científicos que se destacaram pela sua contribuição para o tema. Os estudos escolhidos para leitura estão listados no Quadro 3.

Quadro 3: Publicações que selecionaram as propostas para melhoria do reaproveitamento de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Ano	Revista	Autores	Títulos
2022	<i>Environmental Technology & Innovation</i>	Santos, Ogunseitán	<i>E-waste management in Brazil: challenges and opportunities of a reverse logistics model</i>
2022	<i>Cleaner Waste Systems</i>	Dias, Palomero, Cenci, Scarazzato, Bernardes	<i>Electronic waste in Brazil: generation, collection, recycling and the covid pandemic</i>

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

As propostas mais relevantes para o reaproveitamento de REE no Brasil são:

- Implementar um modelo de economia circular que estimula a recuperação de materiais valiosos do REE e reduz o impacto ambiental do descarte desses resíduos (DIAS, *et al.*, 2022).
- Melhorar a coleta de dados e monitoramento da geração, coleta e reciclagem de REE para avaliar a eficácia dos regulamentos existentes e identificar lacunas e oportunidades (DIAS, *et al.*, 2022).
- Promover a formalização e a profissionalização dos catadores de REE, principalmente os de pequeno e médio porte, para melhorar suas condições de trabalho e desempenho ambiental (DIAS *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022).
- Desenvolver capacidade local para recuperar materiais finais valiosos do REE, como ouro, prata e elementos de terras raras, ao invés de exportá-los para outros países (DIAS, *et al.*, 2022).
- Aumentar a conscientização e a educação de consumidores e produtores sobre os benefícios e desafios da reutilização e reciclagem de REE (SANTOS *et al.*, 2022).

A economia circular é um conceito estratégico que busca a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Ela visa diminuir a disposição desses resíduos e, conseqüentemente, a extração de novas matérias primas, o objetivo e a reinserção desses materiais que seriam descartados de volta ao processo produtivo, agregando valor novamente ao produto (CIRCULAR, 2017; FERREIRA, 2022)

No Brasil, tem-se diversas empresas que trabalham com a reciclagem de REE, mas ainda persistem muitos desafios e precisa de muito investimento e incentivos. Algumas das empresas brasileira que fazem a reciclagem do REE e se destacam nesse segmento são:

“Reciclo Inteligência Ambiental”, que fica situada na cidade de São Paulo, SP, tem ênfase em logística reversa de EE e existe desde 2004. É uma empresa social que atua na coleta, triagem, desmontagem e destinação final de REE, gerando renda para cooperativas de catadores

e promovendo a inclusão social e a educação ambiental (AMBIENTAL, 2023). E-lixo, que está atuando desde 2010 e trabalha com reciclagem de REE (E-LIXO, 2023).

Existe também a “Recicladora Urbana” (ReUrbi), que fica em Jacareí, SP, que é uma *startup* que desenvolveu uma tecnologia para separar metais presentes nos REE por meio de um processo químico sustentável, sem gerar emissões ou rejeitos. A empresa foi fundada em 2012, e é especializada em logística e manufatura reversa nos descartes de EE de informática e telecomunicações; são engajados no compromisso da economia circular (ReUrbi, 2023).

Algumas iniciativas que vêm sendo realizadas e visam melhorar o reaproveitamento de REE no Brasil são:

O Programa “Programa ReciclaTech”, que foi criado em 2018 pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), que tem como objetivo implantar um sistema de logística reversa de REE em todo o país, envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores (ABINEE, 2023).

O “Projeto E-lixo Maps”, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi lançado em 2010, que consiste em um aplicativo que mapeia os pontos de coleta de REE em diversas cidades brasileiras, informando o tipo de material aceito e o horário de funcionamento (EGOV UFSC, 2023).

3.3 Mapeamento sistemático de literatura: qual linha de resíduo eletroeletrônico de acordo a classificação segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial é mais gerado no Brasil

Com relação às linhas de EE, foram escolhidos 3 artigos científicos que se destacaram pela sua contribuição para o tema e um relatório da *Green Eletron*. Os estudos escolhidos para leitura estão listados no Quadro 4.

Quadro 4: Publicações que selecionaram as linhas de equipamentos eletroeletrônico que mais são geradas e recicladas no Brasil

Ano	Revista	Autores	Títulos
2017	<i>Environmental Science and Pollution Research</i>	Azevedo, Araújo, Lararinhos, Tenório, Espinosa	<i>E-waste management and sustainability: a case study in Brazil</i>
2017	Revista Brasileira de Geografia Física	Vieira, Cappellesso, Guarnieri, Alfinito, Camara e Silva	Diferença dos hábitos dos consumidores por tipo de resíduos eletroeletrônicos e o conhecimento da política nacional de resíduos sólidos (PNRS)
2021	<i>Green Eletron</i>	<i>Green Eletron</i>	Resíduos eletrônicos no Brasil - 2021
2022	<i>Sustainability</i>	Guarnieri, Vieira, Cappellesso, Alfinito, Silva	<i>Analysis of habits of consumers related to e-waste considering the knowledge of Brazilian national policy of solid waste: a comparison among white, green, brown and blue lines</i>

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Durante o mapeamento sistemático da literatura, foi possível verificar que a linha de REE mais gerada no Brasil é a linha verde, seguida da linha marrom (VIEIRA *et al.*, 2017; GUARNIERI *et al.*, 2022).

Segundo o relatório Resíduos Eletrônicos no Brasil de 2021, que realizou uma pesquisa com consumidores brasileiros de EE, constatou-se que os produtos mais consumidos foram celulares, *notebooks* e *tablets*, que são equipamentos de pequeno porte que pertencem à linha verde. O estudo do Guarnieri *et al.* de 2022 também constatou que os produtos mais descartados foram celulares, *notebooks* e *tablets* (linha verde).

A linha de REE mais reciclado no Brasil inclui *desktops*, celulares, *laptops*, que pertencem à linha verde (AZEVEDO *et al.*, 2017).

Algumas iniciativas que vêm sendo realizadas em empresas que atualmente mais vendem celulares, *notebooks* e *tablets* no Brasil e visam melhorar a reciclagem de REE da linha verde no Brasil são:

A Samsung tem o programa “Samsung recicla”, que existe desde 2017, oferecendo descarte gratuito e ecologicamente correto para produtos EE de qualquer marca, em parceria com a *Green Eletron*. A população pode descartar seus produtos de pequeno porte, como celulares e *tablets*, em uma das urnas de coleta localizadas nas assistências técnicas autorizadas ou nas lojas Samsung. As pessoas também podem participar do programa “Troca Smart”, que permite trocar seu *smartphone*, *tablet* ou *smartwatch* usados por descontos na compra de um novo produto. O programa encaminha os celulares e *notebooks* coletados para prestadores de serviço qualificados e licenciados pelos principais órgãos ambientais, que realizam a triagem, a desmontagem, a separação e a reciclagem dos componentes eletrônicos. Os materiais reciclados são direcionados de volta para a cadeia produtiva. Segundo o site da empresa, o programa coletou mais de 1.500 toneladas de REE no Brasil desde 2017, sendo que 70% desse volume foi coletado em 2022 (SAMSUNG, 2023).

A Apple tem iniciativas a pelo menos seis anos de reciclagem de celulares, *notebooks*, *tablets* e outros produtos da marca. As pessoas podem reciclar qualquer dispositivo Apple em uma das duas lojas da Apple em São Paulo ou no Rio de Janeiro, ou enviar o seu aparelho para a empresa parceira da Apple no Brasil, a Solví Essencis Soluções Ambientais, que realiza a reciclagem de forma gratuita e responsável. A população também pode trocar seu dispositivo Apple usado por um desconto na compra de um novo produto Apple (APPLE, 2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática da literatura revelou que o Brasil enfrenta diversos desafios para gerenciar adequadamente os REE, que são uma fonte potencial de poluição ambiental e de recuperação de materiais valiosos. Entre os principais obstáculos, destacam-se a falta de conscientização da população sobre a importância do descarte correto dos REE, a carência de infraestrutura adequada para a coleta e o tratamento dos resíduos, a ausência de fiscalização e a dificuldade de implementar um sistema de logística reversa eficiente. Esses fatores comprometem o desenvolvimento de uma economia circular, que visa reduzir o consumo de recursos naturais e aumentar a reutilização e a reciclagem dos REE.

Diante desse cenário, algumas propostas foram apresentadas para melhorar o gerenciamento dos REE no Brasil, tais como aprimorar o levantamento de dados sobre a geração e a destinação dos resíduos, incentivar a capacitação dos agentes envolvidos na cadeia produtiva dos REE, especialmente os coletores informais, desenvolver a capacidade local para recuperar os materiais estratégicos presentes nos REE, como metais preciosos, e promover o conhecimento da população em geral sobre os benefícios ambientais, sociais e econômicos do descarte e da reciclagem dos REE.

A revisão também mostrou que os tipos de REE mais produzidos no Brasil são os verdes (equipamentos de informática e telecomunicações) e os marrons (equipamentos de áudio e vídeo), sendo que os verdes apresentam uma maior taxa de reciclagem do que os marrons. No entanto, ainda há uma grande quantidade de REE que não é reciclada ou que é reciclada de forma inadequada, gerando riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Portanto, conclui-se que o Brasil precisa avançar na gestão dos REE, buscando soluções integradas e sustentáveis que envolvam todos os atores da sociedade. Para trabalhos futuros, recomenda-se abordar o potencial dos REE como fonte de matérias-primas estratégicas e sua importância econômica e ambiental. Além disso, sugere-se realizar estudos comparativos com outros países que possuem experiências bem-sucedidas na gestão dos REE, a fim de identificar as melhores práticas e as lições aprendidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE. Abinee - **Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica**. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/>. Acesso em: 30 dez. 2023.

ABRELPE - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS**. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ABDI - **AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília, DF, 2013.

ALMEIDA, M. de S. **Elaboração de projeto, TCC, dissertação e tese: uma abordagem simples, prática e objetiva**. São Paulo: Atlas, 2011.

AMBIENTAL, Reciclo Inteligência. **Estamos prontos para atender a sua empresa**. 2023. Disponível em: <https://gruporeciclo.com/sobre-grupo-reciclo/>. Acesso em: 26 jun. 2023.

AMBIENTE, Ministério do Meio. **Decreto aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2022/abril/decreto-aprova-o-plano-nacional-de-residuos-solidos>. Acesso em: 29 maio 2023.

APPLE. **Meio Ambiente**. 2023. Disponível em: <https://www.apple.com/br/environment/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT). **Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa, 2012**.

AZEVEDO, Luís Peres *et al.* E-waste management and sustainability: a case study in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 25221-25232, 2017.

BRASIL. Decreto nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a organização básica da Presidência da República e dos Ministérios. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jan. 2022. Seção 1, p. 1-3. Disponível

em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-335425103>. Acesso em: 14 Junho 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

CARDOSO, Fabiana Barcelos da Silva. **A base legislativa ambiental e introdução da logística reversa como um instrumento para minorar o impacto dos resíduos sólidos eletrônicos**, em Caxias do Sul - RS. 2013. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental). Universidade de Caxias do Sul, 2013.

CAUMO, Mateus. Resíduos eletroeletrônicos: produção, consumo e destinação final. **Maiêutica-Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, 2013.

CHAKRABORTY, Paromita *et al.* Passive air sampling of PCDD/Fs, PCBs, PAEs, DEHA, and PAHs from informal electronic waste recycling and allied sectors in Indian megacities. **Environmental science & technology**, v. 55, n. 14, p. 9469-9478, 2021.

CIRCULAR, Fundación Economía. Economía circular. **Apoyar el cambio hacia una economía eficiente en el uso de los recursos**, 2017.

DA SILVA, Natália Rafaela Nascimento; DINIZ, Michely Correia. Gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) nas instituições de ensino superior (IES). **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, p. 21-40, 2023.

DE ALMEIDA FIGUEIREDO, Elisabeth; NASCIMENTO, Lucio Fabio Cassiano. Resíduos sólidos e a responsabilidade ambiental Solid waste and environmental responsibility. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 114642-114659, 2021.

DE BRITO MORIGI, Josimari. A IMPORTÂNCIA DAS COOPERATIVAS DE RECICLAGEM NA CONSOLIDAÇÃO DOS CANAIS REVERSOS DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: Um Estudo Sobre Uma Cooperativa de Reciclagem Localizada em Maringá-PR. **Perspectivas Contemporâneas**, v. 13, n. 1, p. 135-154, 2018.

DIAS, Pablo *et al.* Electronic waste in Brazil: Generation, collection, recycling and the covid pandemic. **Cleaner Waste Systems**, v. 3, p. 100022, 2022.

EGOV UFSC. **Projeto com o Google Maps**. Disponível em: <https://egov.ufsc.br/portal/conteudo/projeto-com-o-google-maps>. Acesso em: 30 dez. 2023.

E-LIXO. **NÃO JOGUE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS NO LIXO SEM ANTES FALAR CONOSCO!** 2023. Disponível em: <https://www.e-lixo-rj.com.br/>. Acesso em: 26 jun. 2023.

FERREIRA, Leonardo Alves. **RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS: DIAGNÓSTICO DO DESCARTE E MANEJO NO MUNICÍPIO DE LONDRINA (PR)**. 2022. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

FORTI, Vanessa *et al.* **The Global E-Waste Monitor 2020**. Quantities, Flows, and the Circular Economy Potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) - cohosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. 120 p. Available at: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf. Acesso em: 20. Jul. 2023

FRANZOLIN, Cláudio José. Planned obsolescence resulting from electrical and electronic equipment: Waste rights and Brazil's national solid waste policy. **Sustainable Consumption: The Right to a Healthy Environment**, p. 463-477, 2020.

GUARNIERI, Patricia; E SILVA, Lucio Camara; LEVINO, Natallya A. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1105-1117, 2016.

GUARNIERI, Patricia *et al.* Analysis of Habits of Consumers Related to e-Waste Considering the Knowledge of Brazilian National Policy of Solid Waste: A Comparison among White, Green, Brown and Blue Lines. **Sustainability**, v. 14, n. 18, p. 11557, 2022.

GREENELETRON. **Green Eletron recicla mais de 4,6 mil toneladas de eletroeletrônicos e pilhas no Brasil em 2022.** 2023. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/green-eletron-recicla-mais-de-46-mil-toneladas-de-eletoeletronicos-e-pilhas-no-brasil-em-2022/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GREEN ELETRON. **Resíduos eletrônicos no Brasil - 2021.** Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.

HARRIS, John. **Planned obsolescence: the outrage of our electronic waste mountain.** 2020. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2020/apr/15/the-right-to-repair-planned-obsolescence-electronic-waste-mountain>. Acesso em: 29 maio 2023.

KIDDEE, Peeranart; NAIDU, Ravi; WONG, Ming H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**, v. 33, p. 1237-1250, 2013.

KITCHENHAM, B., 2007, Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, **Technical Report** EBSE-2007-01, Department of Computer Science Keele University, Keele.

MENDES, João Múcio Amado. **Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto na cadeia de resíduos eletroeletrônicos.** 195f. Tese (Doutorado em Direito). Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

MONTEIRO, Viviane. **Does the planned obsolescence influence consumer purchase decisions? The effects of cognitive biases: bandwagons effect, optimism bias on consumer behavior,** em São Paulo – SP, 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão para a competitividade). Faculdade Getúlio Vargas, 2018

NÓBREGA, Patrícia Brito Souza da *et al.* **Mapeamento dos resíduos eletroeletrônicos em um hospital público: inventário e a logística reversa,** em João Pessoa – PB. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, 2018.

REURBI. **Reciclar, Redefinir, Renovar.** 2023. Disponível em: <https://reurbi.com.br/quem-somos/>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ROSSINI, Valéria; NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.

SAMSUNG. **Samsung Recicla.** 2023. Disponível em: <https://www.samsung.com/br/support/programa-reciclagem/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

SANTOS, Simone Machado; OGUNSEITAN, Oladele A. E-waste management in Brazil: Challenges and opportunities of a reverse logistics model. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 102671, 2022.

SINIR+. **Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.** 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/eletroeletronicos/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SINIR. **Sobre o SINIR.** 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

SOLER, Fabricio. **Novo regulamento da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2022. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-jan-25/fabricio-soler-politica-nacional-residuos-solidos>. Acesso em: 29 maio 2023.

TOLEDO, Demétrio. A política nacional de resíduos sólidos e a indústria. In: II CONGRESSO PERNAMBUCANO DE TRABALHO SEGURO, 2015, Recife. **APNRS E A INDÚSTRIA.** Recife: Trt-Pe, 2015. p. 1-28. Disponível em: https://www.trt6.jus.br/portal/sites/default/files/documents/a_politica_nacional_de_residuos_solidos.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.



VIEIRA, B. O. *et al.* Diferença dos hábitos dos consumidores por tipo de resíduos eletroeletrônicos e o conhecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 5, p. 1709-1726, 2017. Disponível em:
<http://anpad.com.br/uploads/articles/120/approved/228e338fddcdf62a8065110d0b5f87fb.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2023.