

Aspectos socioambientais e socioeconômicos em produções nacionais sobre lixo eletrônico

Socio-environmental and socioeconomic aspects in national productions on electronic waste

Talita Fraguas

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PPGFCET
talitafra1@gmail.com

Yasmin Lima de Jesus

Universidade Estadual Paulista ‘Júlio Mesquita Filho’ – UNESP
yasmin.l.jesus@unesp.br

Lizete Maria Orquiza de Carvalho

Universidade Estadual Paulista ‘Júlio Mesquita Filho’ – UNESP
lizete.orquiza-carvalho@unesp.br

Noemi Sutil

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PPGFCET
noemisutil@utfpr.edu.br

João Amadeus Pereira Alves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PPGFCET
joaoalves@utfpr.edu.br

Resumo

O presente estudo consistiu em realizar um levantamento bibliográfico do que tem sido publicado sobre lixo eletrônico no Brasil, principalmente, no que se refere ao Ensino de Ciências, abrangendo as teses e dissertações acerca da temática utilizando a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), artigos em revistas de educação ou ensino com Qualis A1 e A2 e reportagens. Os dados foram constituídos por meio de uma pesquisa bibliográfica do tipo estado da arte e envolveram análise de conteúdo. O *corpus* de análise consistiu em 17 trabalhos: 2 teses, 13 dissertações e 2 artigos. Quanto à distribuição dessas pesquisas por região, identificou-se maior incidência na região Sudeste, seguida da região Sul e Nordeste. Evidenciou-se a necessidade de ampliação de pesquisas que envolvam a discussão do “lixo eletrônico”, a fim de possibilitar a abordagem da temática. Além disso, destaca-se a necessidade da divulgação de informações para conscientização da população em geral sobre o tema e o descarte ambientalmente adequado desses resíduos.



Palavras chave: lixo eletrônico, questões controversas, equipamentos eletrônicos.

Abstract

The present study consisted of conducting a bibliographic survey of what has been published on electronic waste in Brazil, mainly about science teaching, covering theses and dissertations on the subject using the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), articles in education or teaching journals with Qualis A1 and A2 and reports. The data were constituted through state-of-the-art bibliographic research and involved content analysis. The *corpus* of analysis consisted of 17 papers: 2 theses, 13 dissertations, and 2 articles. Regarding the distribution of these studies by region, a higher incidence was identified in the Southeast region, followed by the South and Northeast regions. It was evidenced the need to expand research involving the discussion of "electronic waste", to enable the approach of the theme. In addition, we highlight the need to disseminate information to raise awareness among the general population about the theme and environmentally appropriate disposal of these residues.

Key words: electronic waste, controversial issues, electronic equipment.

Introdução

Originada na China, a pandemia da COVID-19 estabeleceu novos hábitos de vida. Em consequência, trabalho, educação e diversão deslocaram-se para as residências, fazendo-se necessária a utilização de equipamentos eletrônicos. Nota-se que, devido à dependência desses equipamentos, eletrônicos, ocorreu a substituição de muitos deles (ÁVILA, 2020). Em decorrência de todos esses acontecimentos aumentou também a produção de lixo eletrônico. Conforme o relatório produzido por Forti et al. (2020) "*The Global E-waste Monitor 2020*" podemos conceituar o lixo eletrônico, também chamado de e-lixo, como um tipo de produto eletroeletrônico que o proprietário não tem mais a finalidade de utilizá-lo, além de materiais que contenham circuitos, componentes elétricos e ou empreguem baterias ou pilhas para funcionar.

Conforme aponta Garcia (2014) com a obsolescência programada e com o incentivo ao consumo com as propagandas cada vez mais evidentes e tentadoras na mídia, houve de fato um consumo exacerbado desses equipamentos movimentando a economia no primeiro momento. Por outro lado, parte desses consumidores devido à pandemia perderam seus empregos e, por conseguinte, se endividaram, ocasionando muitas controvérsias. Assim, a obsolescência programada ou planejada está presente em todos os equipamentos eletrônicos e foi implantada recentemente. O referido autor define a obsolescência programada como "uma estratégia de empresas que programam o tempo de vida útil de seus produtos para que durem menos do que a tecnologia permite" (GARCIA, 2014, p. 1).

Parte dos equipamentos eletrônicos que foram substituídos ou melhorados tiveram como destinação a venda para terceiros ou doação para alunos carentes de escolas públicas do país (G1, 2020), porém o restante foi descartado e encaminhado diretamente para os aterros sanitários ocasionando diversos problemas ao meio ambiente, aos indivíduos que trabalham nesses locais e para toda a biota. Em decorrência desse consumo e da substituição dos equipamentos eletrônicos, houve um aumento significativo na produção de lixo eletrônico,

tanto que o Brasil alterou a sua classificação na produção desses insumos e de 7º passou para o 5º lugar (GREEN ELETRON, 2021), subindo significativamente no ranking e elevando os problemas de cunho social e ecológico no país (Figura 1).

Figura 1: países que mais produzem e-lixo



Fonte: Green eletron (2021).

Desta forma, Calvão et al. (2009) apontam tanto a necessidade de redução do consumo exacerbado como o descarte ambientalmente adequado de equipamentos. Já Leff (2002) alerta para a necessidade da racionalidade humana, voltado à sustentabilidade com equilíbrio no consumo. No geral o lixo eletrônico apresenta controvérsias e pode ser abordado no campo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no âmbito do Ensino de Ciências, remetendo às vertentes evidenciadas por Pedretti e Nazir (2011): 1) aplicação/ design; 2) histórica; 3) raciocínio lógico; 4) centrada em valores; 5) sociocultural; 6) justiça social e ambiental. Compreende-se que as vertentes explicitadas por Pedretti e Nazir (2011) são essenciais para o processo de ensino-aprendizagem, porém todas apresentam problemas intrínsecos. A primeira delas, por exemplo, traz como problemática a dependência da ciência pela tecnologia, porém ressalta-se que os equipamentos tecnológicos estão sujeitos a problemas técnicos, quedas de energia elétrica, bem como podem ser invadidos por hackers. A segunda emerge da problemática em que a ciência está descontextualizada; é fato que as aulas de ciências da natureza apresentam-se fora do contexto escolar conforme explicita. A terceira vertente acarreta uma problemática abrangente na qual somente são aceitos aspectos epistemológicos, já os valores não possuem reconhecimento. Nesse ínterim valores morais, éticos e ambientais podem ser omitidos. A quarta resulta de uma problemática que estabelece valores globais, nesse sentido apresenta inúmeros desafios devido aos diversos tipos de culturas, religiões e costumes locais. Já a quinta vertente motiva a desvalorização do conhecimento científico devido a culturas diferenciadas. A última vertente faz alusão à problemática referente à padronização da sociedade, em que se destaca que vivemos em uma sociedade em que existem padrões culturais distintos e esses devem ser respeitados e não impostos, daí a importância de discutir temas controversos em sala de aula. A problemática relativa ao lixo eletrônico perpassa todas as vertentes, sendo tema profícuo no Ensino de Ciências.

Portanto, o presente estudo consistiu em realizar um levantamento bibliográfico do que tem sido publicado sobre lixo eletrônico no Brasil, principalmente, no que se refere ao Ensino de Ciências, abrangendo teses e dissertações sobre a temática por meio do acesso à Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), artigos em revistas de educação ou ensino com estrato *WebQualis* A1 e A2 e reportagens dos principais sites de notícias.



As mudanças no modo de vida e o consumo de equipamentos eletrônicos

Com o avanço da pandemia no mundo, muitos hábitos de vida foram modificados, inclusive na população brasileira. Para atenuar a proliferação do vírus em conformidade com a Organização Mundial da Saúde (2020), fez-se necessária a utilização da máscara, a higienização das mãos, a vacinação da população e medidas de isolamento social. Com a finalidade de evitar a aglomeração em ambientes fechados iniciaram-se medidas de isolamento. Então, o trabalho e a educação deixaram de ser presenciais e passaram a ocorrer de forma remota, também denominado *home office* e *homeschooling*. Poucas foram as atividades que permaneceram na modalidade presencial, a exemplo de serviços essenciais (supermercados, farmácias, postos de gasolina, restaurantes, padarias etc.). Isso ocorreu também nas escolas e nas universidades, tanto nas públicas quanto nas privadas, em todas as modalidades de ensino desde a Educação Infantil até os cursos de Pós-Graduação a nível de Mestrado e Doutorado.

Ávila (2020) menciona que para se adaptar ao trabalho em casa e às aulas à distância foram comprados muitos equipamentos eletrônicos como set, teclado e câmera, e que essas pessoas não haviam se programado financeiramente para a compra desses. Tamanha movimentação no comércio elevou a venda de computadores em 17%, comparativamente ao ano anterior, mesmo com os preços aproximadamente 20% mais elevados (HILDEBRAND, 2021).

Em meados do século passado, Adorno (1971) denunciou a cultura de massas, fenômeno este que se aprofundou cada vez mais com a expansão das mídias, tendo sido agravado com a internet, a popularização dos equipamentos eletrônicos e os smartphones, cujas características são altamente direcionadas aos indivíduos e permitem a seleção de propagandas e conteúdo de preferência do sujeito. Com este direcionamento, a cultura de massas está cada vez mais evidente na sociedade o que dificulta a redução do consumo exacerbado. A escola pode problematizar essas questões de modo a questionar esse sistema, demonstrando aos estudantes a importância de consumir apenas o que é necessário. Nesse sentido, Zeidler, Herman e Sadler (2019) apontam a necessidade de discussões no Ensino de Ciências para que o indivíduo se posicione em certas situações, associando sensibilidade, ética, argumentação e julgamento reflexivo.

Existem dados que constatarem o aumento efetivo do consumo de equipamentos eletrônicos no Brasil em pouco tempo. De acordo com o relatório *The Global E-Waste Monitor 2020* de Forti et al. (2020), o Brasil ocupa a 5ª posição na produção de lixo eletrônico e submerge neste ranking para a China, Estados Unidos, Índia e Japão. Com esses dados percebe-se que são necessárias medidas urgentes de gerenciamento desses resíduos eletrônicos para mitigar os danos ao meio ambiente e a toda biota. Forti et al. (2020) apontam que o problema não é somente nacional e sim de amplitude mundial, além disso, revelam que alguns países desenvolvidos transferem a responsabilidade, ou seja, enviam este lixo para os países em desenvolvimento, a exemplo de países localizados no continente africano e na América latina.

De acordo com *The Global E-Waste Monitor 2020*, em 2019 foram produzidos 53,6 milhões de toneladas de lixo eletrônico no mundo, enquanto que em 2020 houve um aumento na produção de lixo eletrônico em 21%. Este relatório aponta que se não frearmos o nosso consumo de eletrônicos, a tendência é que até 2030 esse tipo de resíduo dobre tal quantitativo. Outro fato destacado pelo *The Global E-Waste Monitor 2020* expressa que tem havido pouca reciclagem deste material. Em 2017 foram reciclados apenas 17,6% desses resíduos, com o descarte de ouro, prata e outros metais necessários para a produção desses equipamentos, ou seja, descartou-se aproximadamente 57 milhões de dólares (FORTI et al., 2020).

Caso tal material fosse enviado à reciclagem poderia poupar a extração de matéria prima da

natureza, reduzindo drasticamente os impactos ao meio ambiente. Porém, para realização desse processo demanda elevado custo às empresas da cadeia de reciclagem e o processo é demorado. Desse modo, as indústrias optam por retirar essa matéria prima direto da natureza sob a justificativa de mais fácil operacionalidade.

A *The Global E-Waste Monitor 2020* indica que a humanidade não está implementando suficientemente os objetivos de desenvolvimento sustentável e que são necessários esforços maiores para garantir um consumo desses equipamentos de forma mais consciente (FORTI et al., 2020). Outro problema em decorrência da produção de lixo eletrônico é a contaminação por crianças e mulheres, tanto que a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) publicou recentemente uma reportagem com destaque à severidade dessa problemática:

Enquanto isso, mais de 18 milhões de crianças e adolescentes, alguns com apenas cinco anos de idade, estão ativamente engajados no setor industrial informal, do qual o processamento de resíduos é um subsetor. As crianças são frequentemente envolvidas pelos pais ou responsáveis na reciclagem de lixo eletrônico porque suas mãos pequenas são mais hábeis do que as dos adultos. Outras crianças vivem, vão à escola e brincam perto de centros de reciclagem de lixo eletrônico, onde altos níveis de produtos químicos tóxicos, principalmente chumbo e mercúrio, podem prejudicar suas habilidades intelectuais (OPAS, 2021, p. 1).

A OPAS (2021, p. 1) também assinala que “as crianças expostas ao lixo eletrônico são mais vulneráveis aos produtos químicos devido ao seu tamanho que é menor, órgãos menos desenvolvidos e ritmo acelerado de crescimento”. A organização explica que “as crianças absorvem mais poluentes em relação ao seu tamanho e são menos capazes de metabolizar ou eliminar substâncias tóxicas de seus corpos” (OPAS, 2021, p. 1). De tal modo com todos esses problemas evidenciados atina-se a necessidade pela conscientização individual e coletiva acerca da produção, do consumo e do descarte desses equipamentos eletrônicos para que possam ser aplicadas medidas de sustentabilidade evitando os impactos ambientais irreversíveis, como, as alterações climáticas. Assim, Santos e Mortimer (2001, p. 103) afirmam que a Educação Ambiental pautada no processo de tomada de decisão “visaria a formação de valores e atitudes para o desenvolvimento sustentável, o que contrasta com os valores consumistas que imperam na sociedade atual”.

Metodologia

Com o intuito de constituição de dados sobre a produção de lixo eletrônico no Brasil, foi realizado um levantamento das publicações acerca da temática no que se refere ao Ensino de Ciências e outras áreas, constituindo um estado da arte (ROMANOWSKI; ENS, 2006), utilizando a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no período de 2018 a 2022, artigos em revistas de educação ou ensino com Qualis A1 e A2 na Plataforma Sucupira e reportagens que apresentassem dados atualizados, sem recorte temporal.

Para realização das buscas empregou-se os seguintes termos: “lixo eletrônico” e “e-lixo”. Como critérios para seleção dos artigos na Plataforma Sucupira utilizaram-se trabalhos de revistas com Qualis A1 e A2 que apresentam título na língua portuguesa, sendo excluídos periódicos que se apresentam em língua estrangeira, pois o presente artigo refere-se ao lixo eletrônico no contexto da realidade nacional. Por sua vez, para a seleção de teses e dissertações elegeu-se, no primeiro momento, as que tratavam de maneira direta da temática. Em seguida, excluíram-se as que não tinham relação direta com o tema. Além disso, foram consideradas reportagens sobre

os dados da produção do lixo eletrônico, já apresentada nas primeiras sessões deste artigo. Com isso, o *corpus* da pesquisa foi selecionado. Após a efetuação das buscas realizou-se a leitura dos resumos dessas publicações para a constituição dos dados, identificando aspectos de cunho socioambiental e socioeconômico.

Os dados foram analisados por meio da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016). A pré-análise é constituída pela organização das informações armazenadas, com o desígnio de agrupá-las; perdurou-se a leitura flutuante para efetivar escolhas, focando-se nos artigos com informações acerca de aspectos socioambientais e socioeconômicos sobre o lixo eletrônico. A exploração das produções levou a produzir as unidades de registro que são implementadas a partir de unidades de significação, que correspondem a menor porção de conteúdo, considerada unidade de base, o que permite a sua categorização em diversas dimensões. Portanto, as categorias de análise são: **aspectos socioambientais** e **aspectos socioeconômicos**.

Resultados e Discussões

Com a intenção de constituição de dados, as pesquisas da BDTD foram classificadas por áreas organizadas por teses, dissertações e produtos (Quadro 1). Por sua vez, os artigos presentes nas revistas, apresentados no Quadro 2, seguem a ordem alfabética, contemplando a sua classificação na Plataforma Sucupira com o Qualis Capes 2013-2016. Admite-se o tratamento, inferência e interpretação dos dados, amparado pela literatura utilizada no referencial teórico adotado neste estudo.

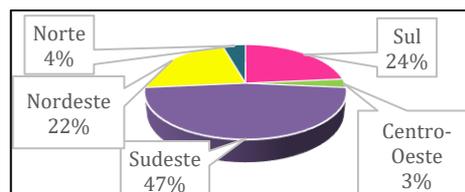
Quadro 1: Teses e dissertações BDTD (2018-2022).

Documentos	Teses	Dissertações	Produtos
Engenharia	6	12	0
Saúde	3	7	0
Planejamento e administração	0	7	0
Ensino e educação	7	13	2
Ciências e tecnologias em saúde	0	2	0
Desenvolvimento e meio ambiente	0	3	0
Agroquímica e agrossistema	1	2	0
Tecnologia	1	0	0
Total	18	46	2

Fonte: Autores (2022).

Cabe ressaltar que dois trabalhos foram descartados da análise, um pelo fato de ter aparecido como tese e dissertação e outro trabalho por estar disponível ao público futuramente. Essas pesquisas foram organizadas concernentes à vinculação institucional a partir de suas regiões, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Trabalhos da BDTD por região.



Fonte: Autores (2022).

Quanto aos dados das buscas realizadas em periódicos, foram selecionadas 46 revistas que apresentam o nome na língua portuguesa, dessas foram encontrados apenas 2 artigos que

contemplam o lixo eletrônico (Figura 3). Com isso, nota-se uma escassez de artigos dessa temática nas revistas com os Qualis Capes selecionados, isso acomete na necessidade de mais pesquisas nesse âmbito, principalmente no que se refere à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Desses trabalhos, foram selecionados 17 que tratavam de forma direta sobre o tema, sendo 2 teses, 13 dissertações e 2 artigos.

Figura 3: Artigos em periódicos Qualis A1 e A2 Plataforma Sucupira¹.



Fonte: Autores (2022).

Aspectos socioambientais

Em relação aos aspectos socioambientais, em suas pesquisas, Fraguas (2019), Oliveira Neto (2019), Oliveira (2019), Sadalla (2019), Vieira (2019), Fraguas e Gonzalez (2020), Silva (2020), Rocha (2020), Meira (2021) e Silva (2021) apontam desafios para alcançar a sustentabilidade, considerando os incontáveis impactos ambientais com reflexos no âmbito social, econômico e na saúde humana, produzidos por nossa sociedade. A ocorrência de interações socioambientais ocorre devido à presença humana que, no que lhe concerne, causa impactos ao meio ambiente. Rieger (2018) amplia a denúncia de danos para a saúde humana, particularmente, no que se refere à exposição precoce em crianças. Nesse sentido, esses autores afirmam a necessidade de gerenciamento condizente com tratamentos adequados que minimizem significativamente possíveis danos à saúde da população e ao meio ambiente, pois apenas 20% desses resíduos são reciclados devido a sua complexidade. Portanto, Silva (2020) afirma que o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente devem ser considerados conjuntamente. Um fato importante ressaltado em parte considerável das pesquisas é o impacto dos diversos metais pesados, pois liberam substâncias com potencial de atingir o solo e o lençol freático (PACHECO, 2018; RIEGER, 2018; ALMEIDA, 2019; ANDRADE, 2019; OLIVEIRA NETO, 2019; VIEIRA, 2019; FRAGUAS; GONZALEZ, 2020; SILVA, 2020; ROCHA, 2020; SILVA, 2021). Em estudos de Andrade (2019), Fraguas (2019) e Sadalla (2019) esse impacto é expandido para o ar e Leite (2019) amplia a presença para o corpo humano. Outro aspecto, destacado por Silva (2020) e Silva (2021), refere-se a um maior aprofundamento nos estudos na área de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) no Brasil, além do investimento em programas educativos e segundo Rieger (2018) promover a conscientização da população. A legislação ambiental é contemplada em diversos desses estudos (ESTEVÃO; COSTA, 2016; MANDARINO, 2018; RIEGER, 2018; PACHECO, 2018; ANDRADE, 2019; FRAGUAS, 2019; OLIVEIRA NETO, 2019; OLIVEIRA, 2019; SADALLA, 2019; VIEIRA, 2019; FRAGUAS; GONZALEZ, 2020; ROCHA, 2020; SILVA, 2020; MEIRA, 2021; SILVA, 2021). Assim, Sadalla (2019) considera

¹ 1: Cadernos CEDES; Cadernos de Pesquisa; Ciência & Educação (Bauru); Educação & Realidade; Educação em Revista; Educação e Pesquisa; Educação e Sociedade; Educar em Revista; Pro-Posições; 2: Ambiente & Sociedade; Análise Social; Educação UFSM; Revista Brasileira de Ciências Sociais; 3: Revista Brasileira de Educação; Revista Brasileira de Ensino de Física; 4: Ciência e Cultura; Educação e Cultura Contemporânea; Educação Unisinos; Investigações em Ensino de Ciências; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Diálogo Educacional; Revista Educação em Questão; Revista Imagens da Educação; 5: Aurora, Revista de Arte, Mídia e Política; Revista Perspectiva; 6: Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas; Anais da Academia Brasileira de Ciências; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ensino em Re-Visita; Ensino, Saúde e Ambiente; Reflexão e Ação; Revista Atos de Pesquisa em Educação; Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Revista Cocar; Revista Contemporânea de Educação; Revista Contexto & Educação; Revista de Educação, Ciências e Matemática; Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Revista Eletrônica de Educação; Revista Praxis on line; Revista Tempos e Espaços em Educação; Trabalho & Educação; 7: Interface – Comunicação, Saúde, Educação; Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos; Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências.



a legislação ambiental essencial para a regularização de atividades humanas, de modo a haver menos impactos no ambiente e nas formas de vida. A importância de pesquisas e o ensino sobre sustentabilidade são considerados no estudo de Andrade (2019), Sadalla (2019), Silva (2020) e Meira (2021), ao destacarem a relevância do reuso de equipamentos eletrônicos e de práticas mais sustentáveis (MANDARINO, 2018). Fraguas e Gonzalez (2020) afirmam que para alcançar o descarte ambientalmente adequado é imprescindível o incentivo em ações que promovam Educação Ambiental. Sadalla (2019) enfatiza ser a educação fundamental para a promoção da conscientização da população e uma regulação mais eficiente. Já Andrade (2019) aponta para a necessidade de implementação de desenvolvimento sustentável. Em seu estudo, Meira (2021) defende o desenvolvimento de princípios éticos e de responsabilidade social, como fortalecimento da cidadania, a partir do olhar socioambiental no processo de descarte, contribuindo harmonicamente. De modo semelhante, Sadalla (2019) destaca a consideração de aspectos éticos que envolvem, dentre outros, a responsabilidade social, condições ambientais, estratégia organizacional e características das companhias e recursos humanos. Fraguas (2019) afirma a potencialidade da escola em promover uma ação emancipatória, mediando a consciência sobre formas de consumo mais sustentáveis, já Estevão e Costa (2016) apontam a necessidade de abordar o lixo eletrônico no Ensino de Ciências, pois esta temática é pouco discutida e a sociedade está em constante desenvolvimento. Portanto, Fraguas e Gonzalez (2020) afirmam ser dever social a busca por alternativas que contemplem soluções para a sociedade e o meio ambiente, podendo ocorrer por meio de: projetos, campanhas, propagandas que tratem do descarte adequado do lixo eletrônico.

Aspectos socioeconômicos

Para a produção de equipamentos eletrônicos faz-se necessária a extração de matéria-prima, como os recursos minerais, que causam diversos danos ao meio ambiente e à saúde da população, ocasionando problemas relativos a aspectos socioeconômicos, conforme evidencia Pacheco (2018), Rieger (2018) e Fraguas (2019). Andrade (2019) e Leite (2019) afirmam que o surgimento dos problemas ambientais está interligado às diferenças existentes entre a capacidade de regeneração natural e o ritmo da produção industrial, o que contribui com a ocorrência da devastação ambiental. Já Fraguas (2019) destaca que a deterioração ambiental se dá devido ao crescimento incontrolável da população, da revolução industrial e do consumo desenfreado. Tais aspectos são destacados por Estevão e Costa (2016), Mandarino (2018), Pacheco (2018), Rieger (2018), Almeida (2019), Andrade (2019), Fraguas (2019), Oliveira Neto (2019), Oliveira (2019), Sadalla (2019), Vieira (2019), Fraguas e Gonzales (2020), Silva (2020) e Silva (2021) ao relatarem mudanças sociais e econômicas que resultaram do momento histórico que marca a Revolução Industrial, do capitalismo, da influência da mídia, além da facilitação do poder de compra, reduzindo as desigualdades sociais, da alteração do design, da obsolescência programada e da promessa de economia que proporcionam os novos produtos estimulando o consumo. Como consequência, as atividades relativas à reciclagem são mais compassadas que a sua produção, sendo importante atribuir os deveres ao produtor e ao usuário no que se refere ao gerenciamento dos produtos na vida útil e limitações na utilização de substâncias tóxicas na sua produção (MANDARINO, 2018; RIEGER, 2018; ANDRADE, 2019; FRAGUAS, 2019; OLIVEIRA NETO, 2019; OLIVEIRA, 2019; SADALLA, 2019; FRAGUAS; GONZALEZ, 2020; SILVA, 2020; SILVA, 2021). Assim, a implementação de uma logística reversa é evidenciada (ESTEVÃO; COSTA, 2016; ANDRADE, 2019; FRAGUAS, 2019; OLIVEIRA NETO, 2019; SADALLA, 2019; VIEIRA, 2019; FRAGUAS; GONZALEZ, 2020; ROCHA, 2020; SILVA, 2020; MEIRA, 2021; SILVA, 2021).



Estevão e Costa (2016) demonstram que muitos metais são desperdiçados por não serem descartados de maneira ambientalmente adequada. Leite (2019) indica que a reciclagem de REEE é muito complexa devido à imensa quantidade de metais que o constituem. Cabe salientar que a extensão territorial nacional, bem como a carência de informações e fiscalização, comporta-se como dificultador da implementação dessa logística. Outra questão destacada por Oliveira Neto (2019) está relacionada à falta de informações confiáveis atinentes à geração dos REEE. Para o sucesso da logística, a construção de pontos de recebimento de REEE, bem como investimentos em empresas de reciclagem é de suma importância (SILVA, 2020; MEIRA, 2021; SILVA, 2021). Silva (2020) acentua a importância da redução de equipamentos eletrônicos descartados junto ao lixo comum. Deve ser potencializada a valorização da indústria de reciclagem local a partir da formação de catadores. No sentido do uso consciente de recursos naturais, esse autor indica a utilização da ferramenta *Design for Environment* (DFE) na criação de produtos com maior capacidade de reciclagem e reuso. Fraguas (2019), Oliveira Neto (2019), Sadalla (2019) e Meira (2021) denunciam os problemas relacionados à reciclagem clandestina com mão de obra barata, porém com grave potencial de contaminação em decorrência da presença de metais pesados nesses resíduos e a gravidade nos procedimentos de envio de quantidades exorbitantes de lixo eletrônico a países em desenvolvimento. Por um lado, Andrade (2019) traz o conceito de economia circular, já Fraguas (2019) e Meira (2021) enfatizam o custo elevado da implementação do descarte ambientalmente adequado. Sadalla (2019) demonstra que a solução para problemas relacionados à clandestinidade seria a formalização desses trabalhadores. Andrade (2019) afirma que o Brasil precisa desenvolver e alcançar inovações a partir de novos negócios circulares, com capacidade para tornar-se referência ao agregar valores sociais, econômicos e ambientais. Como alternativa para reduzir o descarte dos metais no meio ambiente, Oliveira (2019), em sua pesquisa, enfatiza a importância de incentivar o desenvolvimento de novas formas de recuperação, como a utilização das placas de circuito impresso, que podem ser normalmente descartadas no ambiente. Ainda destacam a criação de políticas que permitam uma boa infraestrutura, para que a coleta e o tratamento mais eficazes possam ser garantidos, corroborada por Mandarino (2018). No que lhe concerne, Meira (2021) determina ser importante a disseminação da ideia de negócios que sejam mais inclusivos, contemplando a responsabilidade social na atuação cidadã. Portanto, ressalta a importância da Convenção de Basileia quanto à importação e exportação de resíduos eletroeletrônicos que coíbe essa prática. O autor destaca ainda no que se refere à estrutura social, a necessidade de investimento público, a partir do conceito de bem comum e de novas relações entre setor público e privado, no processo de impulsionar o crescimento inclusivo e sustentável (Figura 4).

Figura 4: Principais aspectos socioambientais e socioeconômicos evidenciados nas publicações.



Fonte: Autores (2022).

Considerações finais

Nota-se que a quantidade de todos os tipos de resíduos produzidos está expandindo no decorrer dos últimos anos, devido às mudanças do hábito de vida da população em geral. No escopo de



solucionar essas dificuldades são necessárias políticas públicas sobre esses resíduos para mitigar os impactos ambientais no Planeta, como a fiscalização dessas políticas públicas com a finalidade de que essas leis sejam cumpridas. Outro fato que é de suma importância é responsabilizar os fabricantes desses equipamentos eletrônicos para que, dessa forma, busquem soluções com o desígnio de minimizar o descarte desses produtos no meio ambiente promovendo a reciclagem dos metais contidos, o que pode evitar a nova extração de matéria-prima da natureza na busca por sustentabilidade com a realização do descarte ambientalmente adequado desses equipamentos. É também importante que consumidores reflitam antes de adquirir e usar esses equipamentos. Cabe ressaltar que esses processos de produção perpassam por diversos aspectos sociais conflitantes. Desse modo, destaca-se a necessidade de constituir uma consciência individual e coletiva a respeito da utilização dos recursos naturais, para que esse uso seja atrelado à sustentabilidade, uma vez que tais recursos são finitos. Portanto, tais escolhas podem influenciar na disponibilidade desses às futuras gerações. Outra alternativa seria agenciar ações sociais que promovam doações de equipamentos eletrônicos, em bom estado, para as famílias carentes, contribuindo com o acesso digital por esses indivíduos, abrindo as fronteiras do conhecimento para todos e reduzindo as barreiras sociais. Por fim, este estudo aponta para a precisão, indispensável, de ampliação de pesquisas que envolvam “lixo eletrônico” no meio acadêmico. No que concerne ao Ensino de Ciências é imperativo discussões submergindo as controvérsias científicas com o intuito de mitigar os problemas atinentes ao e-lixo. Ainda, destaca-se a necessidade da divulgação de informações para a população em geral sobre o tema e o descarte ambientalmente adequado desses resíduos, além de ações que envolvam as Escolas da Educação Básica e Universidades.

Referências

ADORNO, T. W. A indústria cultural. In: COHN, Gabriel. **Comunicação e indústria cultural**. São Paulo: Nacional; Editora da Universidade de São Paulo, 1971.

ALMEIDA, D. Q. **A problematização do lixo eletrônico no ensino de química para o primeiro ano do ensino médio**. 2019. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) - Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém.

ANDRADE, J M. O de. **A gestão dos resíduos tecnológicos em Presidente Prudente/SP: um estudo baseado na visão da economia circular**. 2019. 113 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente.

ÁVILA, E. **Home office e ensino à distância aumentam vendas de aparelhos tecnológicos durante a pandemia**. 2020. Disponível em: < <https://shre.ink/1rc6> >. Acesso em: 10 maio 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. **Coronavírus: COVID-19**. 2020a, Disponível em: < <https://shre.ink/N1FiX> >. Acesso em: 11 maio 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

CALVÃO, A. M.; et al. **O Lixo Computacional na Sociedade Contemporânea**. In: I ENINED - Encontro Nacional de Informática e Educação, 2009, Cascavel. Anais do Encontro Nacional de Informática e Educação, v.1, p. 262-269, 2009.

ESTEVÃO, A. P. S. S; COSTA, M. A. F da. História em Quadrinhos: estratégia para o processo ensino-aprendizagem do tema “Lixo eletrônico”. **Revista Práxis**, (Sup): Ludicidade no Ensino de Ciências, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2016.

FORTI, V.; 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) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020.

FRAGUAS, T. GONZALEZ, C. E. F. O lixo eletrônico no contexto da Educação Ambiental, seu histórico e suas consequências. **Revista Cocar**, v. 14, n. 30, p. 1-15, 2020.

FRAGUAS, T. **Lixo eletrônico no contexto da educação ambiental: um estudo de caso junto a professores do ensino médio**. 2019. 154 f. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

GARCIA, D. O que é obsolescência programada? Brasil, 2014. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-e-obsolencia-programada/>>. Acesso em: 09 nov. 2022.

G1. **ONGS se unem para doar celulares e computadores para alunos carentes**. 2020. Disponível em: < <https://shre.ink/1rcU> >. Acesso em: 28 mai. 2022.

GREEN ELETRON. **Quais países produzem mais lixo eletrônico no mundo?** 2021. Disponível em: < <https://shre.ink/1rcP> >. Acesso em: 01 jun. 2022.

HILDEBRAND, Y. **Venda de PCs cresce no Brasil em 2021, mas preços sobem cerca de 20%**. 2021. Disponível em: < <https://shre.ink/1rOW> >. Acesso em: 08 jun. 2022.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade racionalidade, complexidade, poder**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

LEITE, D. S. **Desenvolvimento de novas rotas hidrometalúrgicas "verdes" para recuperação de metais a partir de lixo eletrônico**. 2019. 129 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MANDARINO, M. L. F. **Práticas de gestão do resíduo elétrico e eletrônico: o caso das instituições públicas federais de saúde do Município do Rio de Janeiro**. 2018. 97 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Administração) - Universidade do Grande Rio, Rio de Janeiro.

MEIRA, F. G. **Gestão dos resíduos eletroeletrônicos na cidade de São Paulo: processos de remanufatura e desmanufatura em empresas recicladoras**. 2021. 215 f. Dissertação (Mestrado em Gestão para a Competitividade) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo.

OLIVEIRA NETO, J. F. de. **Caracterização dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos produzidos em bairros de classe média alta de Caruaru/PE**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru.

OLIVEIRA, J. S. S. de. **Caracterização morfológica, química e térmica de sucata eletrônica visando definir uma rota para recuperação de materiais**. 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Vacinas e imunização.** 2020 Disponível em: <<https://shre.ink/1rOB>>. Acesso em: 26 maio 2022.

OPAS – Organização Pan-Americana de Saúde. **Aumento do lixo eletrônico afeta saúde de milhões de crianças, alerta OMS.** 2021. Disponível em: <<https://shre.ink/1rOl>>. Acesso em: 29 maio 2022.

PACHECO, P. Q. **Lixo eletrônico:** o enfoque CTSA por meio da ilha interdisciplinar de racionalidade. 2018. 195 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE education: mapping a complex field, 40 years on. **Science Education**, New York, v. 95, n. 4, p. 601-626, 2011.

RIEGER, T. J. **Resíduos eletroeletrônicos:** uma análise do setor empresarial do município de Gravataí/RS. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROCHA, T. B. **Avaliação do ciclo de vida aplicada à logística reversa de resíduos eletroeletrônicos na região administrativa de Campinas-SP.** 2020. 149 f. Tese (Doutorado em Tecnologia, na área de ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Revista Diálogo Educação.** [online], v. 6, p. 37-50, 2006.

SADALLA, B A. **Destinação de resíduos eletroeletrônicos em instituições de ensino superior do Estado de São Paulo [recurso eletrônico]:** práticas adotadas na USP, UNICAMP e UFSCar. 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, p. 95-111, 2001.

SILVA, E. C. S. da. **Proposta de processo para desenvolvimento de um centro de descarte e reuso de lixo eletrônico na Universidade Federal de Goiás.** 2020. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Goiás, Catalão.

SILVA, R. M. G. **Proposição de indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).** 2021. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

VIEIRA, G. C. **Lixo eletrônico na instrumentação para o Ensino de Física:** aplicação e análise de atividades investigativas sobre mecânica. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

ZEIDLER, D. L.; HERMAN, B. C.; SADLER, T. D. New directions in socioscientific issues research. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2019.