



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
INSTITUTO DE ESTUDOS EM SAÚDE COLETIVA

**LAIZ PANGRACIO AMARO PAIVA MARINHO**

A GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS E AS  
SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE AMBIENTAL: uma análise da literatura

Rio de Janeiro

2019

LAIZ PANGRACIO AMARO PAIVA MARINHO

A GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS E AS SUAS  
CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE AMBIENTAL: uma análise da literatura

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Saúde Coletiva.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Aparecida Ribeiro de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Solon

Rio de Janeiro

2019

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**LAIZ PANGRACIO AMARO PAIVA MARINHO**

**A GESTÃO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS E AS SUAS  
CONSEQUÊNCIAS PARA A SAÚDE AMBIENTAL: uma análise da literatura**

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos em Saúde Coletiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Saúde Coletiva.

Aprovada em: 17 de dezembro de 2019.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Aparecida Ribeiro de Carvalho (Orientadora)

UFRJ

---

Prof. Dr. Gabriel Eduardo Schütz

UFRJ

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Thatiana Verônica Rodrigues de Barcellos Fernandes

UFRJ

Dedico este trabalho aos meus pais por todo o incentivo ao longo da minha vida. E também à minha avó materna, por ser a minha maior força.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me sustentado ao longo de toda a minha vida.

Agradeço aos meus pais e avó materna por terem sido a minha base e a minha maior motivação.

À minha professora e orientadora Márcia Ribeiro, por todos os ensinamentos, confiança, dedicação, paciência e apoio ao longo de todo o ano.

Ao pesquisador Daniel Sólton por toda a ajuda, empenho e parceria nas reuniões de supervisão, nos eventos acadêmicos e nas aulas.

À todos os professores do curso que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Roberto Unger, por tirar cada dúvida em momentos de desespero, por toda força e incentivo que foram fundamentais para escolha do tema e desenvolvimento deste trabalho.

À Sheila Ferreira pela ajuda na finalização desta monografia.

Aos poucos, mas bons amigos que fiz durante o curso de graduação: Tainá Pereira, Paula Barbosa, Yasmin Ribeiro, Mônica Morangueira, Lana Meijinhos e Helena Pereira.

Ao Enzo Novello e Luiza Rodrigues, que mesmo distantes fisicamente se fizeram presentes nos momentos de desabafos, tristezas e alegrias.

*Eu sou o que me cerca. Se eu não preservar o  
que me cerca, eu não me preservo.*

**José Ortega y Gasset**

## RESUMO

MARINHO, Laiz Pangrácio Amaro Paiva. **A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e as suas consequências para a saúde ambiental**: uma análise da literatura. Monografia (Graduação em Saúde Coletiva) – Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

O presente trabalho insere-se no campo da saúde ambiental, visto que se propõe a analisar, através de uma revisão da literatura, os impactos causados pelos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos ao meio ambiente e à saúde humana. Identificar e descrever esses riscos é fundamental para que alternativas e soluções sejam pensadas e implementadas na tentativa de minimizar os atuais e os futuros sofrimentos e garantir a manutenção de um meio equilibrado às gerações futuras. Nesse sentido, o Brasil, assim como diversos outros países, já reconhece a periculosidade inerente às substâncias tóxicas presentes nesse tipo de resíduo que a cada dia se faz mais presente diante da lógica do consumismo. Assim, para conter o descarte e manuseio irregular instaurou-se, a partir da Lei nº 12.305 de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos que traz como principais instrumentos o conceito de logística reversa e de responsabilidade compartilhada. No entanto, a efetivação das obrigações estabelecidas em tal lei ainda encontra grandes desafios e o objetivo de implementar uma economia circular capaz de prover um desenvolvimento sustentável parece ainda distante.

Palavras-chave: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Saúde ambiental. Impactos. Legislação ambiental. Economia circular

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados quantitativos das estratégias de busca na BVS .....	18
Quadro 2 - Resultados quantitativos das estratégias de busca na SciELO .....	19
Quadro 3 - Categorias de classificação de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	21
Quadro 4 - Alguns elementos tóxicos presente nos REEEs, onde são encontrados e os riscos à saúde humana .....	24
Quadro 5 - Panorama brasileiro das Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos e Decretos Regulamentadores e menção aos REEEs .....	31
Quadro 6 - Normas específicas relacionadas aos REEEs.....	32



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Existência de alguns Equipamentos Eletroeletrônicos em domicílios brasileiros .. 26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Total de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerado no Brasil (Mt) .....	27
Figura 2 - Fluxos reversos diretos .....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abinee	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CFCs	Clorofluorcarbonetos
DeCs	Descritores em Ciências da Saúde
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPi	Imposto sobre Produtos Industrializados
ITU	<i>The International Telecommunication Union</i>
NBR	Norma Brasileira
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
REEEs	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SLR	Sistema de Logística Reversa
UF	Unidade da Federação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTÓRIA DO LIXO .....	12
<b>2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>15</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>18</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
5.1 O RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO .....	21
<b>5.1.1 Composição .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1.2 Descarte, Disposição Final e Impactos .....</b>	<b>23</b>
5.2 CENÁRIO BRASILEIRO .....	25
<b>5.2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>27</b>
5.2.1.1 <i>Logística Reversa</i> .....	28
<b>5.2.2 Planos Estaduais e Outras Normas .....</b>	<b>30</b>
5.3 MINERAÇÃO URBANA E ECONOMIA CIRCULAR .....	33
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 HISTÓRIA DO LIXO

A procura por facilidades fez o ser humano buscar por novidades. Desde a invenção da roda na Antiguidade, passando pela escrita e pelo uso da água e da queima de carvão como força-motriz para maquinarias, até os atuais aparelhos eletroeletrônicos, onde, um minúsculo dispositivo eletrônico (chip), com enorme capacidade de armazenamento de dados contribui para a produção e o consumo de novos equipamentos.

Tanta inovação em tão “pouco” tempo trouxe um novo estilo de consumo à sociedade: a substituição do novo pelo atual. Isto significa dizer: aparelhos que antes duravam por muitos anos, às vezes até mesmo por décadas, hoje caem em desuso bem mais cedo. Porquê? A mídia contribuiu para inflar essa necessidade pueril, sempre mostrando os novos lançamentos, e fazendo com que se acredite que é impossível viver sem a última novidade do mercado. Esse comportamento assume proporções preocupantes, visto que seus números crescem, porém, sem preocupações com o que deve ser feito com aquilo gerado no pós-consumo.

Definido como os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis (IBGE, 2004), o lixo sempre esteve presente na história da humanidade. Entretanto, com o passar dos anos, o processo civilizatório, o surgimento e crescimento das cidades, o desenvolvimento científico e o aprimoramento de técnicas, novas características e maneiras de lidar com ele foram sendo incorporadas.

No período denominado de Pré-História, os homens eram nômades, ou seja, não possuíam uma habitação fixa, estando, portanto, em constante deslocamentos em busca de alimentos. Desse modo, após satisfazer-se, as ossadas e os objetos de pedra lascada eram deixados para trás. Todavia, esses “restos” produzidos eram facilmente absorvidos e decompostos pela ação da natureza (VELLOSO, 2004 apud MACÊDO, 2009).

Com o surgimento das aldeias e posteriormente das cidades na Antiguidade, o lixo seguia sendo majoritariamente composto por materiais orgânicos. Contudo, produzido em maior escala, a solução encontrada para tais detritos foi o aproveitamento tanto para a alimentação de animais como para fertilização da terra e, conseqüentemente, potencialização da agricultura (EIGENHEER, 2009). Dessa forma, pode-se dizer que foi, portanto, nesse período que esses materiais assumiram o aspecto de “resíduos”. Ou seja, de materiais que podem ser reutilizados, em sua forma original ou transformados, após o seu descarte/eliminação.

No entanto, foi na Idade Média que o homem passou a associar o seu sofrimento psíquico e físico aos resíduos por ele gerado. Apesar da existência de restos provenientes da alimentação e vestuário, a maioria deles estava diretamente relacionada àqueles produzidos pelo seu corpo - fezes, urina, secreções em geral e o próprio corpo humano em decomposição (VELLOSO, 2008). Nesse sentido, ao perceberem que o contágio de doenças ocorria de pessoa a pessoa, instaurou-se, de maneira geral, um certo temor aos resíduos nas sociedades medievais, sobretudo, em períodos marcados pelas grandes pestes. Diante disso, segundo Eigenheer (2009) diversos decretos concernentes à limpeza pública foram promulgados nas principais cidades do continente europeu na tentativa de provocar uma mudança profunda na precária situação da coleta de lixo do período.

Vale ressaltar que desde a Antiguidade os indivíduos que cuidavam do destino final do lixo eram marginais à sociedade: escravos, prisioneiros de guerra, condenados, prostitutas, mendigos, entre outros que possuíam um *status* negativo (VELLOSO, 2008; EIGENHEER, 2009). Apesar do renascimento e, posterior, iluminismo ter rompido com uma série de paradigmas, o estigma atribuído a esses materiais e aos responsáveis pelo seu tratamento permaneceu durante o final da Idade Média e Modernidade. Sendo assim, pode-se dizer que as pessoas que trabalham ou vivem dessas atividades atualmente ainda possuem marcantes semelhanças com os “trapeiros”, como eram conhecidos os catadores do período medieval: estigmatizados socialmente, sob condições precárias de trabalho, extremamente vulneráveis e expostos a diversos riscos à saúde (PORTILHO, 1997 apud VELLOSO, 2008; SILVA; MARTINS; OLIVEIRA, 2007).

Porém, relevantes distinções quanto à tipologia e quantidade dos resíduos são encontradas quando comparados ao que era gerado antes das Revoluções Industriais. Se até então o conjunto de detritos era composto majoritariamente por materiais orgânicos, após a Primeira Revolução do campo das indústrias no Século XVII houve uma variação e aumento significativo dos mesmos, visto que a mecanização na produção e o novo mercado de trabalho propiciaram um ritmo acelerado na fabricação e maior concentração demográfica nos centros urbanos e, conseqüentemente, maior o consumo e o descarte (MACÊDO, 2009).

Com a descoberta da eletricidade e o desenvolvimento do processo para a transformação do ferro em aço no período da Segunda Revolução Industrial (Século XIX) novos produtos foram criados e comercializados. Além disso, a produção foi ampliada, passando-se a fabricar artigos em série, o que diminuía o custo unitário final das mercadorias industrializadas e fomentava ainda mais a compra e substituição dos produtos, intensificando, indiretamente, o que viria a ser considerado um problema mundial futuramente.

Sem tardar muito, os efeitos desse aumento significativo do lixo, sentidos já na segunda metade do século XIX, associados ao surgimento da teoria microbiana das doenças favoreceu a instalação de medidas que amenizassem a situação tanto das áreas operárias como das mais nobres, visto que as enfermidades causadas por tais dejetos afetariam membros de todas as classes sociais. Nesse sentido, deu-se grande importância à qualidade da água e estabeleceu-se a necessidade de separação do esgoto e os resíduos sólidos. É nesse cenário que para Eigenheer (2009) as técnicas de tratamento do lixo são aperfeiçoadas, resultando na criação dos incineradores e das usinas de triagem daquilo que era considerado resto.

Entretanto, apesar dessas novas maneiras de gerir os resíduos, a destinação final e tratamento do lixo continuavam precários (EIGENHEER, 2009). Assim, com a eclosão da Revolução Tecnológica científica informacional (Século XX), a situação foi agravada.

Marcada por grandes inovações no campo da química fina, biotecnologia, robótica, genética, a 3ª Revolução Industrial propiciou uma extrema variabilidade de produtos. Por conseguinte, houve um aumento do quantitativo e da complexidade do lixo gerado pelas populações visto que, sob a lógica capitalista, a cultura do consumismo foi impulsionada pelas inovações do período, pela estratégia de obsolescência programada (diminuição da vida útil do produto ao longo do tempo) e aumento populacional. Essa mesma cultura, que tem como motor gerador o avanço da tecnologia, é ardilosa. Isto por que, por um lado ela traz comodidade e melhorias à vida das pessoas; por outro, multiplicam-se produtos que logo caem em desuso, ora por terem atingido o fim do seu ciclo de vida, ora porque foram substituídos por modelos mais novos e mais avançados.

Segundo Rodrigues e Cavinatto (2003 apud SILVA, 2010), no decorrer do século passado a população mundial duplicou ao passo que a quantidade de lixo gerado no mesmo período cresceu numa proporção absurdamente maior. Isto posto, pode-se considerar que o crescimento dos resíduos sólidos segue ocorrendo de maneira desenfreada visto que as grandes empresas prosseguem num modelo intenso de produção e a sociedade numa lógica de consumo inconsciente e constante, transformando em lixo tudo aquilo que não lhe atribui mais utilidade.

Desse modo, diante da Era Digital na qual o mundo se encontra, é possível inferir que dentre esses resíduos estão, cada vez mais presentes, os ditos eletroeletrônicos, que seguem “sem rumo” após o consumo, tendo como fim, a contaminação de solos, águas e de indivíduos com os componentes tóxicos presentes na sua estrutura.

## 2 JUSTIFICATIVA

Pautada numa lógica capitalista, as sociedades contemporâneas estão imersas na cultura do consumismo. Nesse contexto, o desenvolvimento tecnológico e os produtos oriundos dele se intensificam na medida em que buscam atender as demandas existentes. Dessa forma, pode-se dizer que as empresas produtoras de bens, tais como as de eletroeletrônicos, também fomentam o consumo desenfreado e inconsciente, visto que através da criação de falsas necessidades, os indivíduos acabam por consumir mais do que realmente necessitam (SIQUEIRA; MARQUES, 2012).

Para da Silva, Martins e Oliveira (2007), o consumo elevado e o ritmo acelerado da inovação e da obsolescência programada fazem com que os equipamentos eletrônicos se transformem em sucata tecnológica em menores espaços de tempo. Tal fato baseia-se no conceito de “Era do descartável” defendido por Fontenelle (2002 apud MACÊDO, 2009). Nele, a vida útil dos produtos é reduzida e não é vantajoso monetária nem tampouco tecnologicamente consertá-lo, mas sim substituí-lo por um novo, gerando assim um aumento do, popularmente conhecido, “lixo eletrônico”.

Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o mundo produz até 50 milhões de toneladas desse lixo anualmente. No entanto, apenas 20% dele é formalmente reciclado (ONU, 2019). Portanto, cerca de 80% desses resíduos sólidos acabam sendo destinados a aterros ou sendo informalmente reciclados, colocando em risco a saúde dos indivíduos e do ambiente.

Nessa lógica, de acordo com relatório da Plataforma para Aceleração da Economia Circular e da Coalizão das Nações Unidas sobre Lixo Eletrônico (ONU, 2019), se as tendências de produção-consumo-descarte se mantiverem iguais, em 2050 os níveis desse tipo de resíduo alcançarão a marca de 120 milhões de toneladas.

O cenário brasileiro não se distingue do restante do mundo. Sendo o segundo país americano a produzir maiores quantidades desse tipo de lixo (BALDÉ *et al.*, 2017), sua Política Nacional de Resíduos Sólidos, que engloba eletroeletrônicos, parece insuficiente na contenção do descarte irregular e dos riscos provenientes de tal ação.

Diante da gravidade da situação e da importância em se discutir essa temática; julgamos que o presente trabalho se justifica. Em outras palavras, mostrar como o descarte irregular dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) impacta tanto a saúde do ambiente quanto a dos seres humanos, pode desempenhar um papel fundamental na formação de uma consciência crítica das populações. Nesse sentido, é de suma importância que haja



trabalhos científicos pautados nessa temática, fornecendo, dessa forma, bases para a incorporação de políticas públicas e, conseqüente, transformações sustentáveis.

Cumpra-nos esclarecer que o nosso desejo não é impedir o desenvolvimento tecnológico, tampouco paralisá-lo no atual estágio em que se encontra, mas aliá-lo ao respeito e à proteção ao meio ambiente e à vida dos seres vivos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever os impactos causados pelos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos ao meio ambiente e à saúde humana.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Apresentar os principais metais pesados presentes nos REEEs, onde são utilizados e os seus impactos;
2. Descrever como o Brasil está enfrentando tal problema;
3. Mapear normas e resoluções que disciplinam o segmento dos REEEs no Brasil;
4. Fazer uma análise comparativa entre aquisição, consumo e descarte dos REEEs;
5. Apresentar a mineração urbana e o princípio da economia circular como medidas mitigadoras do crescente problema dos REEEs.

#### 4 METODOLOGIA

O presente trabalho aparece como uma análise da literatura acerca dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e a sua relação com o campo da saúde. Portanto, inicialmente, fez-se necessário o levantamento de material bibliográfico relativo à temática.

Essa etapa consistiu em quatro movimentos analíticos e sucessivos: busca na base de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS); na SciELO - *Scientific Electronic Library Online*; pesquisas em plataformas online como Google, Google acadêmico, Ministério do Meio Ambiente, no site do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), entre outros; e busca em livros físicos.

Nas buscas realizadas na BVS utilizou-se os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e os operadores booleanos na formação das chaves de busca apresentadas no quadro 1.

**Quadro 1 - Resultados quantitativos das estratégias de busca na BVS**

Chaves de busca	Resultados encontrados
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde ambiental <i>OR</i> Saúde <i>AND</i> efeitos tóxicos	2 resultados (1 em português completo)
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde ambiental <i>OR</i> Saúde	1049 resultados (2 em português completo)
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde ambiental	161 resultados (2 em português completo)
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde	347 resultados (2 em português completo)
Resíduo eletrônico <i>AND</i> efeitos tóxicos	6 resultados (1 em português completo)

Fonte: elaborado pela autora.

Após a leitura dos títulos e resumos dos textos em português, nenhum documento foi selecionado, pois não se adequavam a proposta deste trabalho.

Posteriormente recorreu-se à SciELO. Como representado no quadro 2, as chaves de busca utilizadas mostraram-se insuficientes para o prosseguimento desta monografia.

**Quadro 2 - Resultados quantitativos das estratégias de busca na SciELO**

<b>Chaves de busca</b>	<b>Resultados encontrados</b>
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde ambiental	0 resultados
Resíduo eletrônico <i>AND</i> saúde	0 resultados
Resíduo eletrônico <i>AND</i> efeitos tóxicos	0 resultados
lixo tecnológico <i>AND</i> saúde	0 resultados
Lixo tecnológico <i>AND</i> efeitos tóxicos	0 resultados
Lixo tecnológico <i>AND</i> saúde ambiental	0 resultados

Fonte: elaborado pela autora.

Desse modo, fez-se fundamental a exploração de outras fontes de informação. Assim, a busca no Google acadêmico propiciou, ao utilizar como chave de busca os termos “lixo eletrônico *AND* saúde pública”, uma ampla gama de resultados.

Diante disso, aplicaram-se os filtros de: “pesquisar por relevância” e “páginas em português”. Após a leitura de alguns dos títulos e resumos, foram selecionados dez artigos que mais se aproximavam com os objetivos aqui propostos.

Vale ressaltar que, além dessas, eventos acadêmicos também contribuíram consideravelmente no processo de identificação de outras fontes bibliográficas, pois nestes encontros observaram-se quais eram as referências mais utilizadas acerca da temática. Dessa forma, após a participação no II Seminário LaWEEEda: conectando novos caminhos para REEE e no 12º Evento em homenagem ao dia mundial do meio ambiente que tratou da gestão dos REEEs, buscou-se por materiais nos *sites* da Organização das Nações Unidas (ONU), do CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), da Associação Brasileira de Indústria Elétrica Eletrônica (ABINEE), da União Internacional de Telecomunicação (*The International Telecommunication Union* - ITU) e por pesquisas nacionais por amostras domiciliares (PNAD) disponibilizadas na página no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados obtidos a partir da PNAD e da ITU serviram de base para a análise comparativa entre aquisição e descarte dos equipamentos eletroeletrônicos à nível nacional.

Já para compreender as normas e legislações que disciplinam o seguimento dos resíduos gerados por tais equipamentos foi necessário elaborar uma nova estratégia de busca. Para tanto, foi utilizado como chave de busca na página do *Google* acadêmico o termo “legislação e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos”, resultando na seleção de mais um

artigo. Outras normas foram pesquisadas no portal do Planalto (Planalto.gov.br), do Ministério do Meio Ambiente e no site da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Ainda, ao longo do processo de construção deste trabalho recorreu-se em vários momentos ao livro “Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos” da Coleção Ambiental da editora Manole Ltda.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 O RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO

Os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) são aqueles que dependem, indispensavelmente, de correntes elétricas ou campo eletromagnético para funcionarem adequadamente (ABDI, 2012). Classificados em 4 categorias (Quadro 1), são eles que quando descartados compõem o que se reconhece, informalmente, como lixo eletroeletrônico, lixo tecnológico ou e-lixo. Portanto, pode-se dizer que ele é formado por todos aqueles EEE que deixaram de ter qualquer valor para os seus proprietários (WIDMER *et al.*, 2005 apud SANTOS; SILVA, 2011). No entanto, diante da sua valia e das suas potencialidades, eles podem e devem ser considerados como resíduos.

**Quadro 3 - Categorias de classificação de Equipamentos Eletroeletrônicos**

CATEGORIAS	EEE
Linha branca	Refrigeradores; Congeladores; fogões; lavadoras de roupa e louça; Secadoras; Condicionadores de ar; etc
Linha marrom	Televisores (tubo, LCD/plasma); Monitores; DVD/VHS; Produtos de áudio, Câmeras; Filmadoras; etc
Linha verde	Batedeiras; Liquidificador; Ferro elétrico; Forno elétrico; secadores de cabelo; espremedores de frutas; aspiradores de pó; Furadeiras e outros.
Linha azul	Desktops; Notebook; Impressoras; Celulares; Tablets e outros acessórios de informática.

Fonte: Elaborado pela autora baseado em Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2012.

Com o avanço do capitalismo e de suas bases fundamentais: produção, consumo e lucro, as grandes indústrias visam desenvolver-se cada vez mais na tentativa de inovar e conquistar o mercado consumidor de maneira cíclica. É dessa forma que para Natume e Sant'anna (2011 apud TANAUE *et al.*, 2015), o acelerado avanço tecnológico e científico propicia a fabricação dos equipamentos em larga escala com variadas utilidades em um curto espaço de tempo, possibilitando um aumento exponencial na quantidade e diversidade dos EEE disponíveis para a venda e compra.

Nesse contexto, para fomentar ainda mais tal mercado, a obsolescência relativa do ciclo de vida programado dos produtos apresenta-se como a tática utilizada pelas grandes empresas produtoras desses bens. Assim, a cultura do consumismo e, conseqüentemente, o mercado é fortalecido, gerando significativo crescimento na formação dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Segundo dados da ONU de 2018 o mundo produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo anualmente. Desses, cerca de 50 milhões de toneladas corresponde aos REEE (ONU, 2019). Contudo, apesar de ter-se ciência da alta quantidade gerada a cada ano e dos riscos inerentes ao manuseio e disposição final inadequada desses resíduos, os países encontram grandes dificuldades no seu processo de descarte.

### 5.1.1 Composição

Cada dia mais inovadores e sofisticados, os equipamentos eletroeletrônicos quando descartados compõe um amplo e complexo conjunto de resíduos - os REEE -, que segundo Widmer *et al.*, (2005 apud SIQUEIRA; MARQUES, 2011) pode contar com centenas de materiais distintos. Plásticos, vidros, metais, substâncias tóxicas são apenas alguns dos elementos presentes que podem acarretar danos ao meio ambiente e aos indivíduos.

É, portanto, na tentativa de definir e facilitar os processos de coleta, de reciclagem e de reaproveitamento dos materiais existentes nesses resíduos, que a Diretiva Europeia da prática no país propõe a categorização dos mesmos em sete grandes grupos: eletrodomésticos; eletroeletrônicos; monitores; informática e telecomunicações; fios e cabos; pilhas e baterias; e lâmpadas (XAVIER *et al.*, 2018).

Os eletrodomésticos, como de conhecimento geral, caracterizam-se por conter os equipamentos criados para facilitar a vida doméstica. Normalmente, são produtos de pequeno à médio porte (refrigeradores, microondas, ar condicionado, etc) que devem ser cuidadosamente descartados porque podem contar com substâncias químicas como os clorofluorcarbonetos (CFCs) que, segundo o Ministério da Saúde, é um dos principais responsáveis pela destruição da camada de ozônio e intensificação do efeito estufa (XAVIER *et al.*, 2018; BRASIL, 2006).

A categoria dos eletroeletrônicos, por sua vez, abrange um amplo grupo de equipamentos descartados: batedeiras, liquidificadores, furadeiras, câmeras fotográficas e filmadoras, ventiladores, alguns brinquedos, rádios, secadores de cabelo, etc. Esses, apesar de contar majoritariamente com plásticos, devem ser separados e depositados em locais licenciados a receber estes tipos de resíduos (XAVIER *et al.*, 2018).

Encontrados nos televisores e nos computadores, os monitores estão presentes em quase todas as residências brasileiras. Todavia, podem variar quanto a sua composição: vidro ou polímeros plásticos e uma série de outras substâncias químicas (chumbo, cromo, pó-fosfórico, etc). Desse modo, é fundamental que se evite a sua quebra e sua deposição em lugares não habilitados (XAVIER *et al.*, 2018).

O mesmo cuidado deve permear o descarte das pilhas, baterias e lâmpadas. Utilizadas no funcionamento de uma série de equipamentos e na iluminação, elas também contêm elementos químicos tóxicos, e, portanto, qualquer perfuração ou quebra deve ser evitada (XAVIER *et al.*, 2018).

Já os fios e cabos, segundo Xavier *et al.*, (2018), não necessitam de tamanha cautela no seu descarte, mas sim no momento de sua separação. Isso porque o cobre e o alumínio - metais mais usados na sua fabricação - possuem alto valor de mercado, e, portanto, acabam sendo coletados e “desmembrados” para futura comercialização. No entanto, a maneira empregada para a obtenção dos metais, muitas das vezes, é a queima completa desses apetrechos. Todavia, justamente devido ao potencial tóxico da combustão dos retardantes de chamas e outras substâncias presentes nos mesmos, tal atividade não é recomendada.

Vale destacar que os REEE também trazem em sua composição um quantitativo expressivo de metais preciosos como o ouro, prata, platina, cobalto e paládio. Segundo dados da ONU (2019), até 7% do ouro do mundo pode estar nesse tipo de resíduo.

Entretanto, apesar de ter-se ciência das substâncias utilizadas, dos riscos existentes à saúde ambiental e humana (Quadro 4) e potencialidades inerentes a esses resíduos, o seu descarte segue ocorrendo de maneira irregular e nada vantajosa sob a perspectiva econômica.

### **5.1.2 Descarte, Disposição Final e Impactos**

Toda atividade humana produz, em menor ou maior grau, algum impacto sobre o meio ambiente e os indivíduos. Sob essa ótica compreende-se, portanto, que desde o processo de produção dos EEE até o posterior descarte dos resíduos gerados a partir destes, uma série de efeitos podem ser provocados: consequências diretas e indiretas para a saúde e bem estar das populações, da fauna, da flora; alterações das condições estéticas e sanitárias locais; esgotamento de recursos naturais, etc. (SILVA; MARTINS; OLIVEIRA, 2007).

Nessa perspectiva, Torres (2008 apud DA ROCHA; CERETTA; CARVALHO, 2010) considera que um dos perigos do avanço tecnológico e, por conseguinte, das alterações e do desenvolvimento alcançado nos processos produtivos é justamente o seu significativo impacto



ambiental. Segundo da Rocha, Ceretta e Carvalho (2010)., por exemplo, a indústria de computadores representa um dos empreendimentos que, proporcionalmente, mais consome recursos naturais como matéria-prima ou energia, além de, obviamente, impactar expressivamente a vida de populações próximas aos seus polos produtivos.

Contudo, o maior problema de fato é aquele proveniente do descarte e destinação final dada aos REEE (MACÊDO, 2009). Apesar da pouca disponibilidade de dados relativos à sua geração, acredita-se que grande quantidade dos mesmos sejam descartados juntamente com outros resíduos domésticos ou de outra forma inadequada (BALDÉ *et al.*, 2017). É desse modo que sua disposição final acaba ocorrendo em lixões, aterros sanitários e/ou incineradores (KANG; SCHOENUNG, 2005 apud SANTOS; SOUZA, 2010).

Esse descarte apresenta-se como uma problemática global pois representa uma ameaça real e cada vez maior ao meio ambiente e à saúde das populações (quadro 4) devido às diversas substâncias químicas, com potencial tóxico, presente na estrutura dos REEEs.

Nesse sentido, apesar do reconhecimento do potencial de contaminação do solo e lençóis freáticos por meio da lixiviação química e/ou atuação microbiológica, e ainda o contágio do ser humano pelas vias de absorção, acredita-se que grande parte dos metais pesados encontrados em locais de disposição final do lixo são oriundos deste tipo de resíduo (SANTOS; SOUZA, 2010).

Ressalta-se, ainda, que existem grandes riscos quanto a incineração dos REEEs. Isso porque durante o processo de combustão os incinerados, mesmo os mais modernos, podem emitir substâncias tóxicas, seja as que já estavam embutidas no material ou as formadas ao longo de sua queima (YOSHIDA, 2012).

Portanto, para que os impactos e os riscos produzidos sejam minimizados, é fundamental que o seu descarte e destinação seja ambientalmente adequada: separação, entrega em pontos de coleta licenciados, reutilização, reaproveitamento e/ou reciclagem.

**Quadro 4 - Alguns elementos tóxicos presente nos REEEs, onde são encontrados e os riscos à saúde humana**

ELEMENTO	ONDE É ENCONTRADO	POSSÍVEIS DANOS À SAÚDE HUMANA
Alumínio	Computador	Possível correlação com o mal de Alzheimer.
Arsênio	Celulares	Encontrado principalmente nas unhas dos indivíduos, a contaminação crônica pode ocasionar câncer nos pulmões, doença de pele e alterações do sistema nervoso.

Bário	Computadores, Lâmpadas fluorescentes e tubos de TV's	Efeitos no sistema circulatório como: prejuízos no funcionamento do coração, constrição dos vasos sanguíneos e elevação da pressão arterial e sistema nervoso central
Cádmio	Computadores, monitores, TV's de plasma e baterias de <i>notebook</i>	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração, podendo ocasionar problemas de descalcificação dos ossos, lesão renal e enfisema pulmonar, etc.
Chumbo	Celulares, Televisão e Computador	Extremamente tóxico, ele possui uma longa vida nos ossos, cabelos, unhas, cérebro e outros órgãos. Seus efeitos variam desde leves dores de cabeça até em sérias alterações no sistema nervoso e sanguíneo, podendo levar à morte.
Cobre	Computador	Pode provocar sérias lesões no fígado.
Cromo	Na proteção contra a corrosão de computadores	Pode provocar anemia, alterações hepáticas, danos renais e câncer de pulmão.
Mercúrio	Computadores, monitores e TV's de plasma	Facilmente encontrado em cabelos de pessoas expostas a este elemento, o mercúrio é facilmente absorvido pelos pulmões. Ele é capaz de modificar as configurações proteicas e causar um colapso no corpo humano, levando o indivíduo contaminado à morte.
Níquel	Estrutura dos computadores	Atuando diretamente na mutação gênica, este elemento é um dos carcinogênicos encontrados nos EEE.
Prata	Computador	A quantidade e a forma na qual se encontra pode ser letal ao homem.
Retardantes de Chama	Utilizados para prevenir incêndios, são encontrados em diversos componentes eletroeletrônicos	Alterações hormonais, nervosas e reprodutivas.

Fonte: Adaptado de Trombin; Gomes, 2013; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2012.

## 5.2 CENÁRIO BRASILEIRO

Em consonância com as tendências mundiais, os brasileiros vêm buscando e consumindo cada vez mais novos produtos de EEE. Tal fato é facilmente constatado quando se

compara o gradual percentual de domicílios particulares que dispõem de alguns bens duráveis ao longo dos anos (tabela 1).

Segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra de domicílios dos anos selecionados vê-se um crescimento expressivo de residências que dispõem de ao menos um tipo dos equipamentos eletroeletrônicos listado abaixo. O único no qual identificou-se uma redução de existência foi o telefone fixo convencional, o que pode ser justificado pela presença cada vez mais intensa dos celulares, tornando dispensável a presença deste equipamento

Para Siqueira e Marques (2011) esse incremento geral do mercado pode ser justificado, sobretudo, pelo crescimento do poder de compra das classes C e D, conquistado a partir da implementação de medidas governamentais de caráter econômico como, por exemplo, o corte do imposto sobre produtos industrializados (IPI), a expansão do crédito e os programas de estímulo à inclusão digital.

**Tabela 1 - Existência de alguns Equipamentos Eletroeletrônicos em domicílios brasileiros**

EXISTÊNCIA DE	2009		2014		2016		2017		2018	
	milhões unid <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	milhões unid <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	milhões unid <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	milhões unid <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>	milhões unid <sup>(1)</sup>	% <sup>(2)</sup>
Iluminação elétrica/lâmpadas	57,9	98,9	66,8	99,6	68,7	99,3	69,2	99,1	n.d	n.d
Geladeira	54,7	93,4	65,4	97,6	67,9	98,1	68,5	98,1	69,6	98,0
Freezer	8,9	15,2	11,1	16,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d	n.d
Máquina de Lavar roupa	25,9	44,3	39,3	58,7	43,6	63,0	44,5	63,8	46,2	65,1
Televisão	56,0	95,7	65,1	97,1	67,4	97,4	67,6	96,8	n.d	n.d
DVD	42,2	72,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d	n.d
Microcomputador	20,3	34,7	32,5	48,5	32,0	46,2	30,7	44	n.d	n.d
Celular	46,3	79,1	61,1	91,1	63,9	92,3	64,7	92,7	n.d	n.d
Telefone fixo convencional	25,5	43,6	24,9	37,1	23,9	34,5	22,4	32,1	n.d	n.d
<b>Total de domicílios</b>	<b>58,6</b>		<b>67,0</b>		<b>69,2</b>		<b>69,8</b>		<b>71,0</b>	

n.d = não disponível

(1) domicílios particulares

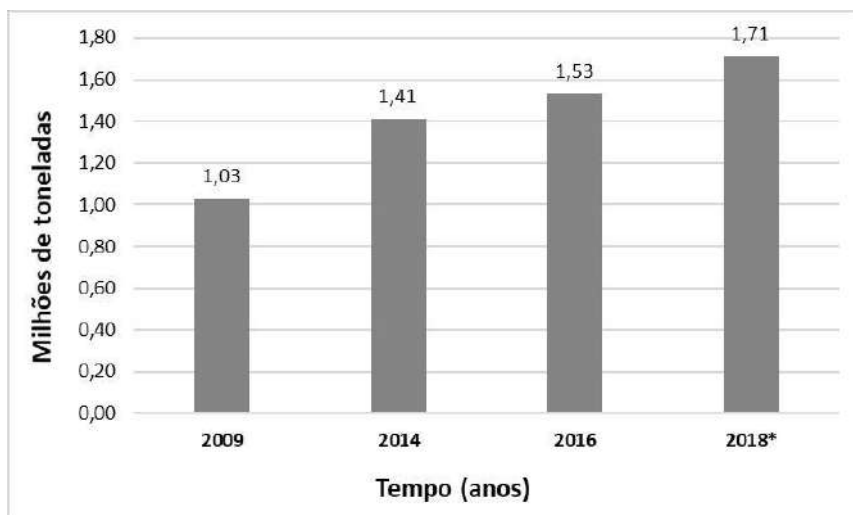
(2) % em relação ao total de domicílios.

Fonte: Adaptado de Abinee 2019 – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica e PNAD Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

Todavia, partindo da premissa que quanto mais uma sociedade consome, mais lixo ela produz, é possível inferir que toda a expansão conquistada na comercialização desses equipamentos resulta, conforme o apresentado na figura 1, num aumento de REEEs

descartados (MACÊDO, 2009; SIQUEIRA; MARQUES, 2011). É desse modo que tal crescimento, associado às irregularidades relativas à gestão dos resíduos gerados a partir destes aparelhos e dos materiais que os compõem constituem a problemática discutida neste trabalho.

**Figura 1 - Total de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerado no Brasil (Mt)**



\* Estimativa

Fonte: Elaborado pela autora baseado em Magalini; Kuehr; Baldé, 2015; Baldé *et al.*, 2017.

Diante desse crescimento, das potencialidades e dos riscos encontrados nos REEE, o Brasil instituiu, após grandes debates, a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### 5.2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Instituída pela Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) aparece como um importante marco no processo de gestão e gerenciamento adequado dos resíduos. Desse modo, visando minimizar possíveis impactos ao meio ambiente, à saúde da população brasileira e, conseqüentemente, ao desenvolvimento do país, ela dita um conjunto de princípios, de instrumentos, de diretrizes e de metas que devem ser executadas pelos distintos atores em todos os níveis de governo (BRASIL, 2010).

Portanto, é diante dos potenciais riscos à saúde pública e/ou à saúde ambiental, emergidos a partir do seu manejo e seu descarte irregular, que a PNRS classifica os REEEs como perigosos (SANTOS; SOUZA, 2010; BRASIL, 2010). Desse modo, podemos dizer que a toxicidade atrelada a este tipo de resíduo o atribui tal categorização.

Nesse sentido, segundo as determinações descritas na lei, a não geração e diminuição da formação de resíduos, sobretudo, daqueles que contêm algum tipo de periculosidade devem

ser priorizadas. Para tanto, é fundamental que atividades que propiciem a redução, reutilização e reciclagem sejam desempenhadas de maneira otimizadas. Além disso, ações de tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos são pontos estabelecidos e de suma importância para a contenção de possíveis danos (BRASIL, 2010).

Assim, para a efetivação dessas normas e melhor gestão dos REEEs, o Documento em seu Art 8, apresenta a logística reversa como uma de suas principais ferramentas. É através desse instrumento que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é moldada como atribuição de todos e essencial para o desencadeamento de todo o processo de gerenciamento de alguns resíduos sólidos formados pelos: agrotóxicos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes e suas embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010)

#### *5.2.1.1 Logística Reversa*

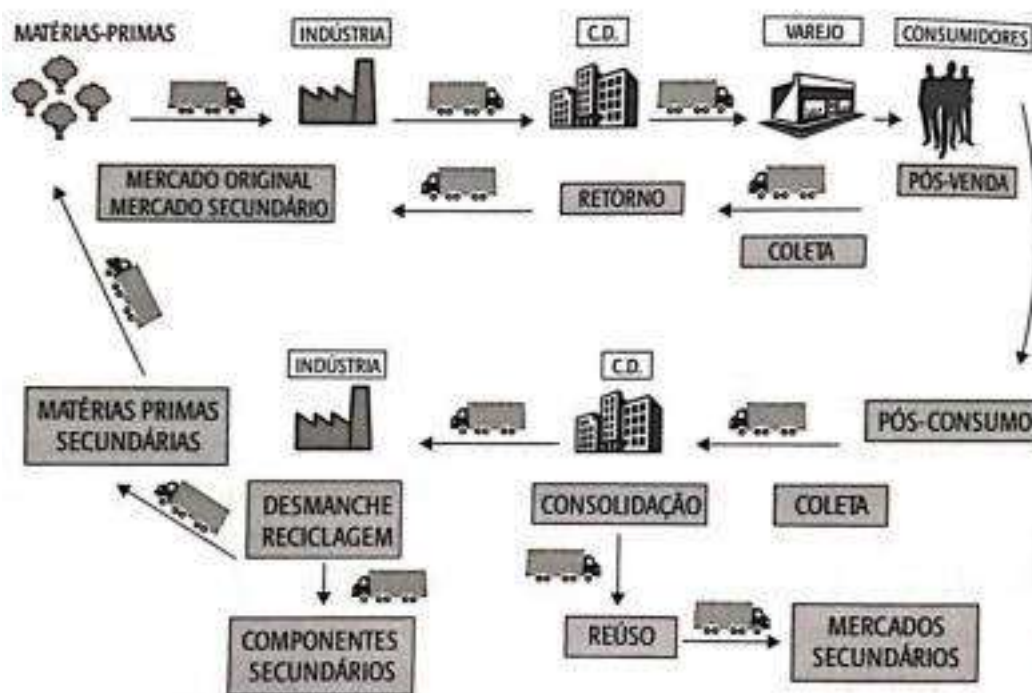
Apresentada pela PNRS como um dispositivo de desenvolvimento econômico e social, a Logística Reversa é um sistema que, por meio de um conjunto de ações, propiciará o planejamento, controle e operacionalização de estratégias e procedimentos que garantirão os fluxos reversos dos EEE não consumidos (pós-venda) e daqueles já consumidos (pós-consumo) para a coleta, restituição, reaproveitamento ou outra destinação final ambientalmente adequada (figura 2) (BRASIL, 2010; LEITE, 2012). Portanto, como o próprio nome preconiza, pode-se dizer que todo esse processo trata da logística do fluxo físico de produtos, de embalagens ou de outros materiais, desde o ponto de consumo até ao local de origem. Ou seja, o fluxo inverso pela cadeia produtiva. Nessa lógica, é dessa forma que um produto eletroeletrônico ou os seus materiais recicláveis descartados poderão retornar, respectivamente, ao setor do comércio e de produção na forma de revenda ou matéria-prima.

No entanto, seu pleno funcionamento depende da cooperação de atores dos distintos setores da economia: consumidores, distribuidores, comerciantes, fabricantes, importadores e dos encarregados pelos serviços públicos de limpeza urbana. É, portanto, na tentativa de minimizar o volume desses resíduos e reduzir os impactos causados à saúde humana e ao meio ambiente que a Lei institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como um de seus princípios (BRASIL, 2010).

Desse modo, pode-se afirmar que os compradores são fundamentais para a inicialização do fluxo reverso, visto que é deles a responsabilidade de devolver aos

comerciantes ou aos distribuidores os produtos utilizados. Esses últimos por sua vez são como mediadores. Ao receberem os produtos, deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos mesmos para que estes encontrem a destinação ambientalmente adequada.

**Figura 2 - Fluxos reversos diretos**



C.D = Centro de distribuição

Fonte: LEITE, 2012.

Ainda, segundo o Art 31 da PNRS, é de competência de todos esses setores: investir na produção de bens que gerem a menor quantidade de resíduos possível; incentivar a fabricação e venda de produtos aptos à reutilização e reciclagem; divulgar informações acerca da reciclagem e de eliminação adequada do lixo; e implementar ações previstas nos planos estaduais e municipais de gestão integrada de resíduos sólidos caso ainda não estejam incluídos no sistema de logística reversa (SLR) (BRASIL, 2010).

Nessa perspectiva, diante da finitude da matéria-prima necessária para a produção dos EEE e dos altos custos inerente à extração e obtenção delas, a logística reversa, por propiciar o reaproveitamento é, de certa forma, vantajosa também para o setor industrial, pois fortalece a ciclicidade da economia. Além disso, a implementação dessa lógica previne, como já mencionado, a saúde do ambiente e das populações.

Todavia, apesar de ser, de maneira geral, benéfica para todos os setores da sociedade, a sua efetivação encontra grandes desafios. Um deles está relacionado justamente ao custo associado à operacionalização desse sistema em um país com dimensões continentais e com diferenças estaduais e municipais significativas como o Brasil, o que acarreta em uma maior complexidade na criação de acordos que possibilitem o funcionamento dessa lógica (ABDI, 2012). Assim, com os diversos entraves que vão se estabelecendo, o meio ambiente e os indivíduos, sobretudo aqueles que lidam diretamente e constantemente com os REEEs, seguem como reféns desse desenvolvimento nada sustentável.

### **5.2.2 Planos Estaduais e Outras Normas**

Conforme instituído no Art.16 da lei nº 12.305/2010 (PNRS) para que as Unidades da Federação (UF) tenham acesso a recursos, incentivos ou financiamentos da União ou de outras entidades federais é imprescindível a existência do plano estadual de Resíduos Sólidos. Estes além de fornecerem alçada para vinte anos de atuação e de serem revisados a cada quatro, eles também devem apresentar um diagnóstico dos principais resíduos, de seus fluxos e de seus impactos; incentivar a redução, a reutilização e a reciclagem; propor metas de aproveitamento energético dos gases produzidos a partir da degradação desses materiais descartados; extinguir os lixões a céu aberto e realizar ações de recuperação destas áreas; dispor de medidas que forneçam bases para a implementação da gestão compartilhada; expor o projeto relativo ao gerenciamento dos resíduos; descrever os meios que serão utilizados para os processos de controle e de fiscalização; entre outras obrigatoriedades (BRASIL, 2010).

Contudo, muitos estados ainda não dispõem desse planejamento e, seguindo a lógica realizada antes da promulgação da PNRS, desenvolvem as suas políticas estaduais a partir de leis e decretos locais. Vale ressaltar que nem todos esses códigos legais discorrem e/ou impõe regras acerca do tratamento e disposição final dos REEEs (USHIZIMA; MARINS; MUNIZ JUNIOR, 2014; BRASIL, 2019).

Desse modo, o quadro 5 apresenta o panorama legal dos estados brasileiros quanto à administração dos resíduos sólidos, identificando àqueles que dispõem do Plano Estadual mencionado na PNRS e, ainda, as leis e decretos que instituem as políticas estaduais de resíduos sólidos (PERS) e se eles fazem ou não menção aos REEEs respectivamente.

**Quadro 5 - Panorama brasileiro das Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos e Decretos Regulamentadores e menção aos REEEs**

UF	Existência de Plano Estadual de Resíduos Sólidos	Lei Estadual que institui as PERS e ano de publicação	Menção aos REEE	Decretos que regulamentam as leis	Menção aos REEEs
Acre	Sim	-	-	-	-
Alagoas	Sim	Lei nº 7.749/2015	Não	-	-
Amapá	-	-	-	-	-
Amazonas	Sim	Lei nº 4.457/2017	Não	-	-
Bahia	Em elaboração	Lei nº 12.932/2014	Sim	-	-
Ceará	Sim	Lei nº 13.103/2001	Não	Decreto nº 26.604/2002	Não
Distrito Federal	-	Lei nº 3.232/2003	Não	Decreto nº 29.399/2008	Sim
Espírito Santo	Em elaboração	Lei nº 9.264/2009	Sim	-	-
Goiás	Sim	Lei nº 14.248/2002	Sim, a partir de alteração em 2010	-	-
Maranhão	Sim	-	-	-	-
Mato Grosso	Em elaboração	Lei nº 7.862/2002	Sim	-	-
Mato Grosso do Sul	Em elaboração	Lei nº 2.080/2000	Não	-	-
Minas Gerais	Em elaboração	Lei nº 18.031/2009	Não	Decreto nº 45.181/2009	Sim
Pará	Sim	-	-	-	-
Paraíba	-	-	-	-	-
Paraná	Em revisão	Lei nº 12.493/1999	Não	Decreto nº 6.674/2002	Não
Pernambuco	Sim	Lei nº 14.236/2010	Não	-	-
Piauí	Sim	-	-	-	-
Rio de Janeiro	Sim	Lei nº 4.191/2003	Sim, a partir da alteração em 2014	Decreto Nº 41.084/2007	Não



Rio Grande do Norte	Em revisão	-	-	-	-
Rio Grande do Sul	Sim	Lei nº 9.921/1993	Não	Decreto nº 38.356/1998	Não
Rondônia	Em elaboração	Lei nº 1.145/2002	Não	-	-
Roraima	-	Lei nº 416/2004	Sim	-	-
Santa Catarina	Em revisão	Lei nº 13.557/2005	Não	-	-
São Paulo	Sim	Lei nº 12.300/2006	Sim	-	-
Sergipe	Sim	Lei nº 5.857/2006	Sim	-	-
Tocantins	Sim	-	-	-	-

Fonte: Fonte: Adaptado de Leis estaduais (USHIZIMA; MARINS; MUNHOZ JUNIOR, 2014).

Para além das imposições descritas acima, outras leis, normas e resoluções disciplinam o seguimento dos ditos lixos tecnológicos (quadro 6).

#### **Quadro 6 - Normas específicas relacionadas aos REEEs**

<b>Norma e Órgão</b>	<b>Ano de Publicação</b>	<b>Descrição</b>
Lei Estadual nº 13.576 - Prefeitura de São Paulo	2009	Estabelece regras e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico
Lei Estadual nº 9.941 - Prefeitura do Espírito Santo	2012	Determina a obrigatoriedade de pontos de coleta seletiva de lixo tecnológico nos comércios, representantes ou fabricantes destes produtos
Lei Estadual nº 8.038 - Prefeitura do Rio de Janeiro	2018	Cria o programa estadual de Logística Reversa dos REEE
Lei Estadual nº 15.851 - Prefeitura do Paraná	2008	Dispõe a obrigatoriedade de criação e efetivação de programas de recolhimento, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada dos equipamentos de informática pelos produtores, distribuidores e comerciantes
Lei Estadual nº 13.533 - Prefeitura do Rio Grande do Sul	2010	Institui normas e procedimentos para o tratamento e destinação final de lixo tecnológico
Lei Estadual nº 8.876 - Prefeitura do Mato Grosso	2008	Estabelece procedimentos, normas e critérios referentes ao gerenciamento do lixo tecnológico
Lei Estadual nº 3.970 - Prefeitura do Mato Grosso do Sul	2010	Define normas para a reciclagem, gerenciamento e destinação final do lixo tecnológico

Lei distrital nº 4.774 - Distrito Federal	2012	Estabelece a obrigatoriedade de pontos de coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes nos comércios
Lei Estadual nº 9.729 - Prefeitura da Paraíba	2010	Define normas para a reciclagem, gerenciamento e destinação final do lixo tecnológico
Lei Estadual nº 13.908 - Prefeitura de Pernambuco	2009	Dispõe a obrigatoriedade de criação e efetivação de programas de recolhimento, reciclagem e disposição final ambientalmente adequada dos equipamentos de informática pelos produtores, distribuidores e comerciantes
ABNT NBR 16.156	2013	Discorre sobre os requisitos para a implementação da manufatura reversa dos REEEs.
ABNT NBR 15.833	2010	Versa sobre a manufatura reversa de refrigeradores
Instrução Normativa IBAMA nº 8/2012	2012	Institui, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou produto que as incorporem.
Resolução Conama nº 257	1999	Determina que pilhas e baterias que contenham chumbo, cádmio e/ou mercúrio sejam reutilizadas, recicladas

Fonte: Adaptado de Leis estaduais (USHIZIMA; MARINS; MUNHOZ JUNIOR, 2014).

### 5.3 MINERAÇÃO URBANA E ECONOMIA CIRCULAR

Estando intimamente correlacionados, os conceitos de mineração urbana e de economia circular vêm sendo cada vez mais discutidos. O atual cenário de geração de resíduos, os impactos produzidos a partir do descarte e da disposição final destes, a finitude e os altos custos inerentes à exploração de recursos naturais utilizados na produção dos mais diversos bens, apresentam-se como as principais motivações para a inicialização e fomentação desses debates.

A principal ideia da economia circular é transformar aquilo que é considerado “inútil” em útil. Ou seja, substituir a noção de “lixo” por uma visão mais contínua e cíclica de produção, na qual os recursos deixam de ser somente explorados e descartados e passam a ser reaproveitados em um novo ciclo.

É nesse contexto que a mineração urbana vem, desde a última década, mostrando - ainda em uma microescala - o seu potencial como medida mitigadora para o problema apresentado neste trabalho. Diferentemente da tradicional, esse tipo de mineração trabalha sob a exploração de recursos já disponíveis no sobressolo, ou seja, a partir dos equipamentos descartados, sobretudo nos grandes centros urbanos, extrai-se e recuperam-se materiais metálicos e não metálicos que posteriormente serão reutilizados em outros processos

produtivos. Dessa forma, ao “reciclar” e “reutilizar” como matéria-prima secundária aquilo que foi obtido nesses resíduos, há uma efetivação da lógica da economia circular e do desenvolvimento sustentável (XAVIER; LINS, 2018).

Desse modo, pode-se dizer que a mineração das “minas urbanas” é um instrumento que facilita a ciclicidade econômica. Contudo, para a efetivação dessa influência faz-se fundamental a implementação um SLR qualificado. Tal dependência ocorre por que é ele que vai disciplinar o encaminhamento adequado dos produtos descartados pela cadeia mercadológica (XAVIER; LINS, 2018).

No entanto, a exequibilidade da logística reversa depende de diversos fatores, e do quão bem estruturado é o seu planejamento. Algumas medidas importantes a serem tomadas incluem: identificação e determinação de responsabilidades dos intermediários do fluxo reverso, profissionalização das parcerias (com aumento da eficiência das funções de coleta, armazenagem, manuseio, processamento e transporte), estudos de localização das instalações, aplicação de sistemas de apoio à decisão e estudo de novos mercados para a demanda de recicláveis.

Dentre os resíduos que podem ser incluídos nessa lógica está aquele que é formado a partir do descarte de equipamentos eletroeletrônicos. Com uma ampla diversidade de produtos e de materiais de alto valor agregado incorporados à sua estrutura, a inclusão destes nesses processos sustentáveis seria extremamente vantajosa. No entanto, estes ainda são pouco explorados nessas atividades (XAVIER; LINS, 2018).

Além da ótica econômica, o campo ambiental e social também poderia usufruir dos logros obtidos a partir da efetivação do sistema cíclico. Ao priorizar os vários Rs (reparar, restaurar, reutilizar, remanufaturar, reciclar, entre outros) a economia circular propicia a redução da exploração dos recursos primários e dos impactos acarretados nestas atividades; a diminuição da produção e das consequências geradas em tais processos; a minimização da disposição irregular dos REEEs e da possibilidade de contaminação; a geração e regulamentação de empregos em cooperativas ou outros estabelecimentos; etc (XAVIER; LINS, 2018).

Portanto, sendo uma conveniente possibilidade de negócios, minerar os materiais existentes nos REEEs e inseri-los novamente na cadeia produtiva já vem sendo uma prática de algumas grandes empresas europeias e norte americanas. Contudo, no Brasil a ausência de um SLR estruturado somado à precariedade das tecnologias disponíveis para a execução do gerenciamento, do tratamento, da recuperação, da reciclagem e da desmontagem inviabiliza a ampla adoção desses conceitos no cenário do país. (XAVIER; LINS, 2018).

Nesse sentido, o pouco que é feito no território nacional quanto à incorporação de tais ideais é devido a atuação dos catadores. Esses profissionais ao perceberem o valor agregado dos REEEs passaram a buscá-los nas minas urbanas espalhadas pelo Brasil, realizando etapas, principalmente, de recolhimento, separação/desmonte e venda. Entretanto, os passos empregados nem sempre seguem os cuidados necessários e, devido ao potencial tóxico das substâncias contidas nesses materiais pode vir acarretar sérios danos à saúde daquele que os manuseiam (XAVIER; LINS, 2018).

Vale ressaltar que esse manuseio irregular está muito associado a precariedade existente nas condições de trabalho aos quais esses profissionais estão submetidos. A ausência de tecnologia adequada, o desconhecimento acerca dos riscos e falta de fiscalização dessas atividades, visto que, no geral, estão baseadas na informalidade, são fatores que contribuem para a intensificação da exposição e, conseqüentemente, da ameaça.

Portanto, todo esse cenário acaba contribuindo para o não aproveitamento, ampliação e “formalização” da mineração urbana e do seu grande potencial no processo de desenvolvimento de uma economia circular capaz de conter os impactos socioambientais gerados a partir dos altos níveis de produção e descarte inadequado.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme fomentado nas linhas iniciais deste trabalho, a procura por facilidades, se por um lado trouxe comodidade e melhorias à vida das pessoas, por outro, fez crescer o consumismo e os diversos problemas oriundos dele. Esse consumo exacerbado tornou-se um hábito que, associado às estratégias mercadológicas, contribuiu e contribui para a substituição dos bens em um menor espaço de tempo, intensificando assim o desuso e a produção de lixo.

O lixo que sempre fez parte da vida humana cresceu e ganhou novas características ao incorporar as tecnologias desenvolvidas ao longo dos anos. Desse modo, ele passou a apresentar uma gama de materiais distintos provenientes de uma série de bens descartados, dentre os quais estão os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Compostos por vários elementos diferentes, os REEEs, apesar dos avanços obtidos nos últimos anos quanto às normatizações, ainda não detêm da atenção que exigem perante a sua periculosidade. A importância destinada aos mesmos se mostra insuficiente ao passo que eles seguem sem rumo na fase pós-consumo. Dessa forma, eles acabam sendo descartados, manuseados e depositados de maneira inadequada, podendo contaminar os indivíduos, os solos, as águas e o ar com as substâncias tóxicas presentes na sua estrutura.

Portanto, diante dos riscos é fundamental que a temática seja cada vez mais estudada e debatida, propiciando bases para transformações que vão de encontro com a garantia, conforme o instituído pela Constituição Federal, de um meio ambiente ecologicamente equilibrado e de uma saúde integral a partir de estratégias pautadas na lógica de um desenvolvimento sustentável.

É nesse sentido que o Poder Público ao reconhecer os impactos dos resíduos sólidos, incluídos os REEEs, no meio ambiente e na saúde dos indivíduos, promulgou por meio da Lei nº 12.305/2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos que faz menção direta aos mesmos.

Assim, podemos dizer que PNRS ao instituir a logística reversa e a responsabilidade compartilhada como instrumentos, funciona como um mecanismo de defesa, prevenção e controle da saúde e do meio ambiente. Ela, ainda, mostra certo alinhamento com as políticas de outros países que se adiantaram no equacionamento da problemática dos resíduos eletroeletrônicos. Todavia, a despeito da inovação de ambos os conceitos no cenário brasileiro, eles carecem de melhor estrutura, demandam grandes investimentos e a suas ideias básicas ainda devem ser incorporadas por todos os setores: consumidores, comerciantes, distribuidores, fabricantes ou importadores.

Vale destacar que o desconhecimento acerca do que fazer com tais equipamentos após o consumo ainda permeia a sociedade. Muitos indivíduos desconhecem a logística de descarte dos mesmos e acabam tratando-os como outros resíduos domésticos ou guardando-os em suas residências sem nenhuma utilidade. Ainda há os que reconhecem o valor intrínseco aos REEEs e, por isso, não querem simplesmente entregá-los em pontos de coletas sem nenhum ganho de retorno.

Diante disso, alguns comércios têm implementado uma nova lógica na qual a entrega de um equipamento usado lhes fornece um desconto na compra de um novo. Essa nova “política” empresarial tem aparecido cada vez mais nas propagandas e são capazes de trazer ganhos econômicos, além de conferir certo prestígio a tais companhias ao aliar a preocupação econômica à ambiental.

Contudo, infelizmente, a maioria deles ainda é jogada, sem cuidados, em lixões a céu aberto e em aterros, propiciando contaminações e/ou as minerações urbanas. Esse fenômeno que tem um enorme potencial para a efetivação de uma economia circular aparece de maneira precária e muito marcada pela informalidade no Brasil, intensificando os riscos aos quais os indivíduos já vulneráveis estão expostos.

Ainda, para que o processo da formação de uma economia circular seja financeiramente viável é importante considerar a necessidade de custos específicos para cada etapa realizada. Ou seja, estabelecer quem vai pagar pelo transporte, pelo desmonte, pelo armazenamento, pelas energias empregadas nos processos de transformações, pela mão de obra, pelo tratamento e destinação final ambientalmente adequada, etc.

Sob essas perspectivas é possível notar que a implantação e efetivação de um sistema cíclico no contexto brasileiro ainda enfrenta grandes desafios. A partir deste trabalho foi possível constatar que as legislações que disciplinam este segmento se mostram incapazes de garantir um gerenciamento, retorno e disposição final segura; o desconhecimento populacional acerca da temática ainda é expressivo; o desinteresse das grandes empresas em adotar a ideia da logística reversa e da responsabilidade compartilhada dificulta ainda mais a definição de acordos; a limitação quanto a disponibilidade de dados relativos aos equipamentos eletroeletrônicos e os seus resíduos dificultam o desenvolvimento de uma análise mais profunda e comparativa; e a precariedade de literaturas científicas disponíveis em língua portuguesa em bases como BVS e SciELO complica os estudos sobre a temática.

Dessa maneira, muito ainda deve ser feito quanto à problemática dos REEEs. Em primeiro lugar, a investigação fidedigna e oficial do panorama atual se faz extremamente necessário para a elaboração de futuras ações. A posteriori é fundamental que as informações

obtidas a partir desses e de outros estudos sejam compartilhados com a população, iniciando assim um processo de conscientização crítica acerca dos hábitos de consumo e descarte.

Além disso, o incentivo à reutilização deve ser intensificado, visto que até mesmo procedimentos de reciclagem dependem de um uso energético capaz de produzir certos impactos sobre o meio. É necessário melhorar a eficiência no reaproveitamento de resíduos sólidos a partir da criação ou aperfeiçoamento dos produtos, de modo que a sua composição ou formato possibilite a reinserção destes materiais na cadeia produtiva após o descarte. E, ainda, estimular que instituições de ensino ofereçam cursos de capacitação para alunos e catadores, chamando a atenção para o tema e para os riscos inerentes ao manuseio inadequado dos REEEs.

Isto posto, fica claro que a construção de um planeta sustentável só será possível a partir de câmbios profundos na sociedade civil e no setor empresarial. A criação de uma consciência ambiental é o pilar básico para que os ciclos de vida existentes na biosfera, dentre os quais está a vivência humana, sejam respeitados em sua plenitude e garantam o completo bem-estar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: ABDI, 2012.

ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas instituições de ensino superior de Natal-RN. **HOLOS**, v. 2, p. 100-112, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA - ABINEE. **Panorama econômico e desempenho setorial**. São Paulo: ABINEE, 2019.

BALDÉ, C. P. *et al.* **Observatorio mundial de lós residuos electrónicos 2017**: cantidades, flujos, y recursos. [S. l.]: UNU: ITU, 2017. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/GEM%202017-S.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

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**: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 03 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Equipamentos reciclam gás CFC de ar-condicionado de automóveis**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/3346-equipamentos-reciclam-gas-cfc-de-arcondicionado-de-automoveis>. Acesso em: 30 nov. 2019.

EIGENHEER, E. M. **A limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Pallotti, 2009.

GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração urbana: o futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, v. 385, p. 36-39, 2018.

GRIOLETTO, E. M. *et al.* Produtos eletrônicos e a poluição ambiental. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 15, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Vocábulo Básico de Recursos Naturais e Meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

LEITE, P. R. Logística reversa na atualidade. *In*: PHILIPPI JUNIOR, A. (coord.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Manole, 2012. p. 337-365.

MACÊDO, J. C. **Lixo tecnológico, contexto e soluções**. 2009. 50 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Instituto de Matemática, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/27068/1/LIXO%20TECNOL%20C3%93GICO%20CONTEXTO%20E%20SOLU%20C3%87%20C3%95ES.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019.



MAGALINI, F.; KUEHR, R.; BALDÉ, C. P. **eWaste en América Latina**: análisis estadístico y recomendaciones de política pública. [S. l.]: UNU: IAS, 2015. Disponível em: <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-spa.pdf>. Acesso em: 19 out 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Mundo produzirá 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano até 2050, diz relatório, 2019. **Nações Unidas Brasil**, 25 jan. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mundo-produzira-120-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-por-ano-ate-2050-diz-relatorio/>. Acesso em: 30 nov. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. OIT: somente 20% do lixo eletrônico é reciclado formalmente. **ONU News**, 17 abr. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1668641>. Acesso em: 30 nov. 2019.

PORTO, M. F.; MARTINEZ-ALIER, J. Ecologia política, economia ecológica e saúde coletiva: interfaces para a sustentabilidade do desenvolvimento e para a promoção da saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S503-S512, 2007.

ROCHA, A. C.; CERETTA, G. F.; CARVALHO, A. P. Lixo eletrônico: um desafio para a gestão ambiental. **Revista TechnoEng**, v. 1, n. 2, 2015.

SANTOS, C. A. F.; SILVA, T. N. Descompasso entre a consciência ambiental e a atitude no ato de descartar lixo eletrônico: a perspectiva do usuário residencial e de uma empresa coletora. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO – ANPAD, 35., 2011, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: ANPAD, 2011. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/GCT1399.pdf>. Acesso em: 15 out. 2019

SANTOS, F. H. S.; SOUZA, C. E. G. **Resíduos de origem eletrônica**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. (Série Tecnologia Ambiental, 57).

SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. **Resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André: [s. n.], 2010. Disponível em: [http://wiki.nosdigitais.teia.org.br/images/9/98/Lixo\\_eletronico\\_no\\_brasil\\_2008.pdf](http://wiki.nosdigitais.teia.org.br/images/9/98/Lixo_eletronico_no_brasil_2008.pdf). Acesso em: 10 nov. 2019.

SILVA, J. R. N. Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas–IFAM, Campus Manaus Centro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1., 2010, Bauru, SP. **Anais** [...]. Bauru: [s. n.], 2010.

SIQUEIRA, V. S.; MARQUES, D. H. F. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 43, 2012.

TANAUE, A. C. B. *et al.* Lixo eletrônico: agravos a saúde e ao meio ambiente. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 19, n. 3, 2015.

TROMBINI, F.; GOMES, O. V. O. Reaproveitamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos– REEE: uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Anais** [...]. Bauru, SP: IBEAS, 2013.

USHIZIMA, M. M.; MARINS, F. A. S.; MUNIZ JUNIOR, J. Política Nacional de Resíduos Sólidos: cenário da legislação brasileira com foco nos resíduos eletroeletrônicos. *In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*, 11., 2014, Resende, RJ. [Anais...]. [Rio de Janeiro: FAPERJ], 2014.

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 1953-1964, 2008.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v. 379, p. 22-26, 2018.

XAVIER, L. H. *et al.* **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos**: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CETEM, 2017.

XAVIER, L. H. *et al.* **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos no Estado Rio de Janeiro**: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2018.

YOSHIDA, C. Competência e as diretrizes da PNRS: conflitos e critérios de harmonização entre as demais legislações e normas. *In: PHILIPPI JUNIOR, A. (coord.) Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos*. São Paulo: Manole, 2012. p. 3 - 381.