
LIXO ELETRÔNICO

Abordando a educação ambiental no ensino de química

Carlos Alexandre Vieira¹

Viviane Aparecida da Silva²

Resumo: Os produtos eletroeletrônicos estão presentes no nosso dia a dia, auxiliando em diversas atividades, como alimentação, moradia, transporte, trabalho ensino, lazer, dentre outros. Devido à avalanche de produtos desenvolvidos, vastas toneladas de resíduos eletroeletrônicos obsoletos são gerados em consequência do ciclo de vida curto e das poucas opções de reparos. Quando os resíduos eletrônicos são descartados em lixões, ou em locais inadequados, constituem em um sério risco para o meio ambiente, pois podem possuir em sua composição metais altamente tóxicos, como mercúrio, cádmio e chumbo, podendo ocasionar em impactos ambientais irreversíveis à fauna e à flora. Os adolescentes utilizam, cada vez mais, equipamentos eletroeletrônicos e é extremamente necessário que eles entendam a necessidade e a importância da redução, segregação e descarte correto dos produtos eletroeletrônicos obsoletos. A escola é a porta de entrada para trabalhar este tema com os estudantes, por esse motivo o referido estudo, que decorreu de uma revisão bibliográfica, tem a finalidade de apontar a relação dos resíduos eletrônicos com os conhecimentos da ciência, possibilitando aos professores a conduzirem as melhores práticas de ensino sobre essa temática, além de contribuir para a geração de maior consciência de conduta pessoal e ambiental.

Palavras-chave: Resíduos eletroeletrônicos; Logística reversa; Impacto ambiental; Educação ambiental.

ELECTRONIC WASTE

Addressing environmental education in chemistry teaching

Abstract: Electro-electronic products are present in our daily lives, helping in various activities, such as food, housing, transportation, teaching, leisure, among others. Due to the avalanche of products developed, vast tons of obsolete electronic waste are generated as a result of the short life cycle and the few repair options. When electronic waste is disposed of in dumps, or in unsuitable places, it constitutes a serious risk to the environment, as it may contain highly toxic metals, such as mercury, cadmium and lead, which can cause irreversible environmental impacts on fauna and to flora. Adolescents increasingly use electronic equipment and it is extremely necessary that they understand the need and importance of the reduction, segregation and correct disposal of obsolete electronic products. The school is the gateway to work on this topic with students. For this reason, the study, which was the result of a bibliographic review, aims to point out the relationship between electronic waste and science knowledge, enabling teachers to conduct the best teaching practices on this topic, in addition to contributing to the generation of greater awareness of personal and environmental conduct.

Keywords: Electrical and electronic waste; Reverse logistics; Environmental impact; Environmental education.

¹ Doutor em Ciências pela Universidade de Franca - UNIFRAN e mestre em Biotecnologia pela Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações - UNINCOR. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/3311692690861081>.

² Graduanda em Química pela Universidade Estadual de Minas Gerais. Currículo: <http://lattes.cnpq.br/7056580262333378>.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Os produtos eletroeletrônicos estão presentes no nosso dia a dia, auxiliando em todas as nossas atividades, como alimentação, moradia, transporte, trabalho ensino, lazer, dentre outros. A chamada “avalanche de novas tecnologias” tem propiciado melhoria na qualidade de vida, otimizando o tempo e favorecendo o desempenho profissional e pessoal na sociedade (SEIFFERT, 2007).

“É inegável os benefícios que a tecnologia propiciou para a humanidade” (MOROZESK; COELHO, 2016), vide durante a pandemia do Novo Corona Vírus, aumento da capacidade de atendimento dos hospitais, otimizando o trabalho remoto, reuniões, encontro de familiares e amigos, aplicativos de entrega de bens e alimentos, dentre outros (SANGER, 2020).

Porém, com desenvolvimento tecnológico acelerado, novos produtos chegam ao mercado, diminuindo o ciclo de vida de equipamentos em uso e muitos passam a ser considerados obsoletos. Com isso, o crescimento na produção de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), comumente chamados de lixos eletrônicos está cada vez mais acelerado. Os referidos resíduos englobam vários tipos de equipamentos, desde os eletrodomésticos de grande porte, celulares, pilhas, lâmpadas, conetores e brinquedos (OLIVEIRA; GOMES; AFONSO, 2010).

Devido ao crescimento exacerbado, as indústrias e a sociedade não previram o acúmulo desse tipo de resíduo gerado, Mattos e Perales (2008) e que, na maioria das vezes, o descarte destes materiais é inadequado e acabam sendo destinados em lixos comuns ou em lixões onde são queimados, sem precauções e consciência de que o eventual processo pode acarretar danos ao meio ambiente e agravos à saúde (TANAUE, *et al.*, 2015).

Quando os resíduos eletrônicos são descartados em lixões, constituem-se num sério risco para o meio ambiente, pois podem possuir em sua composição metais altamente tóxicos, como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Conseqüentemente os impactos originados dos resíduos eletrônicos atingem grandes regiões, afetando diretamente à fauna e à flora existentes, originando diversos problemas ambientais (TANAUE, *et al.*, 2015).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Em virtude dos problemas ambientais causados pelo aumento da produção de resíduos elétricos e eletrônicos, houve um estímulo social que tem despertado a atenção de países desenvolvidos, acerca da discussão sobre o descarte e a disposição desse material. Contudo, o conhecimento relativo à logística reversa e sua forma de destinação final é limitado, além de não possuir ainda um método capaz de reduzir totalmente esse tipo de resíduo (NATUME; SANT'ANNA, 2011).

Diante deste contexto, é importante evidenciar que a escola, como espaço educacional, é capaz de motivar seus estudantes na elaboração de formas adequadas de coleta e destinação de resíduos sólidos, auxiliados por projetos e também habilitar a discussão sobre as políticas existentes, como a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), que cita a prevenção e redução de resíduos propondo práticas de hábitos sustentáveis, a fim de propiciar um aumento da reciclagem, reutilização e descarte correto, além de obrigar os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, isto é, o gerenciamento do caminho inverso dos materiais utilizados.

Portanto, temas sociais devem ser desenvolvidos a fim de possibilitar uma abordagem dos aspectos sociais, políticos, econômicos e éticos envolvidos (LEITE; RODRIGUES, 2013). A escola possui um papel primordial ao propiciar aos seus discentes a possibilidade de se desenvolver e contribuir para uma geração de uma maior consciência de conduta pessoal e ambiental.

Diante desses fatores, é importante analisar como os jovens e adolescentes inseridos na sociedade de consumo estão agindo. É fundamental que eles entendam a necessidade e a importância da redução, segregação e descarte correto dos produtos eletroeletrônicos obsoletos. Uma das justificativas deste, se dá pelo fato de aprofundar os conhecimentos nas áreas da ciência e da química, dando ênfase a poluição gerada pelos resíduos, tema que pode ser abordado em conteúdos transversais, como Educação Ambiental e consumo consciente.

Neste contexto, a seguinte pergunta problema foi levantada: através da temática relacionada ao lixo eletrônico eletrônicos, é possível que o professor de Química proporcione aos seus discentes a consciência dos tipos de riscos que podem aparecer e dos agravos à saúde e ao meio ambiente provenientes destes resíduos?

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Desta forma, pretende-se analisar através de uma revisão bibliográfica a relação do resíduo eletrônico com os conhecimentos da Química, que possibilitam os professores desta disciplina a conduzir melhores práticas de ensino sobre essa temática. Os objetivos deste trabalho são os de relacionar os resíduos eletrônicos com os impactos ambientais provocados pelos mesmos, descrever sobre as principais substâncias perigosas encontradas nos REEE e seus efeitos à saúde humana, descrever a logística reversa associada à educação ambiental e as leis que os regem e propor que este material possa ser utilizado como referencial teórico para professores de ciência e ciência na abordagem ambiental.

2 OS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

Desde o ápice da Revolução Industrial, o desenvolvimento da tecnologia tornou-se um marco de suma importância para as civilizações atuais. Presenciamos uma época marcada pelas revoluções técnicas, científicas, informacionais, onde diversos tipos de equipamentos eletroeletrônicos são produzidos, afim de tornar mais versátil a vida humana (SEIFFERT, 2007).

Neste contexto, é inegável que a vivência em um mundo pós-moderno, marcado pela evolução virtual e efêmero, tem-se tornado mais fugaz. A comunicação e outros afazeres ficaram mais fáceis, devido ao surgimento dos smartphones, tablets, notebooks, entre outras inovações. Devido a essa grandeza de possibilidades tecnológicas, evidencia-se o crescimento do consumo destes produtos, os quais são consumidos em uma escala cada vez maior e em um curto período de tempo (SANTOS, 2016).

O surgimento de tanta inovação posta para consumo em tão pouco tempo, faz com que o ser humano consuma mais e esteja sempre substituindo os aparelhos eletrônicos antigos, pelos novos lançamentos. Aparelhos que antes possuíam uma vida útil duradoura, na atualidade caem no desuso mais cedo. Este fator ocorre frente a divulgação realizada pela mídia, onde as propagandas mostram repetidamente os novos lançamentos tecnológicos, fazendo com que se acredite ser impossível viver sem possuir a última novidade disposta a venda no mercado, e tenha necessidade em

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

realizar a compra. Assim o que é descartado se torna obsoleto, além de contribuir ainda mais para a geração dos REEE (NORTE, 2008).

Para Townsend (2011), as pesquisas iniciais envolvendo a definição e a gestão dos REEE surgiram, de maneira mais afincadas, no decorrer da segunda da década de 1990. Os primeiros estudos envolviam pesquisas de avaliação dos compostos químicos existentes nos equipamentos e aparelhos eletroeletrônicos descartados. Durante a primeira década do século XXI, as pesquisas a respeito desta temática foi aumentando, motivadas em virtude das exigências dos países desenvolvidos e pelos casos de contaminação em humanos e no meio ambiente.

Os resíduos eletroeletrônicos, também são denominados de resíduos tecnológicos, e-lixo ou de lixo eletrônico. São caracterizados como todos ou quaisquer equipamentos ou aparelhos de origem tecnológica, cuja vida útil tenha chegado ao final, em virtude de falhas em sua funcionalidade ou por obsolescência tecnológica (BOSQUESI; FERREIRA, 2018).

Na visão de Norte (2008, p. 5):

A Diretiva para Resíduos Elétricos e Equipamentos Eletrônicos, lei 2002/96/EC da Comunidade Europeia de janeiro de 2003, considera-se resíduo eletrônico, ou resíduo eletrônico, ou ainda *e-waste* (palavra em inglês que abrevia o termo *eletronic waste*, literalmente resíduo eletrônico), todo resíduo de aparelho movido a eletricidade ou campo eletromagnético, incluindo seus componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que é descartado, seja por ter se tornado obsoleto ou por ter atingido o fim de sua vida útil. Tais resíduos podem ser oriundos de uso doméstico, de grandes empresas, instituições ou uso governamental, e por fim o refugo (material de fábrica que não atingiu a qualidade padrão) dos fabricantes de eletrônicos. Entre outros, consideram-se exemplos de resíduo eletrônico: televisores, rádios, aparelhos celulares, computadores pessoais, eletrodomésticos portáteis, filmadoras, ferramentas elétricas e brinquedos eletrônicos.

De acordo com Santos (2012), a conceituação de REEE mais usada no Brasil é a disposta pela legislação europeia, que os define como sendo resíduos de equipamentos que dependem de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos para sua devida funcionalidade, abrangendo os equipamentos de geração, transferência e medição de correntes e campos elétricos, e os equipamentos projetados para uso de tensão nominal inferior a 1.000 (*volts*) para corrente alternada e 1500 (*volts*) para corrente contínua. No Quadro 1, estão apresentados os equipamentos eletroeletrônicos incluídos por categoria, conforme disposto pela diretiva europeia.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Quadro 1- Classificação das categorias de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)

CATEGORIA DOS REEE	LISTA DE PRODUTOS
Eletrodomésticos Grandes	Grandes aparelhos de refrigeração; refrigeradores; freezers; máquinas de lavar e secar roupa; máquinas de lavar louça; fogões e chapas elétricas; micro-ondas; aparelhos de aquecimento elétrico; radiadores elétricos, ventiladores elétricos, aparelhos de ar condicionado; Exaustores.
Eletrodomésticos Pequenos	Aspiradores de pó; varredores de tapete; máquinas de costura e tecelagem e outras máquinas para produtos têxteis; ferros elétricos e outros aparelhos para tratar o vestuário; torradeiras, fritadeiras, moinhos, máquinas de café e aparelhos para abrir ou fechar recipientes ou embalagens; facas elétricas, máquinas de cortar cabelo, secadores de cabelo, escovas de dente elétricas, aparelhos de barbear; relógios.
Equipamentos de Tecnologia da Informação e Telecomunicações	<i>Mainframes</i> ; minicomputadores, impressoras, computadores pessoais (CPU, <i>mouse</i> , tela e teclado incluídos), <i>laptops</i> , <i>notebook</i> , <i>notepad</i> , impressoras, equipamentos de fotocópia; máquinas de escrever elétricas e eletrônicas; calculadoras; terminais de usuário e sistemas; fac-símile; telex; telefones, telefones celulares, sistemas de atendimento automático.
Equipamentos de Entretenimento	Aparelhos de rádio, TV; câmeras de vídeo; gravadores de vídeo; gravadores <i>hi-fi</i> ; amplificadores de áudio, instrumentos musicais; outros produtos ou equipamentos para fins de registro ou de reprodução de som ou imagem.
Equipamentos de Iluminação	Luminárias para lâmpadas fluorescentes, com exceção dos aparelhos de iluminação doméstica; lâmpadas fluorescentes; lâmpadas fluorescentes compactas; lâmpadas de alta intensidade de descarga, incluindo lâmpadas de sódio sob pressão, de iodetos, de sódio de baixa pressão, iluminação ou equipamento com a finalidade de difundir ou controlar a luz, com exceção das lâmpadas de incandescência.
Ferramentas Elétricas e Eletrônicas (com exceção das ferramentas de grande escala industrial)	Brocas; serras, máquinas de costura, equipamentos para torner, lixar, triturar, serrar, cortar, tosar, brocar, fazer furos, puncionar, dobrar, encurvar, ou semelhantes, ferramentas para rebitar, pregar ou aparafusar; ferramentas para solda; equipamentos para pulverizar, espalhar; ferramentas para cortar arbustos.
Brinquedos e Equipamentos Esportivos	Trens elétricos ou carros de corrida, consoles de vídeo game, vídeo game, bicicletas ergométricas; equipamento desportivo com componentes elétricos ou eletrônicos.
Equipamentos Médicos	Equipamentos de radioterapia; cardiologia; diálise; ventiladores pulmonares, equipamentos de medicina nuclear, equipamentos de laboratório para diagnóstico <i>in vitro</i> ; analisadores; <i>freezers</i> ; testes de fertilização.
Instrumentos de Monitoramento	Detectores de fumaça; reguladores de aquecimento; termostatos; aparelhos de medição, pesagem ou regulação, monitoramento e outros instrumentos de controle.
Distribuidores Automáticos	Distribuidores automáticos de bebidas e garrafas, de produtos sólidos, de dinheiro e todos os demais aparelhos que forneçam automaticamente qualquer produto.

Fonte: União Europeia Diretiva (2003).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Como apontado no Quadro 1, existem uma infinidades de resíduos eletroeletrônicos. O consumo de tais resíduos na sociedade são altos, pois consistem em aparelhos e equipamentos capazes de promover bem-estar e qualidade de vida. Mas por outro lado, configura-se como um problema de ordem ambiental, pois são constituídos de elementos tóxicos e ao serem mal gerenciados, acabam descartados nos lixos comuns, sendo destinados para lixões ou aterros (MACIEL, 2011).

Os REEE possuem quantidades significativas de substâncias e componentes tóxicos considerados prejudiciais a natureza e a vida humana, porém, nem todas as pessoas tem conhecimento deste fato, incluído pessoas que trabalham diariamente com esse tipo de resíduo e o seu descarte. Segundo dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS (2018), no ano de 2014, o Brasil gerou cerca de 1.100.000 toneladas de equipamentos eletroeletrônicos pequenos, e em 2015 esse número foi de 1.247.000 toneladas.

Como a produção dos equipamentos eletroeletrônicos é crescente, conseqüentemente o consumo se torna elevado. A partir do momento em que os REEE são descartados no lixo comum e não são destinados aos locais licenciados para disposição final, as substâncias tóxicas de seus componentes podem ser liberadas, como os íons de metais traço potencialmente tóxicos (antigamente chamados de metais pesados). Os mesmos penetram no solo, contaminando lençóis freáticos entre outros cursos hídricos, animais e o ser humano (FILHO, 2008).

Quando os REEE são descartados em locais não apropriados, e com o contato com a água de chuva no passar do tempo de sua deterioração e pelo processo de decomposição física, química e biológica um chorume é produzido, que infiltra no solo, contribuindo para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além de deixar o solo tóxico (MACIEL, 2011).

Assim, os impactos ambientais gerados pelos REEE, podem afetar vastas áreas, colocando em risco a fauna e a flora local e tudo a seu entorno. Por esse motivo, os resíduos eletrônicos configuram-se como um dos maiores problemas ambientais em todo o planeta.

2.1 Impactos ambientais provocados pelos REEE

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Os REEE são vistos com uma enorme preocupação por parte dos profissionais e acadêmicos ligados à área da sustentabilidade ambiental, devido aos danos provocados pelo seu descarte inadequado. Em todo o mundo são produzidos anualmente milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônicos e segundo apontado pela Ciclo Vivo (2020), no ano de 2019, houve um recorde de geração de REEE de aproximadamente 53,6 milhões. Estes resíduos contém componentes e substâncias tóxicas e podem causar impactos ambientais irreversíveis.

Os impactos provocados pelos REEE culminam na contaminação do solo, água e ar. A ABNT NBR ISO 14001, define o impacto ambiental como toda alteração tanto adversa como benéfica, parcial ou total das características físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, provocadas por qualquer tipo de matéria ou energia resultantes da ação antrópica sobre o meio ambiente, que inferem direta ou indiretamente na segurança, saúde, bem-estar, atividades socioeconômicas, condições estéticas, sanitárias e qualidade dos recursos naturais disponíveis na natureza (ABNT, 2015).

Conforme estipulado no Artigo 1º da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é considerado impacto ambiental, qualquer tipo de alteração direta ou indireta que modifique as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, a qual é provocada por qualquer tipo ou forma de matéria ou energia resultantes da atividade antrópica (BRASIL, 1986).

O solo é um recurso natural imóvel em relação a água e o ar, o qual não realiza a dispersão com facilidade de substâncias que por ventura podem intervir na sua dinâmica, ocasionando sérios problemas aos seres vivos, além de influenciar na poluição das águas. Ele ainda absorve grandes quantidades de agentes poluidores, sem intervir em sua estrutura química, porém com passar do tempo, os danos causados por essa absorção sempre causam estragos irreversíveis e posteriormente sua degradação (CAMARGO, 2007).

O processo de contaminação do solo ocorre a partir do momento em que os REEE são descartados em locais inadequados. As substâncias tóxicas que são liberadas, podem ser e lixiviadas em caso de proximidade de área com vegetação, a contaminação pelos metais traços pode ser transferidas a estes durante a absorção dos nutrientes dissolvidos no solo (FU et al., 2008).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

A poluição das águas é definida como sendo o lançamento ou infiltração de substâncias químicas e tóxicas nocivas na água, causada pelas atividades industriais, domiciliares, agroindustriais, ou pelo descarte inadequado de resíduos/rejeitos. A contaminação das águas pode começar com as chuvas, onde ocorre o processo de lixiviação de contaminantes contendo alumínio, arsênio, cádmio, bário, cobre, chumbo, mercúrio, cromo, entre outros metais traços, os quais percolam para as águas superficiais e os lençóis subterrâneos, gerando impactos a saúde biótica dos ecossistemas e dos demais seres vivos por meio da bioacumulação desses metais (BOSQUESI; FERREIRA, 2018).

Por vez, a contaminação do ar decorre do processo de queima inadequada dos REEE. A queima dos mesmos pode liberar dióxidos e hidrocarbonetos, componentes altamente tóxicos, além de produzir gás carbônico (CO₂) e de dióxido de enxofre (SO₂), os quais quando são lançados na atmosfera intensificam o efeito estufa e colaboram para ocorrência de chuva ácida (BOSQUESI; FERREIRA, 2018).

3 SUBSTÂNCIAS TÓXICAS ENCONTRADAS NOS REEE E SEUS EFEITOS À SAÚDE HUMANA

Os metais traços são a maior preocupação quando o assunto são os resíduos eletrônicos, pois, estes contêm mercúrio, cádmio, berílio, entre outras substâncias, que quando descartados inadequadamente, configuram-se em um grande risco ambiental e de saúde pública (SANTOS; SOUZA, 2010).

Muitos dos usuários destes equipamentos lançam tais produtos na cesta de lixo comum, e as substâncias tóxicas presentes em seus componentes podem contaminar o solo, recursos hídricos, plantas e alimentos, chegando com facilidade ao homem. Quando ingeridos podem provocar males como perda de olfato, audição e até mesmo perda de visão e enfraquecimento ósseo. Segundo Carpanez (2007, p. 1): “os REEE não são biodegradáveis e, mesmo que tenham baixa quantidade de elementos tóxicos, podem fazer um enorme mal ao meio ambiente e ao homem”.

Muitas são as substâncias encontradas nos componentes dos REEE, para Gonçalves (2007) as principais são: chumbo, cádmio e Mercúrio. As aplicações do chumbo são evidenciados nos equipamentos eletrônicos nas soldas dos circuitos

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

impressos, tubos de raios catódicos de monitores de computadores e televisores, celulares entre outros. Representam aproximadamente 40% do chumbo encontrados nos aterros sanitários o que constitui uma grande probabilidade de vazamento para cursos hídricos, fator preocupante, pois pode contaminar os fornecedores de água potável (GONÇALVES, 2007).

O chumbo pode se acumular no meio ambiente e provocar sérios danos às plantas, aos animais, aos microrganismos e à saúde humana, gerando sérios efeitos agudos e crônicos. Para saúde humana pode causar danos no sistema nervoso central e periférico, sistema sanguíneo e nos rins. E nos últimos anos evidencia-se problemas no sistema endócrino e efeito negativo no desenvolvimento do cérebro de crianças, além de causar câncer (GONÇALVES, 2007).

Já o cádmio aparece em alguns equipamentos eletroeletrônicos como em resistores, detectores de infravermelho e semicondutores, tvs, celulares e monitores. Seus compostos são tóxicos e constituem em riscos irreversíveis à saúde humana, pois, ao serem inalados ou absorvidos através de alimentos contaminados acumulam particularmente nos rins, além de causar câncer de pulmão, próstata, anemia e osteoporose. Perante sua alta toxicidade representa um sério risco ambiental devido aos seus efeitos agudos, crônicos e cumulativos (ECYCLE, 2020a).

O mercúrio representa aproximadamente 22% do consumo mundial utilizado na fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos. São aplicados em termostatos, sensores de posição, pulhas, chaves, relés, lâmpadas descartáveis, equipamentos médicos, transmissores de dados, celulares, baterias, interruptores residenciais, computadores e nas placas de circuito impresso (GONÇALVES, 2007).

A partir do momento em que se espalha nos recursos hídricos, transforma-se em metil-mercúrio, conhecido como um tipo de mercúrio capaz de causar efeitos nocivos à saúde humana, principalmente aos fetos e bebês onde pode provocar danos crônicos ao cérebro. Ainda para saúde humana seus efeitos são irreversíveis, pois possui um alto potencial de deterioração do sistema nervoso, causando perturbações motoras, sensitivas, tremores e até demência. No meio ambiente, o mercúrio vai se acumulando nas profundezas de lagos, rios e mares, e acumula-se nos organismos dos seres vivos, como os peixes e mariscos (ECYCLE, 2020a).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

De acordo com dados apresentados pela Ecycle (2020a), no estudo elaborado pelo Centro de Tecnologia Mineral, aproximadamente 70% dos metais traços identificados nos aterros sanitários e lixões são decorrentes dos equipamentos eletroeletrônicos descartados na cesta de lixo comum. Tais equipamentos possuem em suas estruturas inúmeras substâncias tóxicas que podem causar riscos ambientais, e efeitos irreversíveis à saúde humana.

Ainda como disposto pelo Ecycle (2020b), a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer, classifica as substâncias tóxicas em 5 grupos, sendo eles:

Grupo 1 – Carcinogênico para humanos;

Grupo 2A – Provável carcinogênico;

Grupo 2B – Possível carcinogênico;

Grupo 3 – Não classificável como carcinogênico;

Grupo 4 – Provável não carcinogênico (ECYCLE, 2020b, s/p).

Nestes grupos encontram-se 21 substâncias tóxicas, as quais derivam dos componentes dos equipamentos eletroeletrônicos. No Quadro 2, estão apresentadas as 21 substâncias capazes de causarem sérios riscos à saúde do ser humano.

Quadro 2- Substâncias tóxicas encontradas nos equipamento eletroeletrônicos

SUBSTÂNCIA	RISCOS	GRUPO
Alumínio	Intoxicação aguda: Obnubilação, convulsões. Intoxicação crônica: Perturbação intermitentes da fala (gagueira), disfunções neurológicas que impedem movimentos coordenados, espasmos mioclônicos, convulsões, alterações de personalidade, demência global.	Cancerígeno na bexiga, pulmão (Grupo 1).
Antimônio	Intoxicação aguda: febre alta, irritação na mucosa gástrica, vômitos violentos, cólica abdominal, diarreia, inchaço dos membros, hálito pestilento e erupções cutâneas. Intoxicação crônica: Inflamação no pulmão, bronquite e enfisema crônico.	Cancerígeno para pulmões. (Grupo 2B).
Arsênio	Intoxicação aguda: dor abdominal, vômito, diarreia, vermelhidão da pele, dor muscular, fraqueza, dormência e formigamento das extremidades, câimbras e pápula eritematosa. Intoxicação crônica: lesões dérmicas, como hiper e hipopigmentação, neuropatia periférica, câncer de pele, bexiga e pulmão, e doença vascular.	Cancerígeno para pele, pulmão, bexiga e rins. (Grupo 1).
	Intoxicação aguda: calafrios, febre, tosse dolorosa e acúmulo de fluidos nos pulmões.	

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Berílio	Intoxicação crônica: Beriliose ou granulomatose pulmonar crônica, lesões pulmonares.	Cancerígeno no pulmão. (Grupo 1).
Bismuto	Intoxicação aguda: náusea, vômito, icterícia, febre, diarreia, cianose e dispneia. Intoxicação crônica: distúrbios gastrintestinais, gengivoestomatite ulcerativa, fraqueza geral, perda do apetite, dermatites e danos renais.	Cancerígeno no estômago. (Grupo 1).
Cádmio	Intoxicação aguda: dores abdominais, náuseas, vômitos, diarreias. Intoxicação crônica: perda de olfato, tosse, falta de ar, perda de peso, irritabilidade, debilitação dos ossos, danos aos sistemas nervoso, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos entre outros.	Cancerígeno para pulmões e rins. (Grupo 1).
Chumbo	Intoxicação aguda: irritabilidade, náusea, dor abdominal com constipação e anemia. Intoxicação crônica: perda de apetite e peso, apatia, anemia, danos nos sistemas nervoso, respiratório, digestivo, sanguíneo e aos ossos.	Cancerígeno para rins e sistema nervoso. (Grupo 2A).
Cobalto	Intoxicação aguda: diminuição da função ventilatória, congestão, edema e hemorragia dos pulmões, náusea, vômito, diarreia, dano ao fígado e dermatite alérgica Intoxicação crônica: asma, eczema de contato, miocardiopatia e problemas hematológicos, pneumoconiose e fibrose intersticial pulmonar.	Cancerígeno para pulmões. (Grupo 2B).
Cobre	Intoxicação aguda: náuseas, vômitos, diarreias, anemia hemolítica, insuficiência renal, insuficiência hepática e coma, dor abdominal, tontura, taquicardia, hemorragia digestiva. Intoxicação crônica: insuficiência hepática, Doença de Wilson.	Cancerígeno: tem fator predominante na Doença de Menkes e de Wilson. Cancerígeno para pele, pulmões e fígado. (Grupo 1).
Cromo (Hexavalente)	Intoxicação aguda: vertigem, sede intensa, dor abdominal, vômito, constipação. Intoxicação crônica: dermatite, edema de pele, ulceração nasal, conjuntivite, náuseas, vômito, perda de apetite, rápido crescimento do fígado.	Cancerígeno para pele, pulmões e fígado. (Grupo 1)
Estanho	Intoxicação aguda: Náusea, vômito e diarreia, dor abdominal, dor de cabeça, irritação nos olhos e pele. Intoxicação crônica: neurotoxicidade, Alzheimer, hemorragia cerebral, glioblastoma.	Cancerígeno para pele, pulmões e fígado. (Grupo 1).
Ferro	Intoxicação aguda: lesão direta na mucosa intestinal, afeta a função mitocondrial, acidose, distúrbios na coagulação do sangue, hiper ou hipoglicemia, necrose tubular aguda. Intoxicação crônica: desconforto abdominal, letargia e fadiga.	Cancerígeno para pulmões, sistema digestivo. (Grupo 1).
Ftalato (oriundo do PVC)	Intoxicação aguda: sintomas alérgicos e problemas pulmonares. Intoxicação crônica: danos ao sistema reprodutivo, problemas no fígado e rins, efeito negativo em processos metabólicos.	Cancerígeno para próstata, pâncreas e múltiplo mieloma (Grupo 2B).
Lítio	Intoxicação aguda: vômitos, diarreia, ataxia, arritmias cardíacas, hipotensão e albuminúria.	Cancerígeno para próstata, pâncreas e

	Intoxicação crônica: afeta sistema nervoso.	múltiplo mieloma (Grupo 2B).
Mercúrio	Intoxicação aguda: Aspecto cinza escuro na boca e faringe, dor intensa, vômitos, sangramento nas gengivas, sabor amargo na boca, ardência no aparelho digestivo, diarreia grave ou sanguinolenta, inflamação na boca queda ou afrouxamento dos dentes, glossite, tumefação da mucosa grave, necrose nos rins, problemas hepáticos graves e morte rápida (1 ou 2 dias). Intoxicação crônica: Transtornos digestivos e nervosos, caquexia, estomatite, salivação, mau hálito, anemia, hipertensão, afrouxamento dos dentes, problemas no sistemas nervoso central, transtornos renais leves, possibilidades de alteração cromossômica.	Cancerígeno no sistema: os compostos de metil mercúrio são classificados como possível carcinogênico (Grupo 2B), mas o mercúrio metálico e os compostos inorgânicos de mercúrio não são classificados como carcinogênicos (Grupo 3).
Prata	Intoxicação aguda: coma, edema pleural, hemólise e insuficiência na medula óssea Intoxicação crônica: argiria, pigmentação da pele, unhas, gengiva.	Cancerígeno para pulmão e seios paranasais. (Grupo 1).
Níquel	Intoxicação aguda: sensação de queimadura e coceira nas mãos, vermelhidão e erupção nos dedos e antebraços, edema pulmonar e pneumonia. Intoxicação crônica: dermatite alérgica, conjuntivite, pneumonia easinofílica (síndrome de Leoffler), asma, rinite crônica, sinusite nasal e irritação pulmonar crônica.	Cancerígeno para pulmão e seios paranasais. (Grupo 1).
Retardantes de chama bromados	Intoxicação aguda: problemas no fígado, afeta sistema imunológico. Intoxicação crônica: bioacumulação no leite materno e sangue, interfere no desenvolvimento ósseo e cerebral, afeta o sistema neurológico, comportamental e hormônios da tireoide.	Cancerígeno para pulmão e seios paranasais. (Grupo 1).
Selênio	Intoxicação aguda: anorexia, dispneia intensa, corrimento nasal espumoso, cianose, tremor, hipertermia, cegueira, taquicardia, arritmias cardíacas, ataxia e exaustão, edema pulmonar, cardíaco e hidrotórax (líquido no pulmão) pálido. Intoxicação crônica: Cegueira ou descoordenação, alcalose metabólica.	Não cancerígeno (Grupo 3).
Vanádio	Intoxicação aguda: dor de cabeça, palpitações, sudorese e fraqueza generalizada, danos renais, bronquite e broncopneumonia. Intoxicação crônica: rinite, faringite, bronquite, tosse crônica, respiração ofegante, falta de ar e fadiga.	Cancerígeno para pulmões, alteração genética (Grupo 2B).
Zinco	Intoxicação aguda (casos raros): náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, mal-estar, cansaço, ulcerações gástricas, lesão renal e efeitos adversos no sistema imunitário. Intoxicação crônica: anemia, aumento do LDL, diminuição do HDL e alteração dos linfócitos T.	Carcinogênico para humanos. (Grupo 1).

Fonte: Ecycle (2020b).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Como descrito no Quadro 2, os equipamentos eletroeletrônicos podem possuir em seus componentes várias substâncias tóxicas capazes de provocarem sérios efeitos irreversíveis a saúde humana e ao meio ambiente (ECYCLE, 2020b). Desta forma, é de suma importância que a sociedade saiba a importância de descartar os equipamentos eletroeletrônicos obsoletos em locais adequados, conforme orientação dos fabricantes, visando a preservação e proteção ambiental e da saúde humana.

4 OS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Diante a vasta geração de REEE, o descarte final deste equipamentos representam uma grande complexidade, considerando o potencial de degradação capaz de causar ao meio ambiente, e os riscos à saúde humana. A fim de impor uma melhor tratativa aos resíduos sólidos, no dia 05 de agosto de 2010, foi aprovada no Brasil, Lei Federal nº 12.305, a qual dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta lei impõe sobre os geradores a necessidade de destinarem adequadamente os resíduos provenientes de seus ciclos produtivos (BRASIL, 2015).

A PNRS, apresenta princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, distrito federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. É marco para a sociedade brasileira no que toca à questão ambiental e na visão da forma de tratar o lixo urbano. Traz uma concepção que prioriza compartilhar, com todas as partes relacionadas ao ciclo de vida de um produto, a responsabilidade pela gestão integrada e pelo gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. Assim, o setor público, a iniciativa privada e a população ficam sujeitos à promoção do retorno dos produtos às indústrias após o consumo e obriga o poder público a realizar planos de gerenciamento do lixo. Ainda visa a reciclagem, com o estímulo à participação formal dos catadores, organizados em cooperativas (ABID, 2013, p. 12-13).

Um dos principais pontos de abrangência da PNRS, está direcionado para o lixo eletrônico, apresentando a logística reversa, a qual difere sobre as ações a serem tomadas para facilitar o retorno de tais resíduos aos seus geradores, de modo que sejam tratados e reaproveitados na fabricação de novos produtos, visando a redução do volume de REEE gerado no país (SILVA *et al*, 2013).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Conforme o artigo 33 da PNRS são obrigados de estruturar e implementar a logística reversa, perante o retorno dos produtos de pós consumo por parte do consumidor, de maneira independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos.

4.1 A logística reversa

A logística reversa é um assunto atual no Brasil e teve uma maior divulgação através da promulgação da Lei nº 12.305. Esta lei trouxe alguns avanços a respeito desta temática, mas para conhecer melhor seu desempenho, é importante definir o conceito de logística.

A logística é além de ciência, uma arte, na qual é dedicada a fazer o que for necessário para disponibilizar os produtos/serviços certos, no local adequado, no tempo certo. Um dos principais objetivos da logística é ser capaz de entregar os produtos ou serviços, ao destino final o mais rápido possível, conseguindo assim, reduzir os custos. E para que isso aconteça, os especialistas em logística estudam rotas de circulação, locais de armazenamento e meios de transportes entre outros diversos fatores que influenciam na área (ALMEIDA *et al*, 2013).

Já a logística reversa é o processo de planejamento, efetivação e controle de forma eficiente, até mesmo dos custos, fluxos de matérias-primas, de estoques, bens finalizados e dados relacionados a eles, do ponto do consumo para o local de origem com o objetivo de recapturar ou promover valor ou também proporcionar disposição apropriada (MARCONDES, 2007).

Ainda pode ser conceituada como um procedimento de planejamento, implementação e controle da eficácia e custo ativo do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos consumidos e os dados pertinentes do ponto de consumo para o ponto de origem com a finalidade de recapturar o valor ou propor à adequada disposição (ALMEIDA *et al*, 2013).

O enfoque da logística reversa é agregar valor econômico, de serviço, ecológico, legal e de localização, seja através da redução da poluição ambiental, ou da redução dos desperdícios de insumos, através da reutilização, reciclagem, reuso

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

de produtos, e a redução da quantidade de material, entre outros (MARCONDES, 2007).

A logística reversa é composta por atividades divididas em etapas como: coleta, inspeção, separação, compra, venda, devolução, com o objetivo de gerar uma recuperação sustentável (ALMEIDA *et al*, 2013). O ciclo da logística reversa engloba o processo de planejamento, efetivação e controle de forma eficiente, até mesmo dos custos, fluxos de matérias-primas, de estoques, bens finalizados e dados relacionados a eles, do ponto do consumo para o local de origem com a finalidade de recapturar ou promover valor ou proporcionar disposição apropriada (MARCONDES, 2007).

A logística reversa é dividida em duas ramificações: a de pós-venda e a de pós-consumo. A primeira ramificação da logística reversa é a de pós-venda, referente ao planejamento, controle e destinação dos bens sem ou pouco uso, que retornam à cadeia de distribuição quando por motivos de: devoluções por problemas de garantia e/ou qualidade, avarias no transporte, excesso de estoques, prazo de validade expirado, problemas após a venda (*recall*), entre outros (VALLE, 2013).

A outra ramificação da logística reversa é a de pós-consumo, referente aos produtos que após terem chegando no final de seu ciclo de vida útil, são descartados pelos consumidores, a por meio do processo logístico reverso existe a possibilidade de reciclagem e ou reaproveitamento de sua matéria-prima para produção de novos produtos. É a área que trata dos bens no final da vida útil dos equipamentos obsoletos, que apesar de não terem mais utilidade, seus componentes podem ser reaproveitados ou remanufaturados (GUARNIERI, 2011).

4.2 Razões para o uso do sistema de logística reversa

As razões as quais as empresas utilizam a logística reversa em seus processos são:

Razões de ordem econômicas: remetem a economia em operações industriais, por meio do reaproveitamento da matéria-prima, decorrentes dos canais de reuso e remanufatura;

Razões de ordem legislativa: remetem as legislações ambientais vigentes que as empresas devem seguir, para gerenciarem corretamente seus processos e;

Razões de ordem ecológicas: remetem a preservação do meio ambiente, onde as organizações devem considerar os impactos provenientes de seus produtos durante todo seu ciclo de vida (WILLE, 2012).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

As principais vantagens que levam as empresas a utilizarem a logística reversa são: redução de riscos com multas, indenizações e outros; melhoria da imagem da empresa em relação ao meio ambiente; prevenção da poluição; redução dos custos com a disposição de efluentes através do seu tratamento; redução dos custos com seguro e melhoria do sistema de gerenciamento e planejamento da empresa (OLIVEIRA, 2007).

A logística reversa ainda pode ser vista em âmbitos importantes, como o âmbito econômico que trata dos ganhos financeiros obtidos por meio da adoção de práticas envolvendo a logística reversa e o âmbito social que trata dos ganhos recebidos por meio da sociedade (CATALÃO; FOGOLIN, 2011).

A partir do momento que as empresas passam a compreender de fato a necessidade da valorização ambiental, implantam em seus processos medidas preventivas, como o sistema de logística reversa, contribuindo na melhoria do meio ambiente, gerando benefícios mútuos a empresa e a melhoria de imagem frente a sociedade e seus consumidores (CATALLÃO; FOGOLIN, 2011).

O foco principal da logística reversa no Brasil é fortalecer o mercado da reciclagem, a fim de trazer benefícios capazes de reduzirem os grandes volumes de REEE gerados. Visando a redução os impactos ambientais e os problemas de saúde pública causados pelo destarte irregular dos equipamentos eletroeletrônicos, fomentando a expectativa de retorno de matérias-primas ao mercado produtivo, através do tripé da sustentabilidade (ABID, 2013).

A logística reversa tem grande importância junto ao meio ambiente e a sociedade, uma vez que visa gerir os resíduos sólidos, incluindo os REEE, priorizando a reciclagem dos que ainda podem ser reutilizados e propondo o descarte final daqueles cujo ciclo de vida já se esgotaram. Através da logística reversa, é possível priorizar um meio ambiente socialmente justo, ecologicamente correto e economicamente viável, para as presentes e futuras gerações, reduzindo e/ou eliminando os impactos ambientais e os problemas de saúde vinculados pelo descarte irregular dos REEE (ABID, 2013).

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo decorreu de pesquisas bibliográficas realizadas pela seleção de informações dispostas em livros didáticos, artigos, monografias, revistas científicas, dissertações e teses sobre o tema, REEE e / ou lixo eletrônico. Foram consultadas bases de dados eletrônicas como *Scielo*, Google Acadêmico e Portal Periódico.

A pesquisa foi realizada entre os meses de fevereiro de 2020 a fevereiro de 2021 e as palavras-chave usadas foram resíduos eletroeletrônicos, logística reversa, impacto ambiental e educação ambiental. Na íntegra, foram selecionados títulos com data de publicação compreendidas entre 2003 a 2020, os quais foram analisados, comparados e escolhidos por abordarem sobre o resíduos eletrônicos com possibilidade de associação com o ensino de Química.

A análise dos títulos pesquisados decorre da seguinte forma: (1) leitura dos títulos; (2) anotação das ideias centrais; (3) comparação entre as ideias presentes nos títulos diferentes; (4) construção e elaboração da pesquisa em consonância com as informações repassadas pelos autores analisados. No fim, foram excluídos os títulos que não apresentaram informações relevantes a respeito da temática abordada, ausência de dados, resultados repetidos e em outros idiomas.

A seleção da literatura teve por finalidade preparar um material que pudesse ser utilizado por professores de química no ensino fundamental e médio para consulta às informações sobre o tema.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão bibliográfica apresentada permitiu segregação das informações consideradas importantes e necessárias sobre os tipos de produtos eletroeletrônicos, com exemplos das diversas substâncias e componentes tóxicos existentes, considerados prejudiciais à natureza e aos seres humanos e como a Política Nacional de Resíduos Sólidos impõe a destinação adequada desses resíduos em seus ciclos produtivos, apontando principalmente à logística-reversa.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

Dessa forma, este trabalho se torna um material de consulta para os docentes, para que os mesmos tenham condições de orientar seus discentes sobre os malefícios da disposição e segregação indevida dos REEE no meio ambiente e as suas consequências negativas. Consequentemente, pode-se preconceber que a aplicação de conteúdos relacionados ao tema Educação Ambiental podem ser utilizados também para motivar as aulas, estimulando o interesse dos discentes acerca dos conteúdos ambientais.

Moraes *et al* (2011), em título de exemplo, analisaram trabalhos que dispõem do tema “agrotóxicos no ensino de Química um elemento capaz de dinamizar a aprendizagem dos conteúdos, contextualizando-os aos principais temas de relevância social”. Ele evidencia que as produções teóricas revisadas abrangeram o objetivo de serem um referencial didático com práticas pedagógicas que se preocupem com questões socioambientais, associando os conceitos da química relacionados com o tema agrotóxicos.

Para que o docente possa trabalhar a temática abordada nesta revisão com os discentes, é preciso que um bom plano de aula seja montado, visando expor o assunto através da elaboração de projetos disciplinares ou interdisciplinares, articulando por meio destes recursos pedagógicos atividades que possibilitem o desenvolvimento dos conhecimentos relacionados ao cuidado com o meio ambiente, de modo que consigam compreender a importância adequada do descarte dos resíduos eletroeletrônicos (ALMEIDA; MARTINS, 2019).

O estudo de Cuba (2010), apontou em sua revisão como a compreensão de conceitos do que significa Educação Ambiental e do histórico do termo é importante para ser trabalhado com os discentes, e como podem viabilizar uma interpretação abrangente dos principais tópicos levantados sobre os problemas ambientais correlatos ao descarte de REEE e aos problemas ambientais vinculados frente ao descarte inadequado dos mesmos. Proporcionando a criação de caminhos que possam envolver a comunidade escolar, na aplicação de uma nova postura obtendo-se o desenvolvimento de uma conscientização focada na conservação e conscientização ambiental de forma coletiva.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento tecnológico proporcionou a humanidade inúmeros benefícios, no intuito de possibilitarem as pessoas melhores condições de qualidade de vida. Os produtos eletroeletrônicos estão presentes no dia a dia de todos, e em tudo que se necessita para viver, mas a utilização inconsciente destes equipamentos, o curto ciclo de vida e a falta de reparos ocasionam grandes toneladas de resíduos obsoletos, capazes de provocarem sérios riscos ao meio ambiente.

Os riscos causados ao meio ambiente decorrem dos metais altamente tóxicos que estes possuem em suas composições, os quais podem contaminar o solo, o lençol freático, prejudicando a qualidade das águas para o consumo humano e animal. Desta forma, é preciso que a sociedade compreenda não somente a importância de reciclar os REEE, mas também a necessidade de reciclar para preservar.

Neste sentido, o estudo deste tema atrelado a disciplina de química e/ou Ciência objetiva formular uma nova percepção dos jovens e adolescentes inseridos na sociedade capitalista que contribuem na grande geração dos REEE, modificando suas concepções referentes a última etapa do consumo: o descarte, de modo que estes possam compreender a importância do descarte ecologicamente correto do lixo eletrônico.

Portanto, o ensino de ciência associados ao tema REEE visa formar um estudante com maior percepção do mundo, para que este compreenda a importância de descartar corretamente os resíduos eletrônicos e do consumo consciente, adotando um estilo de vida sustentável, priorizando o bem-estar comum da sociedade e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABID - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. 2013. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2020.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14001:2015**. Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro-RJ, 2015.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

ALMEIDA et al. **Gestão de Resíduos, Desempenho Organizacional e Logística Reversa na Construção Civil**. X Seget Gestão e Tecnologia para a Competitividade, 23, 24 e 25 de outubro de 2013.

ALMEIDA, D. Q; MARTINS. F. F. A química no lixo eletrônico: produto educacional para o ensino médio. **Rev. Ciênc. & Ideias**, v. 10, n. 3, 2019.

BOSQUESI, R. M; FERREIRA, R. L. Lixo eletrônico e seus impactos aos recursos hídricos. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.13 n.7, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

BRASIL SINIR. Ministério do Meio Ambiente. **O sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes**. 2020. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/component/content/article/2-sem-categoria/474-acordo-setorial-de-eletoeletronicos>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

BRASIL. E-Lixo. **O lixo eletrônico**. 2015. Disponível em: <<http://www.elixo.org.br/reciclagem-lixoeletronico/>> Acesso em: 01 jul. 2020.

CAMARGO, O.A. **Uma visão política sobre contaminação de solos com metais pesados**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/contaminacao/index.htm>. Acesso em: 05 jun. 2020.

CARPANEZ, J. **10 mandamentos do lixo eletrônico**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/noticias/tecnologia/0,,mul87082-6174,00.html>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

CATALLÃO, B. C; FOGOLIN, M. H. **Logística reversa e marketing verde**. III Encontro científico e simpósio de educação Unisalesiano, 2011. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/simposio2011/publicado/artigo0025.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

CICLO VIVO. **Volume de resíduos eletrônicos aumenta mais de 21% em 5 anos**. 2019. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/residuos-eletronicos-aumenta-5-anos/>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

CUBA, M. A. Educação ambiental nas escolas. **Rev. ECCOM**, v. 1, n. 2, p. 23-31, 2010.

ECYCLE. **Quais os impactos ambientais dos metais pesados presentes nos eletrônicos?**. 2020a. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/428-metais-pesados-impactos>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

ECYCLE. **Quais são os componentes tóxicos do lixo eletrônico?**. 2020b. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/1830-lixo-eletronico-componentes-toxicos>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

FABRIS, Carolina; STEINER NETO, Pedro José y TOALDO, Ana Maria Machado. **Evidências empíricas da influência da família, mídia, escola e pares nos antecedentes e no comportamento de separação de materiais para a reciclagem**. Rev. adm. contemp. [online], vol.14, 2010,

FILHO, G. G. **Meio Ambiente e Consumismo**. Edição: 1. São Paulo. Editora: Senac São Paulo, 2008.

FU, J., ZHOU, Q., LIU, J., LIU, W., WANG, T., ZHANG, Q., JIANG, G., 2008. **Altos níveis de metais pesados no arroz de um resíduo típico área de reciclagem no sudeste da China e seus risco potencial para a saúde humana**. Chemosphere 71, 2008.

GONÇALVES, A.T. **O lado obscuro da high tech na era do neoliberalismo: seu impacto no meio ambiente**. 2007. Disponível em: <<http://lixotecnologico.blogspot.com/2007/07/o-lado-obscuro-da-high-techna-era-do.html>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube dos autores, 2011.

IBEAS- INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS. **Avaliação dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos eletrônicos: um estudo de caso**. 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado, 2018. Disponível em:

<<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XV-051.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2020.

LEITE, R. F; RODRIGUES. M. A. **Educação ambiental e Ensino de Química: o que dizem os professores**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP, 2013.

LIMA, M. L. M.; SILVA, J. B.; LIMA, J. E. **Manufatura reversa e o gerenciamento adequado do lixo eletrônico**. IX Seminário Nacional de Resíduos Sólidos, 2008.

MACIEL, A. C. **Lixo eletrônico**. Anais do Seminário ENIAC, v. 1, n. 2, 2011.

MARCONDES, Fábica C.S. **Sistemas Logísticos Reversos na Indústria da Construção Civil: estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado**. 2007. 365f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, 2007.

MATTOS, K. M. C; PERALES, W. J. S. **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

MORAES, P. C et al. **Abordando agrotóxico no ensino de química: uma revisão**. Rev. Ciênc. & Ideias, v. 3, n. 1, 2011.

MOROZESK, M; COELHO, G. R. **Lixo Eletrônico “Uso e Descarte”: uma proposta de intervenção em uma Escola Pública de Vitória-ES**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. RBPEC v. 16. n. 2. p. 317-338. Agosto, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4377/2943>>. Acesso em: 09 dez 2020.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

NATUME, R. Y; SANT'ANNA, F. S. P. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Iniciativas de produção mais limpa e desafios para um mundo sustentável. São Paulo, 2011.

NORTE, A. C. C. **Considerações gerais sobre os resíduos eletrônicos.** Rio Claro: [s.n.], 2008 44 f.

NOVAES, Antonio Galvão. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição.** 4. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2007.

OLIVEIRA, M. **Planeta sustentável.** 2007 Disponível em: <www.planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo>. Acesso em: 03 jul. 2020.

OLIVEIRA, R. S; GOMES, E. S; AFONSO. J. C. O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. **Rev. Química na nova escola**, vol. 32, nº 4, 2010

SANGER, Mendel. **O legado do Covid-19: a importância da tecnologia na saúde em tempos de isolamento social.** 2020. Disponível em: <<https://portalhospitaisbrasil.com.br/artigo-o-legado-do-covid-19-a-importancia-da-tecnologia-na-saude-em-tempos-de-isolamento-social/>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SANTOS, M. C. M. O tratamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na política nacional de resíduos sólidos. **Revista Eletrônica Direito e Sociedade**, Canoas, vol.4, n. 2, 2016.

SANTOS, D. T.; DIAS, G. M.; SANTOS, R. P. A.; SILVA, U. B.; PAULA, V. V. Estratégias de gestão no destino do lixo tecnológico: um caso de implantação de um ecoponto na UNIGRANRIO. **Blucher Marine Engineering Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 780-791, 2014.

SANTOS, Fábio Henrique Silva; SOUZA, Carlos Eduardo Gomes. **Resíduos de Origem Eletrônica.** In: Série Tecnologia Ambiental, Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SANTOS, C. A. F. **A GESTÃO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A SUSTENTABILIDADE: Um Estudo de Múltiplos Casos na Região Metropolitana de Porto Alegre.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental.** São Paulo: Atlas, 2007.

SILVA, Agnaldo Francisco da; LIMA, Cristina Maria Valadares de; SANTOS, Jordano Henrique dos; SILVA, Paulo Victor Salviano da; SILVA, Rafael Fávero. **Lixo eletrônico: como dar uma melhor destinação.** 2013. Disponível em: <<http://www.feol.com.br/revista/index.php/R1/articlo/view/31/56>>. Acesso em: 01 jul. 2020.

SOUZA, Vamberto Oliveira de. et al. **O comportamento dos usuários de celulares em relação ao processo de descarte no município de Campina Grande – PB.** Qualit@s Revista Eletrônica ISSN 1677 4280 Vol.14. No 2, 2013.

TANAUE, A. C. B, et al. Lixo Eletrônico: Agravos a Saúde e ao Meio Ambiente. **Ensaio Cienc., Cienc. Biol. Agrar. Saúde**, v.19, n.3, p. 130-134, 2015.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoecultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br

TORRES, M. A. Lixo Eletrônico: O lado sujo da tecnologia. Anexo XII – nº 73-Abril de 2008.

TOWNSEND, T. G. Questões ambientais e estratégias de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletrônicos e elétricos. **Jornal da Associação de Gerenciamento de Ar e Resíduos**, v. 61, n. 6, p. 587-610, 2011.

UNIÃO EUROPÉIA. **Diretiva 2002/96/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia, Luxemburgo, v. 46, p. 24-39, 2003.

VALLE, Rogerio. **Logística reversa: processo a processo**. Atlas, 2013.

WILLE, M.M. **Logística reversa: conceitos, legislação e sistema de custeio aplicável**. 2012. Curitiba – PR. Disponível em:<<http://www.opet.com.br/faculdade/revista-cc-adm/pdf/n8/logisticareversa.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2020.

Revista Brasileira de Educação e Cultura – ISSN 2237-3098 Centro de Ensino Superior de São Gotardo	2021 - Vol. 12 - Número 1
http://periodicos.cesg.edu.br/index.php/educacaoocultura	rev.edu.cult@cesg.edu.br