

**Os cuidados e alternativas para o descarte e reutilização do lixo eletrônico****VALENTE, Mariana Nunes*; SILVA, Daniel Pereira**

Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe;

* Autor de correspondência. E-mail: marianavalente.mv@hotmail.com

RESUMO

Esta revisão bibliográfica teve por finalidade estudar os problemas causados pelo descarte de lixo eletrônico, apresentando alternativas e soluções para o tratamento desse problema global, tendo sido realizado com base em artigos científicos presentes no portal de periódicos capes. O trabalho concentrou-se em publicações que apresentam tal problema e procuram soluções para minimizar os impactos ambientais e sociais que tem crescido cada vez mais. Os resultados tornaram possível observar que existem soluções para este problema, mas que são necessárias leis menos brandas que incentivem os países e suas respectivas populações a acharem meios de descarte e reutilização de produtos eletrônicos para resolver a situação.

Palavras-chave: E-lixo, Descarte, Reutilização.**[Title in english]****ABSTRACT**

This bibliographic review had as purpose to study the problems caused by the disposal of electronic waste, presenting alternatives and solutions for the treatment of this global problem, had been carried out based on scientific articles present in the portal of periodicals capes. The work has focused on publications that present such a problem and seek solutions to minimize the environmental and social impacts that have been growing. The results made it possible to note that there are solutions to this problem, but that less lenient laws are needed to encourage countries and their populations to find ways to disposal and reuse electronic products to resolve the situation.

Keywords: E-Waste, Disposal, Reuse.

1 Introdução

O desenvolvimento tecnológico tem trazido melhorias sociais e econômicas em escala global, permitindo a população o acesso a bens de consumo. Junto a isso vem crescendo o consumismo desenfreado e a substituição de equipamentos devido à obsolescência tecnológica, produzindo um efeito nefasto que é o descarte inadequado desses materiais. É estimado que no mundo são gerados cerca de 25-50 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano, esse descarte é considerado perigoso devido a sua composição de metais tóxicos (HERAT e AGAMUNTHU, 2012; OGUSEITAN, 2013). Mas disso tudo, apenas 12,5% é reciclado de forma adequada, o resto é depositado em aterros sanitários, queimado ou exportado para países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento (JAISWAL et al., 2015).

Dos diversos lixos produzidos pelos seres humanos, um dos mais preocupantes e que mais cresce na atualidade é o lixo eletrônico (IKHLAYEL, 2017), que tem chamado a atenção de muitos cientistas por ser uma nova forma de contaminação do meio ambiente (LUO et al., 2011). Por isso tornou-se necessária a busca por soluções que possam resolver o problema de forma rápida e eficaz, visando dar um destino correto a esses materiais que de acordo com Tansel (2017) devem possuir mecanismos e infraestrutura para a coleta e reciclagem em vista da sustentabilidade e qualidade do meio ambiente.

Assim, tornou-se importante no mundo todo o desenvolvimento de legislações sobre práticas eficientes e sustentáveis a respeito da coleta, reciclagem e transporte de e-lixo (KUMAR, 2017). Tornando possível a reciclagem um trabalho feito pelo setor formal, com instalações adequadas para lidar com as substâncias tóxicas e perigosas desse lixo, de modo a evitar danos a saúde humana e ao meio ambiente (LI e TEE, 2012).

2 Problemas causador pelo descarte inadequado

2.1 Ao meio ambiente e a saúde humana

O descarte indevido de lixo eletrônico vem causando preocupações devido ao seu alto teor de substâncias tóxicas, segundo Wildmer et al. (2005) são cerca de 1000 substâncias diferentes que podem compor um equipamento eletrônico, e a queima desses materiais gera gases dióxidos na atmosfera. Portanto gera poluição ao meio ambiente e riscos a saúde humana. Pesquisas apontam que a exposição a esse lixo tem associação com doenças reprodutivas, respiratórias, neurológicas entre outras, e mesmo não havendo a comprovação direta, profissionais da área estudam a alta possibilidade observando regiões da china muito afetadas (OGUSEITAN, 2013).

Estudos de caso feitos na China e na Suécia mostraram que trabalhadores em contato direto com e-lixo possuem alta quantidade de metais no sangue. Na China os estudos foram feitos em plantações e rios localizados perto de depósitos e locais de incineração desse lixo. Os resultados mostraram que o processamento intensivo descontrolado de resíduos no passado resultaram na liberação de metais pesados no local, assim causaram concentração de metais no solo e consequentemente na água que tem contato com esse solo, a vegetação local também foi contaminada e a população sofre com potenciais problemas de saúde futuros (LUO et al., 2011; WANG et al., 2012). Na Suécia o estudo foi feito observando cerca de 65 trabalhadores de três locais de reciclagem formal diferentes, e as avaliações foram feitas através de exames médicos e observações diárias. Os resultados mostraram que todos os trabalhadores dos vários níveis tiveram alterações nos exames devido a exposição a metais tóxicos, e também observou a presença de In e Sb, que devem ser monitorados constantemente. Os resultados indicaram a necessidade de processos mais automatizados em reciclagem de resíduos eletrônicos para proteger os trabalhadores e o meio ambiente, uma vez que o aumento da tonelagem de resíduos eletrônicos está crescendo continuamente a um ritmo acelerado, e que o nível elevado de metais em trabalhadores de reciclagem formal indica que na reciclagem informal os níveis devem ser ainda maiores, como mostrado em vários estudos (JULANDER et al., 2014).

O processo de reciclagem já está sendo fortalecido devido a melhoria da regulamentação e da tecnologia. No entanto, uma questão importante é a forma de reciclagem correta, pois ainda existem lacunas nas regulamentações de resíduos eletrônicos, como: falta de preocupação sobre os materiais e substâncias recuperados (ZENG et al., 2017). E essa falta de preocupação ou investimentos pode causar contaminações nessa área, principalmente aos trabalhadores que sofrem com a exposição direta, que segundo os estudos de Grant et al. (2013) pode os levar a 3 tipos de contaminação: inalação, contato através da pele ou ingestão, e causa efeitos na saúde humana, tendo relação com muitas doenças.

2.2 Problemas nos países em desenvolvimento

Nos anos 1970 e 80 os resíduos perigosos exportados dos países desenvolvidos para os países em desenvolvimento causaram grave poluição. Para resolver o problema, houve a convenção de Basileia (The Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal), que entrou em vigor em 1992. Após isso, o comércio de resíduos foi submetido a mudanças enormes, uma delas, foi a diminuição na exportação de resíduos no fim da vida para países subdesenvolvidos, no entanto, houve um aumento na

exportação de produtos usados para reutilização, bem como sucata para reciclagem (SHINKUMA e HUONG, 2009).

Sabe-se que o problema da gestão do lixo eletrônico afeta todas as esferas globais, sendo os países com maior população e com alto desenvolvimento tecnológico aqueles que mais geram esse lixo, porém os países mais pobres, como quase sempre, são os mais afetados pelas mazelas desse problema. A falta de legislações ou cumprimento delas também atua fortemente nesses países, como Brasil e Índia que vem adiando a implementação de regulamentações, diferente da União Europeia ou de países da Ásia que, pelo menos, já as criaram (ZENG et al., 2017), por mais que em alguns países ainda exista uma enorme diferença entre a existência de leis e a aplicação delas (SHINKUMA e HUONG, 2009).

Portanto, pode-se observar que o maior problema de lixo eletrônico nos países emergentes se refere a falta de regulamentações e estrutura desses países para receber cerca de 80% de todo o e-lixo mundial. Muitas vezes pela falta de investimento, ou por enfrentarem problemas considerados maiores que os efeitos da poluição, como a mortalidade e a fome que afetam muito esses países (WILDMER et al., 2005) e também pela “ajuda” de países ricos, que ilegalmente exportam esse lixo para países pobres, e esses consequentemente utilizam técnicas primitivas e informais de reciclagem e acabam gerando mais poluição (ROBINSON, 2009; GARLAPATI, 2016). Como introduzir esse lixo em aterros sanitários insalubres, que utilizam práticas tradicionais de eliminação de resíduo eletrônico com estrutura pobre (IKHLAYEL, 2017). E quando os países desenvolvidos fazem isso, a oportunidade de estabelecer técnicas mais seguras, limpas e eficientes é perdida. Pois, as técnicas impróprias dos países que recebem o lixo podem parecer eficientes para os recicladores não treinados e menos equipados, mas não garantem proteção ambiental ou segurança no trabalho. Na verdade, esses métodos rudimentares podem levar à recuperação de materiais que valem apenas uma fração do retorno econômico potencial total (PERKINS et al., 2014).

3 Destinos para o e-lixo

Os resíduos têm efeitos negativos e positivos, mas depende de cada um para acabar com os negativos e captar o lado positivo. Essa perspectiva se baseia na afirmação de que os resíduos reciclados em condições seguras podem fornecer desenvolvimento econômico e gerar emprego (AMANKWAH-AMOAH, 2016). Diante de todos os problemas apresentados pelo e-lixo, que ainda sobressaem os aspectos positivos, pesquisadores do mundo todo estão a procura de soluções plausíveis e que minimizem os impactos desse lixo na vida das pessoas e no meio ambiente. Para alguns como Achillas et al. (2010) o envio de EEE (equipamentos elétricos e

eletrônicos) para aterros sanitários não deve ser considerado uma opção de gestão em uma sociedade moderna e tecnológica, pois, existem muitas alternativas para o tratamento desse problema. Como por exemplo, as citadas abaixo.

3.1 Reciclagem

A fração metálica de resíduos eletrônicos, incluindo ferro, cobre, alumínio, ouro e outros metais, pode ser superior a 60% do total em peso, alguns desses metais têm um valor de mercado relativamente alto quando isolado dos resíduos mistos. Existem benefícios óbvios de recuperar os metais onde quer que seja possível e ambientalmente aceitável para fazê-lo (WATSON et al., 2010).

Assim, a reciclagem parece ser o meio mais viável, pois a maioria desses materiais possui vida-longa na natureza até que se degrade por completo. Mas, por serem em sua maioria tóxicos, é difícil saber quais poderão voltar a ser utilizados de forma segura, assim, muito se estuda para saber qual será a melhor forma de reciclagem que possa evitar problemas futuros.

Segundo Zeng e Li (2016) existem, pelo menos, três níveis de reciclagem obtidos de resíduos eletrônicos que implicam opções de tecnologia de reciclagem. Na categoria de reciclagem “fácil” o desmantelamento simples é a principal abordagem, na “moderada”, o processo é uma combinação de desmontagem e mecânica simples, e na categoria “difícil”, o vigoroso tratamento físico intenso e a recuperação química são indispensáveis. Na perspectiva científica, uma gestão de lixo eletrônico com sucesso deve passar por vários estágios de reciclagem, por exemplo: observação de componentes, separação de materiais e localização de substâncias nas escalas macroscópica, mesoscópica e microscópica (ZENG et al., 2017).

Estudos feitos por Kahhat et al. (2008) nos EUA, mostram que uma iniciativa feita com garrafas de vidro retornáveis fornecia ao consumidor, após o uso dessas garrafas, um reembolso no momento da compra, pois ele recebia desconto ao devolver a garrafa. Portanto, pode ser observado que esta iniciativa de usar incentivos monetários para motivar os consumidores a reciclar parece ser apropriado (SILVEIRA e CHANG, 2010). Isso mostra que essa política também pode dar certo se implementada com relação a devolução de eletrônicos no fim da vida útil, e serviria como incentivo para a população, tornando mais fácil a coleta e reciclagem.

3.2 Logística reversa

É o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

São muitos exemplos de logística reversa para uma gestão adequada desse problema. Alguns bem sofisticados incluem o uso de tecnologia RFID (Radio Frequency Identification). A proposta para uso dessa tecnologia se dá através de várias formas, uma delas dada por Araujo et al. (2015), é o uso intensivo dessa tecnologia associada a celulares com transmissão de dados para cada lote de e-lixo, possibilitando o rastreamento dos resíduos em qualquer fase, evitando por exemplo, eliminação ilegal, fraude de transporte e inconsistências em fatores de emissão de resíduos de processos industriais de fabricação de eletrônicos.

Também existem estudos que mostram como deve funcionar um processo de logística reversa, como o feito por Dat et al (2012) dizendo que o fluxo inverso começa com a coleta especializada dos produtos retornados, esses são recebidos em sites de coleta e depois transportados para locais de desmontagem, os produtos são separados em quatro categorias: eliminação, recicláveis, reparáveis e reutilizáveis. Após isso os locais de tratamento recebem esse material, os componentes defeituosos ou antigos são tratados em instalações de reparação. Nessas instalações os produtos de materiais diferentes são tratados separadamente. Os materiais perigosos são enviados para aterros especiais ou processamento. Os sites finais abrangem instalações de eliminação dos mercados primários e secundários. E por fim aqueles que são reutilizáveis e renováveis são vendidos ao mercado secundário.

Outro exemplo é o que utiliza a política de responsabilidade estendida do produtor (ou extended producer responsibility, EPR), que é definida pela Organização para a Economia Cooperação e Desenvolvimento (OCDE) como uma abordagem política ambiental em que a responsabilidade de um produtor por um produto é estendido para o estágio pós-consumo (NNOROM E OSIBANJO, 2008). A logística reversa desempenha um papel importante na EPR porque é assim que os produtores poderão retirar os seus produtos para uma manipulação e eliminação adequadas, com isso muitas empresas já pensam em produzir eletrônicos com compostos mais ambientais, para que os resíduos desses produtos possam ser recuperados, e seus projetos não sejam inúteis (LI e TEE, 2012). Segundo Nnorom e Osibanjo (2008) tais técnicas já estão sendo implementada em países europeus e asiáticos, colocando em prática a política retornável, que faz a empresa que produziu receber o produto de volta, também atribuindo a ela a responsabilidade pelos impactos em todo o ciclo de vida, desde a extração de recursos até a reciclagem, reutilização e eliminação.

Sendo assim, a logística reversa é outra ótima opção pelas suas várias formas diferentes de ser aplicada e com altas chances de dar certo, solucionando o grave problema do lixo eletrônico.

4 Considerações finais

Com base nas discussões e informações apresentadas, foi possível observar a necessidade urgente de uma gestão adequada do lixo eletrônico, que ainda é um problema ao meio ambiente e a saúde humana. Gerando, grandes impactos e atingindo principalmente países emergentes, que convivem com muitos problemas, tornando o lixo eletrônico só mais um nesse meio. Sendo assim, o principal problema nessa gestão a falta de interesse público que ponha em ordem a situação atual e que crie legislações que realmente sejam aplicadas no mundo todo, e principalmente que impeça os países economicamente desenvolvidos e mais influentes de mandar seu lixo para os países mais pobres. Portanto, é importante que haja muita atenção e conhecimento quanto aos riscos causados pela má gestão desse lixo, e que as novas políticas favoreçam o meio ambiente e não as grandes empresas que só lucram, juntamente a melhoria das técnicas de reciclagem e implementação de mecanismos que minimizem os impactos ambientais e sociais.

Referências bibliográficas

- ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; MOUSSIOPoulos, N.; BANIAS, G. Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece. **Waste Management**, v.30, p.870-879, 2010.
- AMANKWAH-AMOAH, J. Global business and emerging economies: Towards a new perspective on the effects of e-waste. **Technological Forecasting & Social Change**, v.105.; p.20-26, 2016.
- ARAUJO, M.; OLIVEIRA, U.; MARINS, F.; MUNIZ JR., J. Cost Assessment and Benefits of using RFID in Reverse Logistics of Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE). **Procedia Computer Science**, v.55, p.688-697, 2015.
- DAT, L.; LINH, D.; CHOU, S.; YU, V. Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. **Expert Systems with Applications**, v.39, p.6380-6387, 2012.
- GARLAPATI, V. E-waste in India and developed countries: Management, recycling, business and biotechnological initiatives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.54, p. 874-811, 2016.
- GRANT, K.; GOLDIZEN, F.; SLY, P.; BRUNE, M.; NEIRA, M.; BERG, M.; NORMAN, R. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. **The Lancet Global Health**, v.1, n.6, p.e350-e361, 2013.
- HERAT, S.; AGAMUNTHU, P. E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries. **Waste Management & Research**, v.1, p.1113-1129, 2012.
- IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. **Waste Management**, v.68 p.458-474, 2017.
- JAISWAL, A.; SAMUEL, C.; PATEL, B.; KUMAR, M. Go Green with WEEE: Eco-friendly approach for handling e-waste. **Procedia Computer Science**, v46, p.1317 – 1324, 2015.
- JULANDER, A.; LUNDGREN, L.; SKARE, L.; GRANDÉR, M.; PALM, B.; VAHTER, M.; LIDÉN, C. Formal recycling of e-waste leads to increased exposure to toxic metals: An occupational exposure study from Sweden. **Environment International**, v.73, p.243-251, 2014.

KAHHAT, R.; KIM, J.; XU, M.; ALLENBY, B.; WILLIAMS, E.; ZHANG, P. Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, v.58, p.955-964, 2008

KUMAR, A.; HOLUSZKO, M.; ESPINOSA, D. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, v.122, p.32-42, 2017.

LI, R.; TEE, T. A Reverse Logistics Model For Recovery Options Of Ewaste Considering the Integration of the Formal and Informal Waste Sectors. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v.40, p.788-816, 2012.

LUO, C.; LIU, C.; WANG, Y.; LIU, X.; LI, F.; ZHANG, G.; LI, X. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. *Journal of Hazardous Materials*, v.186, p.481-490, 2011.

NNOROM, I.; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, v.52, p.843-858, 2008.

OGUSEITAN, O. The Basel Convention and e-waste: translation of scientific uncertainty to protective policy. *The Lancet Global Health*, v.1, n.6, p.e313-e314, 2013.

PERKINS, D.; DRISSE, M.; NXELE, T.; SLY, P. E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health*, v.80, n.4, p.286-295, 2014.

ROBINSON, B. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, v.408, p.183-191, 2009.

SILVEIRA, G.; CHANG, S. Cell phone recycling experiences in the United States and potential recycling options in Brazil. *Waste Management*, v.30, p.2278-2291, 2010.

SHINKUMA, T.; HUONG, N. The flow of E-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on E-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v.29, p.25-31, 2009.

TANSEL, B. From electronic consumer products to e-wastes: Global outlook, waste quantities, recycling challenges. *Environment International*, v.98, p.35-45, 2017.

WATSON, A.; BRIGDEN, K.; SHINN, M.; COBBING, M. Toxic Transformers; a review of the hazards of brominated & chlorinated substances in electrical and electronic equipment. *Greenpeace Research Laboratories Technical Note*, 2010.

WANG, Y.; TIAN, Z.; ZHU, H.; CHENG, Z.; KANG, M.; LUO, C.; LI, J.; ZHANG, G. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils and vegetation near an e-waste recycling site in South China: Concentration, distribution, source, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, v.439, p.187-193, 2012.

WILDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BO'NI, H. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v.25, p.436-458, 2005.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *Science of the Total Environment*, v.575, p.1-5, 2017.

ZENG, X.; LI, J. Measuring the recyclability of e-waste: an innovative method and its implications. *Journal of Cleaner Production*, v.131, p.156-162, 2016.