

Resíduos eletroeletrônicos: uma revisão sistemática da literatura

Clodoaldo Ivan Fávero Sobrinho (cifsobrinho@ucs.br)

Maridiane Lugaresi (mlugaresi@ucs.br)

Daniel Luis Notari (dlnotari@ucs.br)

Scheila de Ávila e Silva (sasilva6@ucs.br)

Curso de Ciência da Computação, Universidade de Caxias do Sul

Resumo: Os aumentos na produção de produtos eletrônicos, bem como o aumento do consumo destes bens, geram uma preocupação quanto ao destino do lixo eletrônico, o qual pode ser considerado como qualquer material eletroeletrônico descartado ou obsoleto. Neste sentido, este artigo buscou analisar os aspectos relacionados a este assunto por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), buscando artigos relacionados ao descarte do resíduo eletrônico. A base de dados utilizada para consulta foi o Periódicos CAPES, com palavras-chave relacionadas ao tema. Os artigos resultantes foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: somente os documentos do tipo artigo; publicados nos últimos 5 anos; com título e resumo relacionados. No total, foram selecionados 11 artigos para leitura completa. Na análise de conteúdo destes artigos, observou-se que as consequências do descarte inadequado de lixo eletrônico mais citadas foram: os danos ambientais e os danos à saúde humana. Em relação às medidas para amenizar o problema, as mais citadas foram: reaproveitamento, reciclagem e Logística Reversa. A Logística Reversa, embora prevista em lei, é uma operação de alto custo e complexidade. Embora pouco citada, a virtualização de servidores contribuiria para a redução da quantidade de lixo eletrônico, podendo ser objeto de futuras pesquisas. Assim, os resultados demonstraram a importância da destinação correta dos aparelhos eletroeletrônicos, para evitar problemas relacionados à poluição ambiental.

Palavras-Chaves: Resíduo Eletrônico, Revisão Sistemática da Literatura.

Abstract: The growing production of electronic products, as well as the increase in the consume of them, generated concern about the e-waste, which can be defined as any electronics discarded material or obsolete. In this sense, this paper aims present a Systematic Review of Literature (SRL) about the previous papers published about this theme. The database used was CAPES Journal, with keywords related to the topic. The topics were selected according to the following criteria: only the documents of the type paper; publish in the last 5 years; with related title and abstract. In total, 11 papers were selected for complete reading. The analysis of the paper content it was observed that the major concern about the e-trash disposal related to the environmental and human health damages. In relation to the measures to mitigate the problem, as most cited were: reuse, recycling and Reverse Logistics. Reverse Logistics, although provided by law, is an operation of high cost and complexity. Another possibility cited was the virtualization process, a useful resource to reduce the amount of junk, which can be a subject of future researches. Thus, the results demonstrated the importance of the correct disposal of e-trash in order to avoid environmental problems.

Keywords: Article, Template, Guideline.

1. INTRODUÇÃO

Embora a tecnologia facilite o cotidiano da sociedade atual, o rápido crescimento da indústria eletrônica gera uma preocupação ambiental em relação ao aumento da quantidade de lixo eletrônico. Por lixo eletrônico, entende-se qualquer material eletroeletrônico descartado ou obsoleto [1], e por material eletroeletrônico considera-se qualquer equipamento que dependa de corrente elétrica ou campo eletromagnético para funcionar [2].

Conforme relatório da ONU, em 2014 a quantidade de lixo eletrônico no mundo alcançou cerca de 42 milhões de toneladas. Segundo o mesmo relatório, o Brasil produziu 1,4 milhões de toneladas de lixo eletrônico durante o mesmo período, sendo o segundo maior emissor entre os países dos continentes americanos, ficando atrás apenas dos Estados Unidos [3].

Um dos motivos para o aumento da emissão de lixo eletrônico é o consumismo gerado pelo crescimento da indústria de materiais eletroeletrônicos que, com o intuito de atender à necessidade dos consumidores ou de criar uma nova necessidade, torna aparelhos de boas condições em obsoletos, assim gerando o lixo eletrônico [4, 5, 6].

O descarte do lixo eletrônico deve evitar que estes dispositivos sejam colocados junto aos resíduos da coleta regular. Conforme Mello, Mayer e Costa [4], ao descartar o resíduo eletrônico no meio-ambiente as substâncias químicas presentes nele contaminam o solo, podendo atingir o lençol freático, contaminando seres vivos que consumirem a água contaminada. De acordo com Siqueira e Marques [2] as substâncias presentes no lixo eletrônico podem causar danos

nos sistemas digestivos, neurológicos, cardiovascular, entre outros.

A Lei n. 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu artigo 33, inciso VI, tornou obrigatório que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos estruturarem e implementem sistemas de Logística Reversa, possibilitando que o produto volte ao local de produção após o término de sua vida útil [7]. No entanto, a ausência de fiscalização, a complexidade e o alto custo da Logística Reversa, e a falta de legislação envolvendo incentivos às atividades de reciclagem de lixo eletrônico fazem com que a Lei tenha pouco efeito na prática [1].

Portanto, considerando-se a crescente quantidade de resíduo tecnológico e os danos ambientais causados por seu descarte incorreto, este artigo buscou realizar uma Revisão Sistemática de Literatura com o objetivo de elencar as consequências ambientais do descarte inadequado de resíduos eletrônicos, bem como as medidas adequadas para amenizar o problema.

O texto está organizado em seções que descrevem a metodologia empregada para a realização da revisão sistemática da literatura (seção 2) e os resultados e discussão acerca dos artigos elencados (seção 3). Por fim, na seção 4 são apresentadas as conclusões em relação ao material analisado.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Conforme Kitchenham [8], a Revisão Sistemática de Literatura consiste em identificar, avaliar e interpretar a

literatura existente sobre um tema, buscando responder questões específicas. A revisão sistemática da literatura tem por objetivo reunir estudos primários semelhantes, analisando dados e reunindo-os em um estudo secundário para que possa posteriormente ser divulgado para que outros pesquisadores possam repetir o procedimento e obter os mesmos resultados ou semelhantes [9].

Conforme Galvão e Pereira [9], dentre os motivos que levam à produção de uma Revisão Sistemática de Literatura estão: (i) identificar lacunas no material disponível a fim de buscar por sugestões para pesquisas futuras; (ii) fornecer uma base que poderá servir como ponto de partida para novas pesquisas; (iii) verificar se as evidências empíricas confirmam ou contradizem as hipóteses propostas, ou até mesmo auxiliar na formação de novas hipóteses.

Os métodos para a elaboração das revisões sistemáticas de literatura adotam uma estrutura bem definida, a qual consiste na: (i) elaboração das perguntas de pesquisa; (ii) busca na literatura por estudos primários similares com o auxílio de *strings* de busca em repositórios de trabalhos científicos; (iii) seleção de artigos a partir de uma estratégia de inclusão e exclusão; (iv) extração de dados e síntese dos dados; (v) elaboração do artigo científico com posterior publicação dos resultados.

Dessa maneira, a presente revisão sistemática da literatura tomou como base três questões norteadoras:

Q1: Quais os danos ambientais causados pelo descarte inadequado de lixo eletrônico?

Q2: Quais as medidas a serem tomadas para amenizar o problema?

Q3: Quais as responsabilidades pós-consumo relacionadas ao lixo eletrônico?

Com base nas questões propostas, foram construídas as seguintes *strings* de busca, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Strings de busca para as questões de pesquisa

| Questão | String de busca |
|----------|--|
| Q1 str 1 | “lixo eletrônico” AND (“meio ambiente” OR “danos ambientais”) |
| Q1 str 2 | lixo AND eletrônico AND resíduos AND especiais OR lixo AND eletrônico AND metais AND pesados |
| Q2 | “lixo eletrônico” AND (“sustentável” OR “sustentabilidade” OR “TI verde”) |
| Q3 | lixo AND eletrônico AND pós-consumo |

As strings de busca foram aplicadas na base de dados Periódicos da Capes, sendo que os critérios de inclusão e exclusão foram determinados a fim de facilitar a filtragem dos artigos trazidos pela busca na base de dados, aplicando-se em dois momentos distintos.

No primeiro momento os critérios foram: ser classificado como artigo científico, aqui exclui-se as teses e dissertações; ter sido publicado nos últimos cinco anos (2012-2017) e estar no idioma português.

No segundo momento realizou-se a análise do título e das palavras-chave com o intuito de afunilar o montante de artigos já selecionados a partir do primeiro momento. Após, leu-se o resumo e a conclusão para certificar-se que adentravam aos critérios de inclusão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca com as strings elencadas (Tabela 1) resultou em 46 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram 13, os quais foram analisados (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de artigos selecionados

| Questão | Quantidade | 1ª Seleção título e palavras-chave | 2ª Seleção resumo e conclusão |
|----------|------------|--|-------------------------------------|
| Q1 str 1 | 15 | 12 | 4 |
| Q1 str 2 | 8 | 2 | 2 |
| Q2 | 17 | 15 | 4 |
| Q3 | 6 | 1 | 1 |
| Total | 46 | 30 | 11 |

Assim, a análise de conteúdo dos artigos selecionados é apresentada separadamente, para cada questão de pesquisa.

3.1 Quais os danos ambientais causados pelo descarte inadequado de lixo eletrônico?

Considerando os 11 artigos analisados, 9 artigos realizaram citações sobre os danos ambientais e danos à saúde humana. Destes, 6 artigos foram mais específicos e mencionaram a forma como ocorrem esses danos, através da contaminação do solo, da água e do ar. Também houve 3 citações quanto à contaminação de trabalhadores em aterros através do contato direto com materiais tóxicos. A Tabela 3 mostra a frequência de citações quanto às respostas para a Q1.

Tabela 3. Consequências do descarte inadequado do lixo eletrônico

| Consequências | Quantidade de citações | Frequência de citações |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| Danos à saúde humana | 9 | 81% |
| Danos ambientais | 9 | 81 % |
| Contaminação do solo | 6 | 54% |
| Contaminação da água | 6 | 54% |
| Contaminação do ar | 6 | 54% |
| Contaminação por contato direto | 3 | 27% |

Os artigos destacam que há uma grande responsabilidade do consumidor para que o descarte ocorra de forma correta, a fim de evitar problemas futuros como a contaminação do solo e do lençol freático, complicações na saúde da sociedade podendo chegar a instâncias severas.

Por meio da leitura dos artigos, percebe-se que o consumidor tem importante papel na coleta seletiva domiciliar, visto que o descarte em pontos de coleta específicos para este tipo de resíduo promoverá o reaproveitamento de metais base ou metais preciosos (estanho, chumbo, prata, ouro e paládio), além de outros materiais que podem ser reutilizados.

3.2 Quais as medidas a serem tomadas para amenizar o problema?

Em relação às medidas de relacionadas à solução do problema do descarte inadequado do lixo eletrônico, 7 dos 8 artigos mencionaram reutilização e reciclagem, enquanto 6 mencionaram Logística Reversa.

Quanto à reutilização, SIQUEIRA; MACHADO [10], fazem um relato sobre o trabalho realizado em uma universidade, através da doação de computadores antigos a instituições carentes. Além disso, houve duas citações de virtualização, que consiste em usar uma máquina física para rodar diversas máquinas virtuais, economizando energia, espaço, e reduzindo a emissão de lixo eletrônico [11]. A Tabela 4 mostra a quantidade de citações para a Q2.

Tabela 4 - Solução para amenizar o problema do lixo eletrônico

| Soluções | Quantidade de citações | Frequência de citações |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Reuso / Reciclagem | 9 | 81% |
| Reciclagem | 9 | 81 % |
| Logística Reversa | 8 | 72% |
| Educação ambiental | 2 | 18% |
| Virtualização | 2 | 18% |

3.3 Quais as responsabilidades pós-consumo relacionadas ao lixo eletrônico?

Em relação ao comportamento pós-consumo, os artigos analisados apontam que os consumidores são informados sobre o descarte correto dos eletroeletrônicos. No entanto, as recomendações não são praticadas. Assim, percebe-se que que a informação pode aproximar as pessoas do problema, mas não alterar mudança de comportamento por si só.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou realizar uma revisão sistemática da literatura produzida nos últimos 5 anos sobre lixo eletrônico.

Entende-se que o lixo eletrônico é uma questão atual e relevante, visto que pode acarretar em danos ambientais e à saúde humana. Assim, para diminuição do problema, evidenciou-se a necessidade da criação de estrutura de logística reversa por parte dos fabricantes, hábitos sociais de reciclagem.

Também foram citadas medidas preventivas, pois reduzem a emissão de resíduo eletrônico através da redução

do consumo. Uma dessas medidas é o incentivo à educação ambiental e a virtualização, ou seja, usar diversas máquinas virtuais em uma única máquina física, assim diminuindo a quantidade de computadores em uma empresa, e consequentemente a quantidade de material descartado no futuro.

Ressaltou-se também a oportunidade econômica da reciclagem e reutilização dos mais diversos componentes eletrônicos para as indústrias, assim minimizando a utilização de matérias-primas, combustíveis, energia e água.

5. REFERÊNCIAS

- [1] QUINTANA, J. F.; BENETTI, L. B. Gestão de resíduos eletrônicos: estudo de caso em uma organização militar de São Gabriel/RS. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, v. 38, n. 2, p. 889-905, mai./ago. 2016.
- [2] 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, p. 174-187, out. 2012.
- [3] NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. Brasil produziu 1,4 milhão de toneladas de resíduos eletrônicos em 2014. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/brasil-produziu-14-milhao-de-toneladas-de-residuos-eletronicosem-2014-afirma-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 30 Out. 2017.
- [4] MELLO, A. P.; MAYER, J. P. S.; COSTA, K. A. S. Considerações sobre a destinação do lixo eletrônico. Revista Fatec Zona Sul, v. 2, n. 3, jun. 2016.
- [5] CARVALHO, C. R. S. A sociedade de risco e o descarte de computadores. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 264-275, 2013.
- [6] CANÇADO, C. J., *et al.* Gestão de resíduos sólidos de microcomputadores no município de Contagem/MG: uma análise dos atores envolvidos. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GEAS, v. 1, n. 1, p. 1-18, jan./jun. 2012.
- [7] BRASIL. Lei no. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. 2010.
- [8] KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. Keele, UK, 2004.
- [9] GALVAO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183-184, mar. 2014.
- [10] SIQUEIRA, M.; MACHADO, C. M. Atividade extensionista e TI verde conectando instituição e comunidade. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 5, n. 2, p.18-27, out. 2013.
- [11] PONTES, F. N.; GIORDANO, F. Práticas de TI verde em uma empresa educacional para fomentar a responsabilidade socioambiental. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GEAS, v. 4, n. 2, mai./ago. 2015.