XXI SIMPEP SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
10, 11 e 12 de novembro 2014
As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro

PERSPECTIVAS SOBRE A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS E A LOGÍSTICA REVERSA NA CADEIA DE ELETROELETRÔNICOS

UANDERSON REBULA DE OLIVEIRA - uanderson.rebula@yahoo.com.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - GUARATINGUETÁ

FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS - fmarins@feg.unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - GUARATINGUETÁ

JORGE MUNIZ JUNIOR - jorgemuniz@feg.unesp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - GUARATINGUETÁ

Resumo: *O SETOR DE ELETROELETRÔNICOS CRESCE DE FORMA EXPRESSIVA NO MUNDO, REFLETINDO EM UM AUMENTO DO RESÍDUO GERADO E DESCARTADO DENOMINADO LIXO ELETRÔNICO. ORIUNDO DO DESCARTE DE APARELHOS ELETRÔNICOS TAIS COMO COMPUTADORES, IMPRESSORAS, TELEVISOORES E CELULARES, O LIXO ELETRÔNICO É UM PROBLEMA CADA VEZ MAIS APARENTE NA SOCIEDADE ATUAL, POIS CONTÉM MUITAS SUBSTÂNCIAS DANOSAS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA. DESTA FORMA, TORNA-SE NECESSÁRIA SUA DISPOSIÇÃO FINAL ADEQUADA. COM A CRIAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS) NO BRASIL, OS FABRICANTES, IMPORTADORES, DISTRIBUIDORES E COMERCIANTES DE PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS DEVEM ESTRUTURAR E IMPLEMENTAR SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA (LR) MEDIANTE RETORNO DOS PRODUTOS APÓS O USO PELO CONSUMIDOR. ESTE TRABALHO TEM COMO OBJETIVO ANALISAR O PANORAMA DA LR E SUA INTERRELAÇÃO COM O LIXO ELETRÔNICO E A TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS, COM PROPÓSITO DE CONTRIBUIR COM A PRÁTICA DA PNRS. PARA TANTO, FOI REALIZADA UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA DE CARÁTER EXPLORATÓRIO. CONCLUI-SE QUE AS TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS COMO IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION - RFID), CÓDIGO DE BARRAS E O CÓDIGO DE RESPOSTA RÁPIDA (QUICK RESPONSE CODE - QR) SÃO INSTRUMENTOS DE RASTREABILIDADE QUE PODEM SER ÚTEIS NAS PRÁTICAS DA LR DO LIXO ELETRÔNICO.*

Palavras-chaves: *LOGÍSTICA REVERSA. LIXO ELETRÔNICO. TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS. CÓDIGO DE BARRAS. RESPOSTA RÁPIDA. IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA*

Área: *11 - ENG. PROD., SUSTENTABILIDADE E RESP. SOCIAL*
Sub-Área: *11.5 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*

PERSPECTIVES ON TECHNOLOGY FOR PRODUCTS IDENTIFICATION AND REVERSE LOGISTICS ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS SUPPLY CHAIN

Abstract: *THE CONSUMER ELECTRONICS INDUSTRY IS GROWING SIGNIFICANTLY WORLDWIDE GENERATING AN INCREASE IN THE GENERATED E-WASTE. RESULTING FROM THE DISPOSAL OF ELECTRONIC DEVICES, SUCH AS COMPUTERS, PRINTERS, TELEVISIONS AND MOBILE PHONES, THE E-WASTEE IS AN INCREASINGLY NOWADAYS PROBLEM, BECAUSE IT CONTAINS MANY HARMFUL SUBSTANCES TO THE ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH.. WITH THE ADOPTION OF THE NATIONAL SOLID WASTE POLITICS (PNRS) IN BRAZIL, MANUFACTURERS, IMPORTERS, DISTRIBUTORS AND RETAILERS OF CONSUMER ELECTRONICS PRODUCTS SHOULD DESIGN AND IMPLEMENT REVERSE LOGISTICS (LR) SYSTEMS RELATED TO THE RETURN OF POST-CONSUMER PRODUCTS. ALTHOUGH MANY COMPANIES IN THE ELECTRONICS SECTOR ARE WORRIED ABOUT THEIR LR SYSTEMS, THERE ARE FEW STUDIES THAT EXPLORE THIS THEME IN LITERATURE. THIS PAPER AIMS TO OFFER AN OVERVIEW OF LR SYSTEMS AND ITS RELATIONSHIP WITH E-WASTE AND THE AVAILABLE TECHNOLOGY FOR PRODUCTS IDENTIFICATION, WITH INTENTION TO CONTRIBUTE TO THE SUCCESS OF PNRS. A LITERATURE SEARCH WAS CONDUCTED, AND IT IS CONCLUDED THAT THE TECHNOLOGY FOR PRODUCTS IDENTIFICATION, SUCH AS RFID, BARCODE AND QR CODE, ARE TRACEABILITY TOOLS THAT CAN BE USEFUL IN LR SYSTEMS FOR E-WASTE MANAGEMENT.*

Keyword: *REVERSE LOGISTICS. E-WASTE. TECHNOLOGY FOR PRODUCTS IDENTIFICATION. BARCODE. QR CODE. RFID.*

1. Panorama atual do tema

Entre os países emergentes, o Brasil é o líder na geração de lixo eletrônico por habitante, conforme aponta o *Recycling – from e-waste to resources*, relatório produzido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (SCHLUEPA, 2009; MAZOLLI, DOMICIANO e VIEIRA, 2013). A geração per capita de lixo eletrônico no Brasil é da ordem de 2,8 kg/hab/ano e pode chegar a 3,4 kg/hab - ano em 2030. Outro fato negativo é que há mais de 1,5 milhões de toneladas de lixo eletrônico no Brasil sem tratamento para recuperação de seus componentes (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2014). Andrade *et al*. (2002) indica que a industrialização provocou impactos no meio ambiente, tantos físicos como econômicos e sociais. Marchesan *et al.* (2008) destacam que:

> [...] os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável, tendo o direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com o meio ambiente.

O termo desenvolvimento sustentável vem ganhando corpo e expressão política, fruto da percepção de uma crise ambiental global (NASCIMENTO, 2012), como ilustrado na Figura 1.

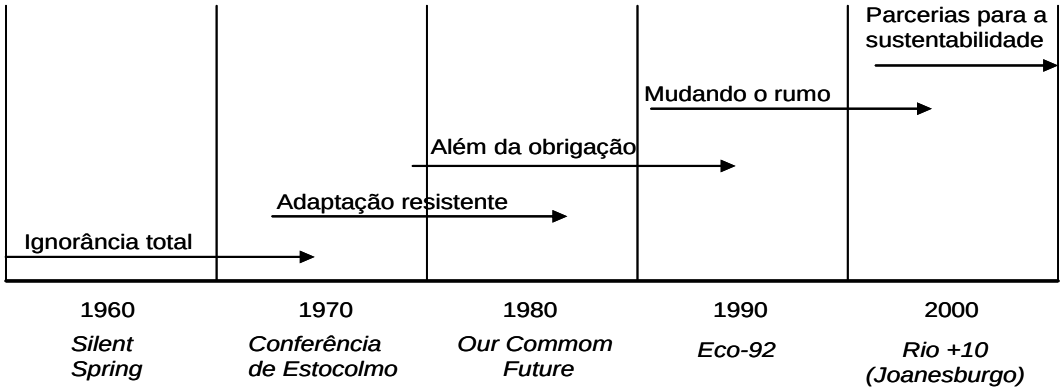

FIGURA 1 - Resposta corporativa às novas demandas da sociedade. Fonte: Pereira *et al.* (2013).

O desenvolvimento sustentável é definido pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. A proteção do meio ambiente deve ser considerada como integrante do processo de desenvolvimento e na tomada de decisões estratégicas. A preocupação ambiental vem ocupando o discurso da sociedade em escala mundial (BARTHOLOMEU e CAIXETA-FILHO, 2011; PEREIRA *et al*. (2013). Neste contexto, a mitigação dos impactos ambientais ocupa a agenda gerencial do desenvolvimento sustentável (XAVIER e CORRÊA, 2013), com atenção ao equilíbrio das

dimensões ambientais, econômicas e sociais - *Triple Bottom Line* (NASCIMENTO, 2012; SARTORI, LATRÔNICO e CAMPOS, 2014).

A Logística Reversa (LR) busca viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. A LR contribui para a redução ou eliminação de resíduos por meio da reciclagem, do reuso e da compostagem (MIGUEZ, 2012). Com seus benefícios ambientais, econômicos e sociais, a LR traduz-se num diferencial competitivo presente no processo de desenvolvimento de produtos, na tomada de decisões estratégicas das organizações e do governo.

A LR é definida como o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo 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 (PNRS, 2010).

De acordo com Ferreira e Vicente (2011), o crescimento da sensibilidade ecológica tem sido acompanhado por ações dos governos e das empresas visando desenvolver ações capazes de amenizar os efeitos dos impactos ao meio ambiente. Leite e Aderito Silva (2012) pesquisaram a literatura sobre LR e constataram a existência de diferenças entre políticas adotadas pelas empresas ao tratar do retorno de produtos, por conta do ramo empresarial, do valor agregado do produto retornado, da posição na cadeia de suprimentos, do motivo de retorno e dos objetivos estratégicos envolvidos.

Tem-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) a determinação de que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de diversos produtos, inclusive de eletroeletrônicos, devem estruturar e implementar sistemas de LR, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. Considerada um avanço na busca de uma gestão ambientalmente adequada, esta lei está ancorada na ideia de responsabilidade compartilhada, ou seja, todos têm que fazer algo por aquele resíduo que produziu e/ou consumiu.

Para Ferreira e Vicente (2011) é complexo estruturar um processo eficiente para a coleta, desmonte e destinação adequada para resíduos sólidos, especialmente os do setor de eletroeletrônicos (lixo eletrônico), que cresce em função da maior obsolescência de uma diversidade de produtos (refrigeradores, televisores, *notebooks*, celulares). Os processos de identificação e rastreabilidade de produtos e componentes auxiliam a LR e a destinação dos Resíduos Sólidos.

Em função da PNRS o fabricante terá o compromisso em analisar o ciclo de vida do produto, de sua produção, utilização pelo consumidor e a responsabilidade do descarte e reciclagem de embalagens. Sendo assim, pode-se dizer que o crescimento ambientalmente sustentável será obrigatório àqueles que se envolva com ele. Por outro lado, a implantação da PNRS exige um grande desafio às diferentes culturas existentes no Brasil, tendo em vista a complexidade de estabelecer um processo eficiente para a coleta, desmonte e destinação adequada dos resíduos sólidos (FERREIRA e VICENTE, 2011). Esta complexidade tem relevância nos casos dos resíduos do setor de eletroeletrônicos que cresce rapidamente, acompanhado de uma maior obsolescência de seus produtos.

A seguir são discutidos aspectos referentes ao Lixo Eletrônico na Seção 2, são apresentadas as Tecnologia de Identificação de Produtos e a LR na Seção 3 e sua relação com o lixo eletrônico na Seção 4, e na Seção 5 são apresentadas as Considerações Finais, seguidas das referências citadas.

2. Setor de eletroeletrônicos e lixo eletrônico

Os produtos eletroeletrônicos abrangem equipamentos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Este setor representa 3,3% do PIB brasileiro (ABDI, 2013) e engloba uma infinidade de produtos, os quais foram agrupados pelas instituições setoriais em conjuntos denominados “linhas” sendo definidas cores para cada agrupamento: linhas Verde, Marrom, Branca e Azul (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2014). A Figura 2 apresenta estes agrupamentos.

FIGURA 2 - Agrupamentos de produtos eletroeletrônicos. Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2013).

Segundo Goldemberg e Cortez (2014), a estimativa da quantidade de lixo eletrônico é uma tarefa difícil de realizar, uma vez que muitos eletroeletrônicos têm vida útil longa e que podem ser repassados para outros usuários quando da aquisição de novos produtos (televisores, fogões e geladeiras). Há também produtos que possuem um ciclo de obsolescência mais curto (*notebooks* e celulares) e, devido à introdução de novas tecnologias, da indisponibilidade de peças de reposição ou dos custos de manutenção, são substituídos e descartados rapidamente.

Outro ponto é que os produtos eletroeletrônicos são considerados bens de consumo de propriedade de quem os adquiriram. Assim, a disponibilização dos resíduos após o término de seu uso depende diretamente da ação do possuidor do bem. Esta realidade induz a um processo de retenção dos bens pelos proprietários originais, constituindo um passivo ambiental de proporção apenas estimada. A Figura 3 apresenta estimativas de quantidades de lixo eletrônico no Brasil e previsão de geração até 2020.

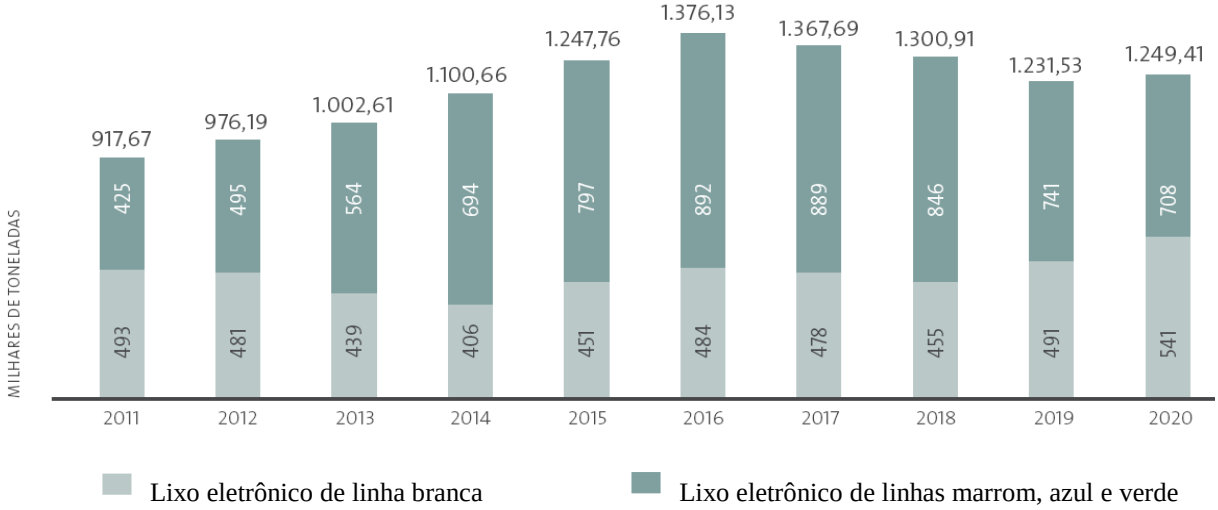

FIGURA 3 - Geração de lixo eletrônico no Brasil – 2011 a 2020. Fonte: Goldemberg e Cortez (2014).

Os produtos eletroeletrônicos são compostos por plásticos, vidros, componentes eletrônicos e vários tipos de metais pesados altamente tóxicos, resultando em dois riscos:

(a) Contaminação dos consumidores que utiliza em casa equipamentos obsoletos e das pessoas envolvidas com a coleta, triagem e reciclagem dos produtos;

(b) Contaminação do meio ambiente, pois, mesmo em aterros sanitários, o contato dos metais pesados com a água contamina o chorume. Penetrando no solo, esse material pode contaminar lençóis subterrâneos ou acumular-se em seres vivos.

A Tabela 1 apresenta alguns elementos presentes nos produtos eletroeletrônicos e os principais danos que podem causar à saúde humana.

TABELA 1 - Metais pesados presentes nos produtos eletroeletrônicos e seus males à saúde humana.

Elemento	Principais danos causados à saúde humana
Alumínio	Alguns autores sugerem existir relação da contaminação crônica do alumínio como um dos fatores ambientais da ocorrência de mal de Alzheimer.
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração; possui meia-vida de 30 anos nos rins; em intoxicação crônica pode gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Chumbo	É o mais tóxico dos elementos; acumula-se nos ossos, cérebro, fígado e rins. Exerce ação tóxica no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado; constitui-se veneno cumulativo de intoxicações que provocam alterações gastrintestinais, neuromusculares e hematológicas.
Cobre	Intoxicações como lesões no fígado.
Cromo	Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo, pode provocar anemia, alterações hepáticas e renais, além de câncer do pulmão.
Mercúrio	É absorvido pelos pulmões. Modifica as configurações das proteínas. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3g a 30g são fatais, apresentando efeito acumulativo e provocando lesões cerebrais, além de efeitos de envenenamento no sistema nervoso central e teratogênicos.
Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	Apenas 10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.

Fonte: adaptado de Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2013).

Alguns desses produtos ainda recebem jatos de substâncias químicas para protegê-los da corrosão ou para retardar chamas. Como a extração de cada substância química exige um procedimento diferenciado, sua separação para processamento e reciclagem tem uma complexidade, um custo e um impacto muito maiores do que o recolhimento e tratamento de resíduos das latas de alumínio e garrafas de vidro (ABDI, 2013).

Diante deste cenário, o problema da destinação do lixo eletrônico começa a ganhar espaço nas discussões (Lavez *et al.*, 2011), levando muitas organizações ecologistas a pressionarem empresas e governos para o seu equacionamento. Um passo importante para disciplinar o gerenciamento e o descarte ambientalmente adequados do lixo eletrônico, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final foi com a introdução do artigo 33, item VI da PNRS, ao determinar que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos devem estruturar e implementar sistemas de LR.

Cabe destacar, além da PNRS, o seu Decreto regulamentador nº 7.404/10:

- A Lei Federal nº 10.295/2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e de Uso Racional de Energia, define níveis de eficiência energética para os produtos eletroeletrônicos, e induz um processo de substituição dos equipamentos já em uso;
- A NBR 16.156/2013, que estabelece os requisitos para proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos da segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos.

- Está em processo de discussão no Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), resolução que trata da gestão do lixo eletrônico no Brasil.

Apesar da existência da PNRS desde 2010, a Prefeitura de São Paulo (2014) relata várias deficiências quanto o gerenciamento ambiental do lixo eletrônico no Brasil:

- Ainda não há sistema de LR implantado e ofertado aos consumidores.
- Com relação à destinação do lixo eletrônico não existem dados consolidados do setor.
- Não há estimativa de custos para a coleta e reciclagem do lixo eletrônico.
- Apesar de haver iniciativas para recolhimento do lixo eletrônico, estes ainda são muitos incipientes e inadequados, considerando a forma como estão estruturadas e ofertadas.
- Há carência de normas reguladoras sobre os procedimentos de descarte e recuperação do lixo eletrônico.

As empresas terão que se adequar ao PNRS devido a um plano federal que estabelece metas para o ano de 2021 (GOLDEMBERG e CORTEZ, 2014):

- LR implantada nos municípios com população superior a 80 mil habitantes.
- Ao menos um ponto de coleta para cada 25 mil habitantes nos municípios com LR implantada.
- 17% do lixo eletrônico coletado e destinado de forma final ambientalmente adequada em relação à quantidade de produtos colocados no mercado no ano anterior ao da assinatura do Acordo Setorial.

O lixo eletrônico muitas vezes têm um alto valor devido sua composição dos metais pesados. Como exemplo, os televisores de telas planas contêm ouro, platina, índio e rutênio, que são de alto valor no mercado (NATUME e SANT'ANNA, 2011). Desta forma, a LR do livro eletrônico, além de contribuir com o meio ambiente e a sociedade, pode trazer benefícios financeiros às empresas (MIGUEZ, 2012).

3. Tecnologia de apoio a rastreabilidade de produtos

A rastreabilidade é um processo que possibilita a identificação do produto no sistema da LR através da coleta e armazenagem de suas informações, o que aumenta a confiança do processo como um todo. No entanto, os processos de rastreabilidade e Tecnologia da Informação (TI) devem estar intimamente relacionados, vez que a gestão da informação pode tornar os processos mais precisos e dinâmicos com uso de recursos informatizados.

Dentre as várias possibilidades de identificação de produtos destaca-se a Identificação por Rádio Frequência (RFID – *Radio Frequency Identification)* que não é uma tecnologia

nova, mas vem gnhando destaque (SANTINI, 2008). A RFID usa transmissão remota de alta frequência para identificar, rastrear, selecionar ou detectar uma grande variedade de objetos (caixas, paletes, contêineres), além de ser usada nos processos de rastreamento e acompanhamento, integração da cadeia de abastecimento, vigilância eletrônica de produtos, controle de acessos, monitoramento de pacientes, detecção e monitoramento ambiental. (BHUPTANI e MORADPOUR, 2005). Uma das grandes vantagens desta tecnologia é a capacidade de identificar diversos produtos simultaneamente de maneira rápida e eficaz economizando tempo e reduzindo custos. O funcionamento do sistema RFID é ilustrado na Figura 4.

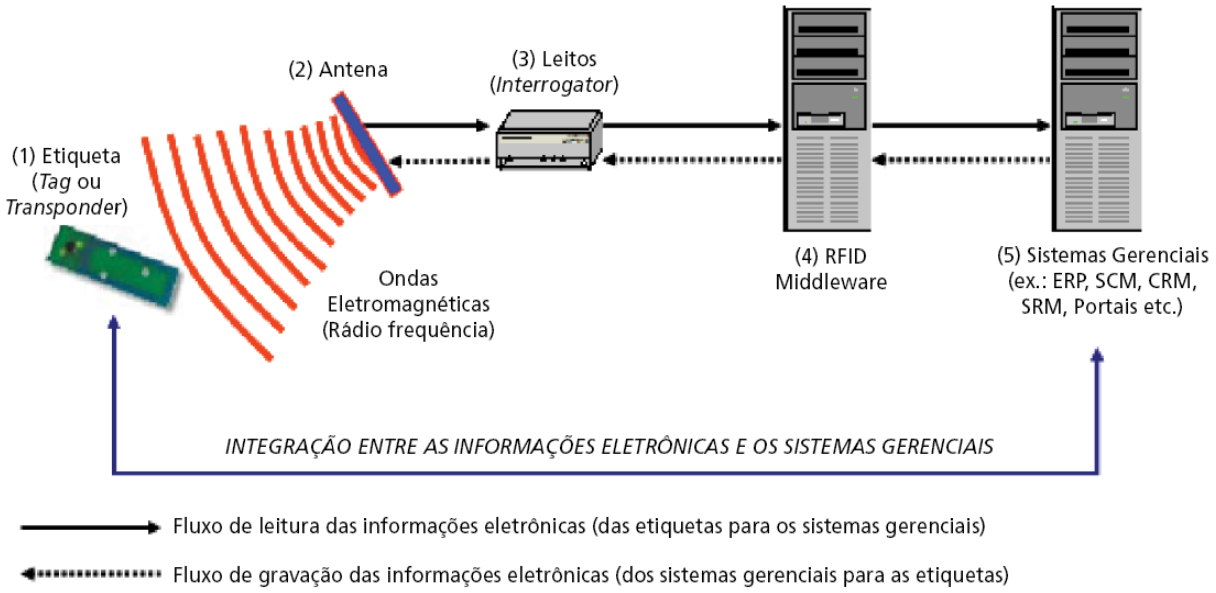

FIGURA 4 - Funcionamento do sistema de tecnologia RFID. Fonte: Pedroso, Zwicker e Souza (2009).

A partir da Figura 4, Pedroso, Zwicker e Souza (2009) explicam que as informações sobre determinado produto são registradas nas etiquetas RFID, chamadas de *smart tag* ou *transponder* (1). Essa etiqueta é fixada no produto e as informações contidas nela são lidas pela antena (2) e leitores (3) por meio de rádio frequência. A gestão das informações distribuídas ao longo da cadeia de suprimentos é realizada por meio de um sistema denominado RFID *middleware* (4). Esse componente tem por objetivo gerenciar o fluxo de informações entre os diferentes componentes de *hardware* de RFID (antenas, leitores, sensores, impressoras de RFID), identifica os eventos associados a essas informações (por exemplo, um televisor que passou por um setor de recebimento pode disparar uma atividade de atualização de estoques) e realiza a integração com os Sistemas Gerenciais da empresa (5).

Há ainda outras tecnologias de identificação de produtos como o Código de Barras e o Código de Resposta Rápida (*Quick Response Code - QR*). Esta tecnologia é uma forma de

representação gráfica de dados que permitem leitura ótica por aparelhos com laser chamadas *scanners* ou leitoras. O Código de Barras é representado por meio de uma sequência numérica enquanto que o QR Code por pontos, quadrados, hexágonos e outras formas. Esta tecnologia pode ser impressa no produto ou fixado por meio de etiqueta e são largamente utilizados para identificar produtos, ativos fixos e retornáveis, documentos, conteineres, cargas e serviços, trazendo vários benefícios às empresas. Esta tecnologia proporciona maior facilidade, rapidez e segurança na coleta de dados; reduz custos em relação à coleta manual de dados e dispensa o processo de várias etiquetações com o preço de cada produto CONTI (2011). No Brasil, a organização responsável pela padronização desses códigos é a GS-1 Brasil, Associação Brasileira de Automação. A Figura 5 ilustra o Código de Barras e o QR Code.

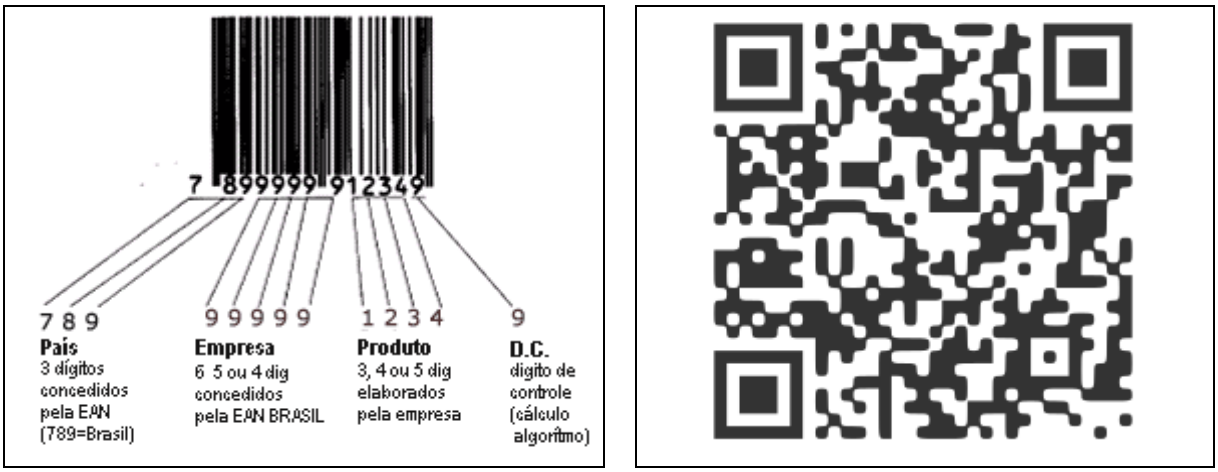

FIGURA 5 - Código de barras de uma dimensão e de duas dimensões (QR Code). Fonte: Xavier e Corrêa (2013).

4. Tecnologia de identificação de produtos e a logística reversa no setor de eletroeletrônicos

Lavez *et al.* (2011) sustenta que a LR torna possível tanto o desagravo aos impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico, quanto o ganho de eficiência e sustentabilidade das operações nas organizações. Então, qual a contribuição que a tecnologia de identificação de produtos poderia promover para implementar sistemas de LR no setor de eletroeletrônicos, de forma a atender a PNRS?

Leite *et al*. (2008) afirmam que a RFID pode ser usada na cadeia de suprimentos; Santini (2008) defende que grandes vantagens podem ser tiradas nos processos de reciclagem com uso da RFID para atender a legislação ambiental; e Xavier e Corrêa (2013), Sasaki (2013) e Valle e Souza (2014) julgam que a RFID, o Código de Barras e o QR Code trazem uma nova extensão à LR, fornecendo uma forma potencial de identificar e rastrear os produtos em vários estágios do seu ciclo de vida.

Embora seja eficiente, a implantação das ferramentas de rastreabilidade demanda a coleta e gestão de dados, o que pode tornar o gerenciamento da LR mais complexo. Portanto, o controle da tecnologia de identificação de produtos precisa da adoção de ferramentas que garantam a eficiência e confiança em toda a cadeia reversa (XAVIER e CORRÊA, 2013). Banzato (2005) alerta que ainda não existe integração total entre os fabricantes quanto a adoção da tecnologia RFID e Adhiama *et al*. (2011) relata que a adoção de RFID em diversas situações têm sido estudadas nos últimos anos por vários pesquisadores, mas poucos abordam questões nos países em desenvolvimento.

5. Considerações finais

Este artigo permitiu estabelecer as dimensões do problema do lixo eletrônico no Brasil e a necessidade de realizar ações para sua gestão por parte das empresas, do governo e da sociedade. A criação de legislações específicas para regulamentação do tratamento dos resíduos sólidos e a inserção da logística reversa no contexto de responsabilidade socioambiental empresarial é um passo importante para o correto gerenciamento do lixo eletrônico.

O Brasil é o mercado emergente que gera o maior volume de lixo eletrônico per capita ao ano. Com isso, a PNRS constitui-se em uma ferramenta essencial vinda da extrema necessidade de proteção do meio ambiente, dando margem ainda, para o surgimento de novos projetos socioambientais. A realização de pesquisas mais aprofundadas quanto a concreta aplicabilidade das tecnologias de identificação de produtos são um importante passo na busca quanto o atendimento do artigo 33, item VI da PNRS, que obriga todos os atores da cadeia de suprimentos a implementarem a LR no setor de eletroeletrônicos.

Este trabalho teve suas limitações por se tratar apenas de um levantamento bibliográfico, mas atingiu seu objetivo de apresentar um tema de grande relevância ao tratar do assunto desenvolvimento ambientalmente sustentável, procurando inter-relacionar os temas: Logística Reversa, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lixo Eletrônico e Tecnologia de Identificação de Produtos. Por fim, destaca-se que, apesar das dificuldades, as empresas do comércio eletrônico têm grande preocupação com a LR, pelo fato de seus lucros estarem vinculados ao marketing estratégico e sua imagem depender da satisfação do cliente durante o processo de comercialização (ARAÚJO *et al.*, 2014).

Agradecimentos: ao SEST SENAT/Transportes e ITL pelo suporte à pesquisa - Processo No. 00571/14.

Referências

ADHIARNA, N.. H.; YOON-MIN. RHO, JAE-JEUNG. A Two-Dimensional Framework for RFID Adoption and Diffusion: Strategic Implications for Developing Countries. Journal of Technology Management & Innovation. Vol. 6. Questão 2. 189-201. 2011.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Brasília, 2013.

ALMEIDA *et al.*. Análise da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (computadores) com base na política nacional de resíduos sólidos. XXXII Encontro nacional de engenharia de produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012.

ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável. 2ª edição. São Paulo: Pearson Education, 2002.

ARAÚJO, A. C.; UNG, J. E.; HILSDORF, W. C.; SAMPAIO, M. Logística reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso. Gestão e Produção, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 303-320, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16156. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa, 2013.

BANZATO, E. Tecnologia da informação aplicada à logística. São Paulo: IMAM, 2005.

BARTHOLOMEU, D. B. e CAIXETA-FILHO, J. V. Logística ambiental de resíduos sólidos. São Paulo: Atlas, 2011.

BATOCCHIO, A. Uma visão geral sobre RFID e áreas de aplicações. X SBAI – Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. 18 a 21 de setembro de 2011. São João Del Rei – MG.

BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. RFID: implementando o sistema de identificação por radiofrequência. São Paulo: IMAM, 2005.

CONTI, L. R. S. Melhoria do Sistema de Gestão de Ferramentais de Manutenção Aeronáutica utilizando a Tecnologia de Identificação Automática de Dados. Itajubá: UNIFEI, 2011, 153p. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá).

CUMMINGS, J. C.; HOLTZ, W. B.; RIDDLE, M.; ULLMAN, D. Modeling and simulation to support risk management in complex environments. Critical Infrastructure Symposium, 2014.

FERREIRA, M. B.; FERREIRA, A. C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia. Vol. III, Nº. 3, Ano 2008.

GOLDEMBERG, J.; CORTEZ, C. L. Resíduos sólidos e a logística reversa: o que o empresário do comércio e serviços precisa saber. Cartilha FECOMERCIOSP. São Paulo, 2014.

GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. S. Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. Gestão e Produção. v.13, n.3, p. 397 - 410, set.-dez, 2006.

LAVEZ, N.; DE SOUZA, V. M.; LEITE, P. R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do "lixo eletrônico" – um estudo no setor de computadores. Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA, São Paulo, v.5, n.1, p. 15-32, jan./abr., 2011.

LEE, C.K.M; CHAN, T.M. Development of RFID - based Reverse Logistics System. Expert Systems with Applications. Volume 36, Issue 5 , july 2009, Pages 9299-9307.

LEITE, P. R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. 2ª edição. São Paulo: Pearson, 2009.

LEITE, P. R. Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista Tecnologística. Edição 178. p. 90-92. São Paulo, nov. 2010.

LEITE, P. R. *et al.*. O impacto da tecnologia de etiqueta inteligente (RFID) na performance de cadeias de suprimentos – um estudo no Brasil. Revista Jovens Pesquisadores, ANO V, N. 9, p. 101-118. JUL./DEZ. 2008.

LEITE, P. R.; ADERITO SILVA, A. Empresas brasileiras adotam políticas de logística reversa relacionadas com o motivo de retorno e os direcionadores estratégicos? Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 79-92, maio/ago. 2012.

MACHADO, B. A.; COELHO, T. M.; CASTRO, R.; BASTTIELLE, R. A. G. Gestão de resíduos: mecanismo de obtenção de preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte – MG, 04 a 07 de outubro de 2011.

MARCHESAN, A. M. M.; STEIGLEDER, A. M.; CAPELLI, S. Direito ambiental. 5ª edição. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINS, L. F. B.; BORTOLI, L. A.; NASCIMENTO DA SILVA, P.; OLIVEIRA, E. L.; ZANOLLA, T. Lixo eletrônico: uma questão ambiental. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

MAZOLLI, M. D.; DOMICIANO, G. C.; VIEIRA, R. Lixo tecnológico/eletrônico: um breve histórico do problema a possíveis soluções no caso brasileiro. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

MIGUEL, P. A. C. *et al*. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MIGUEZ, E. C. Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico: benefícios ambientais e financeiros. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. Estudos Avançados. vol. 26, n. 74, p. 51 - 64. São Paulo, 2012.

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. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. São Paulo – Brazil – May18th - 20ndth - 2011.

OLIVEIRA, B. M. C.; EL-DEIR, S. G. Gestão do lixo eletrônico na universidade federal rural de Pernambuco. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 06 a 09 de novembro de 2011 - Campus Piza - Unopar - Londrina/PR.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. Adoção de RFID no Brasil: Um estudo exploratório. Revista de Administração Mackenzie. Vol 10. 12-36. 2009.

PEREIRA, A. L.; BOECHAT, C. B.; TADEU, H. F. B.; MOREIRA SILVA; J. T.; CAMPOS, P. M. S. Logística reversa e sustentabilidade. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, Seção 1 - 3/8/2010, Página 3.

SANTINI, A. G. RFID - *Radio Frequency Identification*: conceitos, aplicabilidades e impactos. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

SARTORI, S., LATRÔNICO, F., CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. Revista Ambiente & Sociedade-São Paulo v.XVII, n. 1 p.1-22 jan.-mar. 2014.

SASAKI, Y. RFID e a logística reversa. RFID Journal Brasil, 2013.

SCHLUEPA, M. *et al.* Recycling – from e-waste to resources. UNEP - United Nations Environment Programme & UNU - United Nations University, final report, july 2009.

TRIGO, A. G. M.; BALTER, R. S. Uma visão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos de aparelhos de celular. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

VALLE, R.; SOUZA, R. G. Logística reversa: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014.

VICENTE, S. C. S.; FERREIRA, G. T. C. Logística reversa de resíduos sólidos: uma análise crítica dos desafios impostos pela Lei 12.305/10. XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2011.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. Sistemas de logística reversa – criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013.

ZIERHUT, E. J. Gerenciamento de lixo eletrônico na cidade de Joinville – SC. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.