

Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM Santa Maria
Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental
e-ISSN 2236 1170 - V. 19, n.2, mai – ago.. 2015, p. 1423-1438



DESENVOLVIMENTO DE PONTO DE COLETA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

DEVELOPMENT OF A COLLECT POINT OF ELECTRONIC WASTE

Carolina São Leandro Sigríst, Luis Felipe Brito Fonseca, Juliana Mendes Veiga, Jane Maria Faulstich Paiva, Virgínia Aparecida Silva Moris

Engenharia de Produção UFSCar- Sorocaba, SP.

Resumo

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados atualmente pela sociedade está relacionado à falta de locais adequados para a disposição de resíduos sólidos eletroeletrônicos que possuem em sua composição substâncias perigosas e tóxicas para o meio ambiente e para a saúde humana. A falta da conscientização de uma grande parte da população a respeito da necessidade de se realizar um destino ambientalmente correto desses resíduos também faz parte da realidade atual. Tais fatos, intensificados pelo crescimento da população, aumento da globalização e desenvolvimento dos setores tecnológicos, proporcionam uma maior preocupação com a criação de novas políticas sustentáveis. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) impulsionou o desenvolvimento de projetos relacionados à gestão dos resíduos sólidos. Segundo a PNRS, os resíduos eletroeletrônicos (REE) possuem a obrigatoriedade do estabelecimento da logística reversa mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor através, por exemplo, de processos de reciclagem. Porém, até o momento, praticamente, não existem pontos de coletas e informações suficientes disponíveis para iniciar o processo de coleta e destino adequado aos REE, nem acordos firmados entre governos, empresas, cooperativas e consumidores relacionados a esse compromisso. Assim, o presente artigo envolveu o desenvolvimento de um protótipo de ponto de coleta de REE em parceria com o centro de inovação sustentável, o Sinctronics. A preocupação com o design do protótipo, bem como a avaliação da melhor localização no ambiente universitário e dos meios de divulgação foram imprescindíveis para que o ponto de coleta se tornasse atrativo e útil. Os resultados obtidos através de observações e questionários evidenciaram que já existe uma consciência ambiental na universidade referente ao descarte dos resíduos, porém, até então, não existia um ponto de coleta adequado e campanhas de conscientização da importância relacionada ao descarte correto dos REE, bem como informações referentes aos processos de reinserção desses resíduos no ciclo produtivo.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Pontos de Coleta; Resíduos Eletroeletrônicos; Política Nacional dos Resíduos Sólidos; Reciclagem.

Abstract

One of the biggest environmental problems faced by the society is related to the lack of suitable sites for the disposal of solid electronics waste in which there are in their composition hazardous and toxic substances to the environment and to the human health. The lack of awareness of a large part of the population regarding the need to conduct an environmentally friendly disposal of these residues is also part of the current reality. These facts which have been intensified by population growth, increased globalization and development of technological sectors, provide a greater focus on the creation of new sustainable policies. The National Policy of Solid Waste (PNRS) stimulated the development of projects related to solid waste management. According to the PNRS, the waste electrical and electronic equipment (WEEE) have the requirement of establishing the reverse logistics by the return of the product after the use of the consumer, for instance, by recycling processes. Yet, there are not enough points of collections and information available to begin the process of collection and proper disposal of WEEE, or agreements among governments, companies, cooperatives and consumers related to this compromise. Hence, this paper has involved the development of a prototype of WEEE collection point in partnership with the sustainable innovation center, Sinctronics. The concern for the prototype design, as well as the evaluation of the best location in the university environment and the media were essential to the collection point to become attractive and useful. The results obtained through observation and questionnaires showed that there has already been an environmental awareness at the university referring to the disposal of waste, however, until that moment, there were not an appropriate collection point and public awareness campaigns for the importance related to the proper disposal of WEEE and information regarding to the rehabilitation process of such waste in the production cycle.

Keywords: Solid Waste; Collection Point; Waste Electrical and Electronic Equipments; The Nacional Police of Solid Waste; Recycling.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna apresenta como grande desafio a ponderação entre geração excessiva e a disposição final sustentável de resíduos sólidos. A consciência ambiental atrelada a esse pensamento sustentável apresenta grande crescimento nos setores industriais. Assim, a responsabilidade, ao se produzir equipamentos e materiais que envolvem substâncias perigosas, gera uma necessidade de investimento em processos de reciclagem e reaproveitamento no fim da vida útil dos mesmos. Isso pode ser comprovado pela evidência na relação entre adoção de padrões de produção, consumo ambientalmente corretos e a redução dos impactos à saúde e ao ambiente. (JACOBI, 2011).

A inovação na criação de equipamentos, em especial no setor de eletroeletrônicos, implica em um aumento na procura por produtos mais modernos, incentivando assim o consumismo desenfreado da população. Conseqüentemente, tais equipamentos se transformam em sucata tecnológica em pouco tempo, sendo muitas vezes tratados como resíduos antes mesmo de perder sua utilidade, não sendo destinados a tratamentos adequados quando se tornam inúteis ao consumidor. (SILVA et. al., 2007)

Esse avanço tecnológico relacionado aos produtos eletroeletrônicos pode ser evidenciado, então, pela geração de lixo eletrônico. Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), um habitante brasileiro produz aproximadamente 2,6 kg de lixo eletrônico, equivalente a menos de 1% da produção mundial de resíduos do mundo. Apesar disso, de acordo com Araujo et. al. (2012), esse tipo de indústria continua se expandindo e estima-se que o comércio eletrônico brasileiro, dos últimos anos, apresentou um crescimento de cerca de 30%, de modo que o país se tornou o segundo maior gerador de resíduos sólidos entre os países emergentes. Esse aumento no consumo de eletroeletrônicos não está associado com um crescimento significativo de medidas sustentáveis, porém já existem políticas sendo estruturadas para obrigar o estabelecimento da logística reversa para o reaproveitamento desses tipos de resíduos como, por exemplo, a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

O decreto dessa lei pode ser considerado como um marco para a sociedade brasileira no que diz respeito ao tratamento adequado dos resíduos sólidos. A preocupação pela gestão integrada e pelo gerenciamento correto desses resíduos tende a aumentar consideravelmente com a instituição da PNRS, porém, infelizmente o Brasil não pode ser considerado como referência no tratamento e destinação final dos resíduos sólidos. Isso é evidenciado, pois a logística reversa, introduzida pela PNRS como forma de gerenciamento adequado de resíduos sólidos, necessita da coleta seletiva, praticada apenas em 56,9% dos municípios brasileiros. Essas atividades podem ser resumidas, muitas vezes, a poucos pontos de entrega voluntária, ou a cooperativas de catadores para a execução da coleta, não existindo a prática de disposição de resíduos sólidos em pontos de coleta móveis. (MARCHI,2011).

Considerando as demandas impostas pela PNRS e a busca de soluções que contribuam para sua viabilização, esse trabalho tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um protótipo de ponto de coleta para resíduos eletroeletrônicos (REE), projetado a partir de uma iniciativa da Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba, em parceria com o centro de inovação sustentável Sinctronics (Sorocaba/SP). O desenvolvimento do protótipo

constitui uma etapa do estabelecimento do processo de logística reversa para a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo.

Nos tópicos a seguir está apresentada a metodologia, a fundamentação teórica, onde discute-se aspectos relacionados à regulamentação da gestão dos REE e algumas iniciativas para estabelecimento de pontos de coletas. Posteriormente, os resultados obtidos e as discussões são apresentadas e, por fim, têm-se as conclusões do trabalho e suas limitações .

2 MÉTODO

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso que, segundo VOSS et al. (2002), é a história de um fenômeno passado ou corrente, delineado por múltiplas fontes de evidências. O estudo da implementação do protótipo do ponto de coleta de REE foi realizado na UFSCar – Campus Sorocaba, onde foram avaliados alguns pontos: adesão e acessibilidade da instalação do mesmo, campanhas de divulgação, forma de descarte, tempo de permanência dos REE no local, etc. O desenvolvimento e construção do protótipo foram realizados em parceria com o Sintrônicos.

A inserção do protótipo no ambiente universitário foi realizada diante de uma ampla divulgação via email, através do uso da ferramenta *Google Forms*, rede interna da UFSCar denominada *Info Sorocaba*, cartazes e através elaboração de um questionário respondido por estudantes, funcionários, técnicos-administrativos, docentes, através da internet, e também disponibilizado na forma impressa junto ao ponto de coleta para preenchimento no momento do descarte. O objetivo do questionário foi a avaliação do envolvimento dos frequentadores da universidade no que diz respeito às práticas sustentáveis referentes à disposição adequada dos REE. Algumas perguntas avaliadas no questionário foram relacionadas com informações referentes ao uso de equipamentos eletroeletrônicos, frequência de troca na busca de novas tecnologias, conhecimento a respeito da PNRS, conhecimento sobre as possibilidades de reinserção dos REE em outros processos como matéria-prima, consciência ambiental associada ao impacto ambiental referente ao descarte incorreto, a importância de um ponto de coleta diferenciado no ambiente universitário, dentre outros pontos.

O trabalho incluiu o desenvolvimento, a construção e disponibilização do protótipo do ponto de coleta de REE no ambiente universitário em dois momentos, em um intervalo de aproximadamente um mês em cada período. Foram realizadas reuniões periódicas entre o Sintrônicos e os representantes da Universidade de modo a contribuir com ideias para o desenvolvimento do protótipo. As reuniões foram focadas em alternativas de possíveis melhorias para definir um futuro ponto de coleta idealizado diante dos problemas encontrados nos períodos de testes que o protótipo esteve na Universidade, que ocorreram em dois momentos distintos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como: “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Dentre os resíduos sólidos, encontram-se os REE, definidos como equipamentos eletroeletrônicos que chegam ao fim de suas vidas úteis e que não possuem mais qualquer condição de reparo, atualização ou reuso. Devido à existência de metais pesados presentes na composição dos REE, no descarte dos mesmos são encontrados elementos como mercúrio, berílio, cádmio, chumbo e arsênio, elementos tóxicos de grande risco à saúde quando não gerenciados da maneira correta. Assim, a extração de cada tipo de metal exige um processo diferenciado, além de custos elevados para a realização da reciclagem completa. O manuseio não adequado desses compostos pode resultar em riscos de contaminação tanto para aqueles que estão em contato com o REE quanto para o meio ambiente (ABDI,2013).

Um problema identificado em vários trabalhos (ONGONDO; WILLIANS; CHERRETT, 2011; BARBA-GUTIÉRREZ; ADENSO-DÍAZ; HOPP, 2008; RODRIGUES 2007) foi a disposição incorreta dos REE em aterros devido à ocupação de áreas impróprias para o descarte e a não recuperação de materiais. Além disso, os impactos ambientais são consideravelmente maiores quando os REE são depositados em aterros não controlados ocorrendo a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais devido à lixiviação das substâncias tóxicas presentes nesses equipamentos pelas águas das chuvas. Portanto, é necessária a criação de modelos de gestão ambiental desses resíduos (REIS, 2013; ARAUJO, 2013; TANSKANEN, 2013), já que os mesmos são considerados como resíduos de classe I (resíduos perigosos) por apresentarem características de toxicidade (ABNT, 2004). Desta forma, algumas legislações já foram e estão sendo implementadas em diversos países referentes aos REE.

No Brasil, a discussão referente a gestão dos resíduos sólidos é recente. Alguns municípios e Estados possuíam uma legislação específica envolvendo responsabilidades aos fabricantes, importadores e comércio pela coleta e tratamentos desses materiais. Um maior incentivo iniciou-se em 1991 com o debate da lei nº 12.305 conhecida como a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2 de Agosto de 2010. Segundo o artigo 4º da lei, “A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados 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”.

A PNRS introduz a obrigatoriedade de implementação da logística reversa de REE - dentre outros - de forma que tenham uma destinação e tratamento adequados. A aplicação desse tipo de prática, quando realizada de forma eficiente, pode reduzir custos da empresa,

bem como garantir vantagens competitivas para a mesma (ARAUJO et.al., 2012). De acordo com a regulamentação da própria lei nº 12.305, a logística reversa é definida como "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". Ela é, portanto, o mecanismo que viabiliza o processo de reciclagem. Apesar da importância e relevância dos estudos voltados para a logística reversa em REE, poucos foram os avanços obtidos até o momento sobre os detalhes e as etapas que compreendem a logística reversa e as dificuldades encontradas nesse processo (CELINSKI et.al, 2013).

Com o objetivo de amenizar o problema do lixo eletrônico, nas últimas décadas muitos países vem adotando regulamentações associadas à Responsabilidade Estendida do Produto (Extended Producer Responsibility), que obriga os produtores de eletroeletrônicos a recolher e reciclar seus produtos quando os mesmos atingirem o fim de vida dos mesmos. A coleta e consolidação do lixo eletrônico são consideradas como um desafio da logística, de modo a requerer um alto nível de cuidado e conscientização por parte do consumidor ao retornar os REE para reciclagem. (TANSKANEN, 2013).

A coleta e o transporte dos REE a um destino correto resultam nos principais custos de todo o processo de recuperação dos mesmos, que pode ser, por exemplo, em processos de reciclagem. Esses custos podem apresentar impactos significativos quando se leva em consideração o investimento necessário para as campanhas de conscientização dos consumidores a respeito da importância da reciclagem dos REE, realizada pelas empresas. Assim, a otimização do processo de coleta e campanhas de divulgação sobre os programas de reciclagem, são considerados de grande importância para a eficiência do processo de reciclagem de REE.(TANSKANEN,2013)

A coleta seletiva e/ou a coleta via correspondência são meios considerados convenientes para o consumidor, porém o transporte dos mesmos geralmente apresenta custos elevados. De modo geral, sistemas de coleta de lixo eletrônico, que permitem ao consumidor devolver seu equipamento obsoleto a qualquer momento, necessitam de investimentos relacionados à logística para o transporte desses resíduos (quando acumulados em quantidade suficiente para serem retirados). Da mesma forma, apesar da existência de alguns locais com pontos de coleta considerados convenientes, como em locais de varejo ou de grande circulação da população, tais pontos acabam exigindo espaço extra e supervisão por parte dos responsáveis pela reciclagem dos REE. O custo operacional e a conveniência nem sempre irão andar de mãos dadas no momento de organização de um determinado ponto de coleta. (TANSKANEN, 2013).

O trabalho também apresenta as dificuldades relacionadas à reciclagem dos REE, a implementação de pontos de coleta para e o desenvolvimento de um sistema de logística reversa e destaca a importância do retorno dos REE aos agentes que darão um tratamento adequado aos mesmos. Os primeiros passos para a criação de um ponto de coleta envolvem a construção da infraestrutura necessária, bem como a apresentação clara de como a logística reversa será realizada com os resíduos depositados. Depois de testado e analisado, o programa de coleta pode ser expandido através da cooperação com parceiros, como empresas de varejo, instituições de ensino, ONGs e autoridades locais ou regionais. A

próxima fase da implementação do uso e gestão do ponto de coleta se concentra na coleta e análise de dados, além de uma melhor compreensão do comportamento dos usuários. (TANSKANEN, 2013).

O primeiro ponto de coleta piloto para telefones celulares ocorreu na Europa em 1997, abrangendo 6 indústrias presentes na Suécia e Reino Unido. Desde então, começaram a surgir iniciativas de coleta com o intuito de aumentar a preocupação do consumidor frente às necessidades e benefícios da reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos. Um exemplo desse tipo de iniciativa é o ponto de coleta ou “take-backkiosk” criado pela Nokia no final de 2005 com o objetivo de incentivar a coleta de celulares. Segundo o estudo realizado, em uma escala global, menos de 10% da população reciclou seu celular antigo, mesmo em países desenvolvidos como na Europa e nos Estados Unidos, onde a taxa de reciclagem de celulares antigos é de aproximadamente 15%. A gerente de sustentabilidade da empresa evidenciou a necessidade de colocar pontos de coleta em locais de fácil acesso e seguro, e destacou a importância do consumidor para a eficiência e sucesso do projeto. Além desse fato, também foi observado que os celulares apresentaram uma complexidade inerente relacionada ao apelo sentimental do consumidor, dificultando o processo de reciclagem. (TANSKANEN, 2013).

Tanskanen, 2013 ressalta também que apesar da infraestrutura dos pontos de coleta para celulares já esteja sendo implementada por algum tempo em vários países a maioria dos consumidores ainda não tem conhecimento sobre o potencial de reciclagem de celulares que chegaram ao fim de sua vida útil. No trabalho foi realizada uma pesquisa com a participação de 6.500 pessoas em 13 países, incluindo o Brasil, em 2008, e apenas 3% das pessoas no mundo costumam reciclar seus celulares usados. Assim, observou-se a importância de campanhas de divulgação sobre a reinserção dos REE na cadeia através do processo de reciclagem e também da existência de pontos de coleta de forma a facilitar tal prática.

Os programas de reciclagem de aparelhos celulares vêm sendo promovidos em cooperação com operadoras de telecomunicação, redes de varejo, companhias de reciclagem, ONGs ambientais, escolas e universidades há alguns anos. Na América Latina, o primeiro programa de reciclagem associado à uma operadora de telecomunicação ocorreu no México em 2006, se espalhando posteriormente para outros países, como Peru, Brasil, Chile, Colômbia, Equador e Argentina, de modo a totalizar 564 pontos de coleta em 2011 (OLIVEIRA,2012).

No Brasil, o descarte de REE pode ser realizado em locais como o CEDIR (Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática) em São Paulo, que realiza a coleta em conjunto com a Universidade de São Paulo (USP); o Descarte Certo, serviço pago, presente em todo o território nacional em que o consumidor pode solicitar a retirada do REE em sua residência. Diversas operadoras de telefonia móvel possuem pontos de coleta em vários estabelecimentos do país, assim como em hipermercados como Extra e Pão de Açúcar. Fabricantes de eletrônicos como Apple, Dell, Hewlett Packward (HP), Itautec, Lenovo, Philips, Positivo, Samsung, Semp Toshiba e Sony possuem iniciativas próprias de reciclagem e a coleta de aparelhos inativos e variam de acordo com as especificações das empresas. (VEJA,2013)

A HP implantou o programa de logística reversa e reciclagem chamado “Planet Partners”, que visa fechar o ciclo de vida dos REE. Esse projeto foi firmado através da parceria com grandes empresas, que se comprometem a fazer pedidos de coleta do material, com os correios, que oferecem o serviço de postagem do material, e através da distribuição de pontos de coleta – chamados “ecobins” - nas grandes redes de varejo para o retorno de cartuchos de impressora. (HP, 2014)

Organizações Não-Governamentais (ONG) brasileiras de incentivo à coleta do lixo eletroeletrônico, comumente, possuem programas de reciclagem para consumidores, empresas, indústria e governo. A Ecobraz, por exemplo, apresenta um programa sustentável que inclui projetos socioambientais de reciclagem e reutilização de equipamentos eletrônicos, aplicação de cursos profissionalizantes na área de Tecnologia da Informação (TI) e pesquisas em tecnologia. Todos os equipamentos eletroeletrônicos doados que possuem funcionamento são integrados para serem utilizados como ferramenta de trabalho nos cursos, enquanto que aqueles sem funcionamento são encaminhados para agentes de reciclagem. A ONG realiza a coleta gratuita do lixo eletroeletrônico através do preenchimento de formulários *online* para agendamento da coleta. (ECOBRAZ,2014)

Outra iniciativa semelhante é realizada pela *ItGreen*, organização não governamental que diz respeito a um núcleo do parque tecnológico Porto Digital, situado em Recife. A ONG objetiva promover o uso intensivo de TI para o bem-estar socioambiental, procurando estimular a cultura de Responsabilidade Social Empresarial, enfatizando, entre outros eixos temáticos, o de resíduos eletroeletrônicos. As atividades desenvolvidas pela *ItGreen* incluem a realização de estudos e pesquisas, manual de Responsabilidade Social Empresarial, Cadastro de Pontos de Recebimento de REE em Recife, Campanha de recebimento de Resíduos Tecnológicos, entre outros. Com relação aos pontos de coleta, para recebimento de pilhas e baterias, a ONG disponibiliza diversos endereços em Recife de Agências do Banco Santander, Supermercados Pão de Açúcar, Wal Mart, Extra, C&A, Sony e Philips. Para a coleta de Celular e Acessórios, as empresas Oi, Claro, Tim, Vivo, C&A, Pão de Açúcar, Extra, Motorola, Nokia e Banco Santander também disponibilizam pontos de coleta em seus respectivos endereços. (ITGREEN, 2014)

Também existem cooperativas de reciclagem como a Coopermiti, uma central de triagem de resíduos eletroeletrônicos que desenvolve e opera soluções para se desfazer do lixo eletroeletrônico utilizando-se desse processo para realizar um trabalho de inclusão social, inclusão digital, capacitação, educação ambiental e cultura. Todo o material recebido ou coletado após triagem pelas cooperativas sem fins lucrativos é destinado, reciclado ou reutilizado, gerando renda aos cooperados e proporcionando doações. (COOPERMITI,2014)

Gamberini (2010) apresentou um estudo relacionado ao sistema de logística reversa para REE no norte da Itália. O trabalho avaliou soluções alternativas, com base em uma perspectiva tecnológica e ambiental, visando identificar um sistema de transporte eficiente. A análise da melhor rota foi realizada considerando o transporte dos resíduos dos vários pontos de coleta até uma única planta de tratamento para os resíduos. Em muitos casos, o transporte dos REE é realizado por empresas terceiras normalmente especializadas em tratamento desses tipos de resíduo, que se responsabilizam também pela coleta e transporte dos mesmos até a unidade que será realizado o tratamento. O estudo revelou que, uma preocupação adequada que envolva pontos de coleta, também associa-se a questões como

disponibilidade de recursos (veículos e trabalhadores disponíveis para realizar a coleta e o transporte) e rotas de coleta possíveis para transportar os REE até a unidade que realiza o processo de reciclagem.

Na União Europeia, diretrizes relativas aos resíduos eletroeletrônicos vêm sendo implementadas com o intuito de reduzir impactos negativos relacionados ao meio ambiente e saúde, bem como com o objetivo de melhorar processos de recuperação de substâncias valiosas provenientes de REE. Um estudo realizado por Ylä-Mella et. al. (2014) relacionado a Diretriz WEEE (Wast from Electrical and Electronic Equipaments) e sua implementação em legislações nacionais da Finlândia, Suécia e Noruega, avaliou a forma como as infraestruturas de recuperação de REE foram construídas nos países nórdicos. A diretriz obriga a necessidade de coleta, reciclagem e valorização de qualquer tipo de REE. Os sistemas de gestão de REE dos países estudados foram avaliados em termos de eficiência de recursos e boas práticas. Os autores concluíram que a implementação nacional da Diretriz WEEE e desenvolvimento de infraestruturas de recuperação de REE foi realizada com sucesso nos países nórdicos considerando-se as taxas de coleta de REE nestes países, que foram claramente excedidas quando comparadas com as taxas projetadas (4 kg de resíduos por habitante por ano). Desde 2007, as taxas de coleta de REE da Finlândia, Suécia e Noruega excederam 9 kg/hab/ano. (YLÄ-MELLA et. al., 2014)

De acordo com os trabalhos encontrados na literatura relacionados a pontos de coleta, pode ser observado que o desenvolvimento de um ponto de coleta de REE acaba envolvendo questões relativas à infraestrutura, dimensionamento e *design*, avaliação dos locais adequados para inserção do ponto de coleta, estudo da logística reversa de modo que se estabeleça a melhor rota que devem seguir os resíduos para a unidade de tratamento adequado, entre outros aspectos. O foco na divulgação e na educação ambiental deve ser levado em consideração, onde as informações referentes à importância do destino correto dos REE devem ser transparentes. Todas essas questões devem ser analisadas levando-se em consideração a questão dos custos envolvidos, sendo necessário avaliar os métodos mais econômicos para a execução de um projeto de descarte adequado de REE.

No Brasil, há uma grande lacuna a ser preenchida em relação aos pontos de coleta de REE tanto no que diz respeito ao desenvolvimento do *design*, da estrutura e de sistemas de logística reversa, como na criação de programas que estimulem o seu uso pela população. Tais evidências serviram de motivação para o estudo apresentado neste trabalho, em que foi realizada uma análise a respeito do desenvolvimento e da inserção de um protótipo de ponto de coleta de REE no ambiente acadêmico com o objetivo de vislumbrar um *design* de futuros pontos de coleta que sejam viáveis, seguros e atrativos, juntamente com campanhas de divulgação e informações referentes a reinserção dos REE no ciclo produtivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da necessidade de implementação de pontos de coleta de REE, com o intuito de diminuir os impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado desses tipos de resíduos, bem como o de promover um incentivo às exigências da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o presente trabalho envolveu o desenvolvimento de um protótipo de ponto de coleta de REE, estudo este realizado a partir de uma parceria entre a Universidade

Federal de São Carlos- Campus Sorocaba e o Sinctronics. A realização deste trabalho norteia o desenvolvimento sustentável agregando valor ao produto final após o tratamento adequado dos REE coletados. Os resultados contribuem também para possíveis reduções como, por exemplo: no uso de matérias primas virgens no processo produtivo, energia, emissões de gases efeito estufa etc., quando esses REE após processos de recuperação serão reinseridos ao ciclo produtivo em novos produtos.

A conciliação de interesses entre ambas as entidades permitiu a criação de um projeto voltado para a criação de um protótipo utilizado, inicialmente, no ambiente acadêmico, aproximando a população universitária da iniciativa em questão.

Para o desenvolvimento do protótipo do ponto de coleta, foram realizadas reuniões periódicas com o intuito de discutir o *design*, materiais a serem utilizados para sua construção, assim como a forma de monitoramento dos REE depositados no mesmo. Um dos princípios norteadores no desenvolvimento do protótipo foi que não se parecesse com uma “lata de lixo” contribuindo com a mensagem sobre a reinserção do REE descartado na cadeia produtiva e a importância que isso ocorra de maneira correta, garantindo uma alternativa diferenciada e segura de destinação responsável. Na estrutura do protótipo foram inseridas algumas frases, como “Lixo, não. Futuros novos equipamentos” (Figura 1), além de um esquema simplificado contendo uma breve explicação da logística reversa envolvida no destino dos resíduos depositados no ponto, com o fechamento do ciclo.

O design do protótipo foi desenvolvido com quatro gabinetes para o depósito de cabos e acessórios, celulares, cartuchos pilhas e baterias, e também um compartimento maior para o depósito de REE maiores como computadores desk top, laptop, gabinetes, vídeo cassetes, DVD, telefones, scanner, vídeo games, etc. (Figuras 1 e 2).



Figura 1: Protótipo do ponto de coleta desenvolvido



Figura 2: Frases contidas no protótipo do ponto de coleta de REE.

Concomitantemente ao desenvolvimento do protótipo foi realizada a divulgação sobre a instalação do ponto e uma pesquisa para os frequentadores da Universidade. A

ampla divulgação foi realizada para esclarecer o objetivo do ponto de coleta e foi realizada utilizando-se email, ferramenta Google Forms, boletim eletrônico de comunicação interna, cartazes, em salas de aulas, etc. Além desses mecanismos de divulgação foi elaborado um questionário para ser respondido por estudantes, funcionários, técnicos-administrativos, professores com o objetivo de avaliar a consciência ambiental e interesse dos frequentadores do campus em relação ao projeto.

O questionário foi disponibilizado através da ferramenta *Google Forms* e no local do ponto de coleta. Com uma amostragem de 100 respostas de frequentadores do campus, pôde-se observar que: 50% apresentou faixa etária entre 23 e 28 anos e não possuem o hábito de descartar seus REE, porém tem alto interesse (90%) em temas ambientais e políticos relacionados à sustentabilidade; 70% responderam que conhecem o projeto de descarte de resíduos do *Campus* de Sorocaba, principalmente por se tratar de um ponto de coleta que se mostrou diferenciado. Os questionários disponibilizados junto ao ponto de coleta foram preenchidos em pouquíssima quantidade.

Foi verificado que a maioria (70%) dos colaboradores da pesquisa não conhece sobre logística reversa, isso devido principalmente à falta de divulgação deste tipo de assunto. Como o público é constituído de uma grande porcentagem de universitários da UFSCar – Sorocaba, foi comprovado o fato de que existe informação a respeito da PNRS, pois 80% responderam que possuem algum conhecimento relacionado à esta política.

Após os *feedbacks* obtidos - com os resultados dos questionários e observações realizadas diariamente no local do ponto de coleta - foram propostas melhorias com o objetivo de projetar um ponto de coleta idealizado para uma futura expansão de implementação em diferentes ambientes, além da Universidade.

Considerando-se um ambiente sem rígido controle, com público diversificado e um local de circulação de cerca de três mil pessoas, o protótipo foi colocado no prédio de Divisão de Controle Acadêmico (DiCA), próximo também às salas de docentes. Os resultados foram obtidos em duas campanhas com duração de 30 dias cada uma e são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

ITEM	PESO
Eletroeletrônicos de grande porte	41 kg
Celulares	0,26 kg
Pilhas e Baterias	42,5 kg
Cartuchos	0,24 kg
Cabos e Acessórios	3,41 kg
Total	87,50 kg

Tabela 1: Quantidade de REE coletado na primeira campanha do protótipo do Ponto de Coleta no *Campus* de Sorocaba.

Pode-se analisar na primeira campanha que a maior quantidade de REE depositada foi constituída por pilhas e baterias. No local onde o ponto de coleta foi instalado existe um ponto de coleta de pilhas, instalado desde 2008, através da realização de uma atividade de extensão universitária de alguns docentes da UFSCar/*Campus* Sorocaba. O segundo tipo descartado foram os eletroeletrônicos de grande porte.

A observação diária identificou que alguns itens foram removidos do ponto de coleta, indicando que existe um mercado de possível reuso de materiais, e/ou possivelmente pessoas à procura de itens que tenham algum valor ou que possam ser reaproveitados. Um fato curioso é que na primeira campanha nenhum celular inteiro foi coletado e que muitas baterias de chumbo ácido foram descartadas.

O *design* do ponto de coleta despertou o interesse dos frequentadores do ambiente onde o protótipo do ponto de coleta foi colocado, e o tema acabou também sendo colocado em discussão no âmbito de algumas disciplinas do *Campus* de Sorocaba. A partir desta ação foi possível perceber uma maior visibilidade ao tema: descarte e destino correto de resíduos eletroeletrônicos.

ITEM	PESO
Eletroeletrônicos grande porte	87,33 kg
Celulares	5,73 kg
Pilhas e Baterias	6,82 kg
Cartuchos	1,5 kg
Cabos e Acessórios	8,22 kg
Total	109,6 kg

Tabela 2: Quantidade coletada de REE na segunda campanha do protótipo de ponto de coleta.

A segunda campanha foi realizada após um intervalo de 2 meses em relação a primeira e foi observado o aumento no volume de REE coletados. Isso ocorreu provavelmente devido ao aumento do conhecimento sobre o programa. Nesta campanha, os REE coletados consistiram, majoritariamente em, hardware, fios, cabos e acessórios, totalizando 109,6 kg, além de itens diversos como barbeadores elétricos, monitores CRT entre outros.

Foi observado, durante as duas campanhas de permanência no *Campus*, uma mudança no comportamento em relação ao descarte de resíduos eletroeletrônicos. Logo após a primeira semana da segunda campanha foi acumulada uma grande quantidade de resíduos eletroeletrônicos em um período menor de tempo quando comparado com o primeiro momento que o protótipo do ponto de coleta permaneceu na Universidade.

Embora tenha ocorrido o aumento no descarte, também foi constatado o desaparecimento de alguns REE. Nas duas campanhas não foi constatada a presença de nenhum tipo de resíduo, que não o REE, e nem lixo de outra natureza.

Anteriormente a esse protótipo de ponto de coleta, existia um ponto de descarte provisório de REE, que era constituído de um recipiente de plástico de coloração alaranjada, mas semelhante a uma lata de lixo. Sempre se observava a presença de lixo orgânico proporcionando contaminação no restante dos resíduos eletroeletrônicos, mesmo contendo mensagens de aviso sobre o descarte de REE. Essa mudança de comportamento por parte dos frequentadores do *Campus* com relação ao descarte de lixo orgânico demonstrou a importância de se projetar um ponto de coleta com *design* e estrutura diferenciada.

Analisando o desempenho do protótipo do ponto de coleta no ambiente acadêmico foi possível relatar algumas dificuldades encontradas. Essas dificuldades estão sendo consideradas como pontos de melhorias em futuros pontos de coleta a serem projetados:

- a) Alguns tipos de resíduos eletroeletrônicos foram depositados fora do ponto de coleta por falta de espaço, resultando na discussão de um possível aumento nas dimensões da estrutura do mesmo, bem como em seu monitoramento e gestão para adequada retirada dos REE.
- b) Algumas peças de acrílico referentes às tampas de proteção dos gabinetes de depósito de celulares, pilhas e baterias, entre outros foram danificados, de modo a refletir-se sobre a possível mudança do material utilizado em algumas partes da estrutura do coletor.
- c) A localização do ponto de coleta também foi um ponto discutido, visto que sua colocação em um ambiente de maior movimentação de estudantes poderia aumentar e facilitar o descarte.
- d) Questões relacionadas à segurança dos REE depositados no ponto de coleta também foram discutidas. A nova estrutura do protótipo precisa considerar um mecanismo que dificulte a retirada, por terceiros, dos resíduos depositados no ponto de coleta.
- e) Possível inserção de locais específicos para o descarte de equipamentos que foram vistos com frequência (como teclados), e também abordar com maior ênfase a questão da logística reversa associada ao descarte de REE.

Tais sugestões de melhorias estão sendo motivos de discussão em algumas reuniões com a empresa de reciclagem de eletroeletrônicos, Sintronics. A busca por modificações para futuros pontos de coleta teve algumas preocupações, como as questões financeiras relativas a mudanças do tipo: necessidade de uso de um novo material mais leve para a estrutura, devido aos momentos de necessidade de transporte dos mesmos, maior dimensionamento do ponto, melhorias referentes à segurança no descarte (evitando assim o desaparecimento dos REE) do ponto de coleta, criação de um compartimento destinado aos teclados, a possibilidade da inserção de um visor digital para a comunicação com o usuário do ponto de coleta. A Figura 3 ilustra o novo *design* do ponto de coleta após os questionamentos realizados, baseados nos resultados obtidos após as duas campanhas realizadas no *Campus* com o protótipo. No momento, estão sendo realizadas pesquisas

referentes ao tipo de material a ser utilizado, pois o valor do orçamento atual inviabiliza a distribuição deste ponto de coleta em vários locais.



Figura 3: Proposta de *Design* de um novo ponto de coleta de REE, após possibilidades de melhoria.

5 CONCLUSÕES

Praticamente, todos os eletroeletrônicos vendidos no mercado irão se tornar obsoletos. O resíduo eletroeletrônico (REE) resultante, com rápido crescimento no volume, em escala global, contém materiais que tanto são considerados tóxicos para o meio ambiente, como podem ser recuperados como material secundário bruto. Assim, para um ambiente sustentável, os resíduos eletroeletrônicos precisam ser direcionados para processos adequados de tratamento, como por exemplo, processos de reciclagem.

Ao analisar o desenvolvimento de um protótipo de ponto de coleta para REE, conforme descrito no presente artigo, os custos envolvidos nesse processo de criação e desenvolvimento são aspectos críticos. Além dos aspectos financeiros, o ponto de coleta deve estar presente em um local de fácil visualização e acesso dos frequentadores do ambiente; deve ser bastante divulgado através de meios de comunicação para auxiliar no aumento da utilização do ponto, além de ser um projeto que deve ter a cooperação de uma empresa de reciclagem capaz de garantir e realizar o destino adequado dos REE coletados.

Os resultados obtidos com o desenvolvimento e implementação do protótipo do ponto de coleta na Universidade foram promissores. As observações e análises das respostas dos questionários propiciaram o desenvolvimento de um novo ponto de coleta com *design* diferenciado e mostrou a necessidade de um monitoramento contínuo do mesmo. O novo *design* do ponto de coleta idealizado após os testes realizados com o protótipo na Universidade foi finalizado e, no momento, está na fase de avaliação de novos materiais para a construção do mesmo, visando redução de custos e maior facilidade de transporte.

A viabilidade econômica é de extrema importância, ressaltando que para uma cidade do porte de Sorocaba seriam necessários 25 pontos de coleta, considerando-se um ponto de coleta com capacidade de 2 toneladas para cada 25.000 habitantes (ABDI, 2013). Projetando a necessidade de pontos de coleta de REE em uma cidade como Sorocaba pode-se estimar a geração, aproximada, de 3,85 milhares de toneladas ao ano, se mostrando necessária uma estrutura robusta de pontos de coleta adequados, triagem e destino adequado dos REE.

O protótipo do ponto de coleta de REE permanecerá no *Campus* de Sorocaba inserido em uma atividade de extensão universitária, onde continuarão sendo realizadas algumas análises sobre o perfil dos usuários, propostas de melhorias, coletas e destino adequados para o Sinctronics, onde será realizada a desmontagem, triagem dos REE, e reciclagem de algumas partes ou peças transformando-as em novos produtos.

6 AGRADECIMENTOS

À empresa Sinctronics pela parceria no desenvolvimento e execução do protótipo. À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), projeto 2013/21573-9. À Pró-reitoria de Extensão (ProEx) UFSCar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. 2013. P.179.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: 2ª Edição, 2004. 71 p.

ARAÚJO, M. G.; MAGRINI, A; MAHLER, C. F.; BILITEWSKI, B. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. *Waste Management*, v. 32, p.335–342, 2012.

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

BARBA-GUTIÉRREZ, Y.; ADENSO-DÍAZ, B.; HOPP, M. An analysis of some environmental consequences of European electrical and electronic waste regulation. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 52, p. 481–495, 2008.

CELINSKI, T.M.; CERUTTI, D.M.L.; IELO, F.G.P.F.; CELINSKI, V.G.; CERUTTI, J.A. *Gestão do Lixo Eletrônico: Desafios e Oportunidades*. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador, 2013.

COOPERMITI. Disponível em <<http://www.coopermiti.com.br/home>>. Acesso em 07/07/2014

ECOBRAZ. Disponível em <<http://www.lixoeletronico.org.br/>>. Acesso em 07/07/2014

GAMBERINI, R.; GEBENNINI, E.; MANZINI, R.; ZIVERI, A. On the integration of planning and environmental impact assessment for a WEEE transportation network – A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, Italy, v.54, p.937-951, 2010.

HP. Operações HP. Disponível em <<http://www8.hp.com/br/pt/hp-information/environment/operations-index.html>> Acesso em 13/02/2015.

ITGREEN. Disponível em <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2012/02/13/porto-digital-promove-seminario-internacional-sobre-residuos-de-equipamentos-eletronicos-32071.php>> Acesso em 13/02/2015.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

MARCHI, C.M.D.F. Cenário Mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, João Pessoa, v.1, n.2, p.118-135, 2011

OLIVEIRA, C.R.; BERNARDES, A.M.; GERBASE, A.E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. *Waste Management*, Porto Alegre, v.32, p.1592-1610, 2012.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, v.31, p. 714–730, 2011.

REIS, R. P. Gestão dos Resíduos Eletroeletrônicos no Município de Santa Maria-RS: Proposta de Política Pública. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2013.

RODRIGUES, A. C. Impactos Socioambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. 2007. 321 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, UNIMEP, Santa Bárbara D' Oeste, 2007.

SILVA, F.M.S; ALVES, I.R.F.S.; XAVIER, L.H.; CARDOSO, R.S. Gestão de Resíduos eletroeletrônicos: proposta para implementação de sistema de logística reversa de refrigeradores no Brasil. *ResíduosSólidos*, Recife, 2007

TANSKANEN, P. Management and recycling of electronic waste. *Acta Materialia*, Finland, v.61, p.1001-1011, 2013.

VEJA. Onde descartar aparelhos eletrônicos. Disponível em <<http://vejasp.abril.com.br/materia/descarte-eletronicos-sp>>. Acesso em 07/07/2014

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case Research in Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22 n. 2, p. 195-219, 2002.

YLA-MELLA, J.; POIKELA, K.; LEHTINEN, U.; TANSKANEN, P.; ROMÁN, E.; KEISKI, R. L.; PONGRÁCZ, E. Overview of the WEEE Directive and Its Implementation in the Nordic Countries: National Realisations and Best Practices. *Journal of Waste Management*, v. 2014, 18 p., 2014.