

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

DANIEL AMGARTEN SIMÃO

**Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
dos municípios da UGRHI 13 – Tietê-Jacaré – em função dos Planos
Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**

São Carlos – SP

2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

**Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
dos Municípios da UGRHI 13 – Tietê-Jacaré – em função dos Planos
Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**

Aluno: Daniel Amgarten Simão

Orientador: Prof. Dr. Valdir Schalch

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia
Ambiental da Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de
São Paulo.

São Carlos, SP

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

8588d Simão, Daniel Amgarten
Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos
Eletroeletrônicos dos municípios da UGRHI 13 □
Tietê-Jacaré □ em função dos Planos Municipais de
Gestão Integrada de Resíduos Sólidos / Daniel Amgarten
Simão; orientador Valdir Schalch. São Carlos, 2017.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2017.

1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. 2.
Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. 3. UGRHI
13. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Daniel Amgarten Simão**

Data da Defesa: 13/07/2017

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))

Aprovado

Túlio Queijo de Lima

Aprovado

Carolina Ibelli Bianco

Aprovado



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

RESUMO

SIMÃO, D. A. **Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos dos Municípios da UGRHI 13 – Tietê-Jacaré – em função dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** 2017. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

O avanço tecnológico observado nas últimas décadas tem contribuído para a entrada cada vez maior de produtos eletroeletrônicos no mercado de consumo. Como resultado, tem-se o aumento do consumo de recursos naturais não renováveis e a geração de lixo eletrônico ou Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, que contêm substâncias tóxicas e perigosas, como mercúrio, fósforo e chumbo, com alto potencial de geração de danos à saúde humana e ao meio ambiente quando destinados de forma inadequada. Ao mesmo tempo, possuem materiais que apresentam alto valor econômico agregado, requerendo um tratamento adequado. Com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305/2010 foi introduzido o princípio de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista ficaram responsáveis pelo gerenciamento pós-consumo destes e, com isso, obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa. Aos municípios coube elaborar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e articular os agentes econômicos e sociais para a implementação da logística reversa, desempenhando funções no sistema apenas através acordos com o setor privado, com a devida remuneração. No entanto, através do diagnóstico realizado neste trabalho para a UGRHI 13 – Tietê-Jacaré, constatamos que a implementação da Lei Nº 12.305/2010 ainda caminha a passos lentos. Nem todos os municípios da área de estudo haviam elaborado os planos municipais e, dos que elaboraram, boa parte apresenta diagnósticos de má qualidade e propostas vagas para o futuro. Constatou-se também, que mesmo com o ordenamento legislativo, o ônus de gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos ainda recai muito sobre o poder público. Por fim, constata-se também que a participação social é essencial para que os sistemas de logística reversa funcionem, reforçando a premissa da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Palavras-chave: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, UGRHI 13.

ABSTRACT

SIMÃO, D. A. Diagnosis of the Waste Management of Electrical and Electronic Equipment of the Municipalities of UGRHI 13 - Tietê-Jacaré - in function of the Municipal Plans of Integrated Solid Waste Management. 2017. Undergraduation Monograph (Environmental Engineering) – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, 2017.

The technological advance observed in the last decades has contributed to the increasing entrance of electronic products in the consumer market. As a result, there is an increase in the consumption of non-renewable natural resources and the generation of electronic waste or Waste Electrical and Electronic Equipment, which contain toxic and dangerous substances, such as mercury, phosphorus and lead, with a high potential for harm to health And the environment when inappropriately designed. At the same time, they have materials that present high aggregate economic value, requiring adequate treatment. With the approval of the National Policy on Solid Waste, Law N° 12.305/2010 introduced the principle of shared responsibility for the product life cycle. Manufacturers, importers, distributors and traders of electronic products, batteries, batteries and fluorescent lamps, sodium and mercury vapor and mixed light were responsible for the post-consumption management of these and, therefore, required to structure and implement reverse logistics systems. Municipalities were responsible for elaborating the Municipal Plans for Integrated Solid Waste Management and articulating the economic and social agents for the implementation of reverse logistics, performing functions in the system only through agreements with the private sector, with the appropriate remuneration. However, through the diagnosis made in this work for UGRHI 13 - Tietê-Jacaré, we find that the implementation of Law No. 12.305/2010 is still moving slowly. Not all municipalities in the study area had drawn up the municipal plans, and of those that have elaborated, most of them present poor diagnoses and vague proposals for the future. It was also verified that, even with the legislation, the burden of managing Waste Electrical and Electronic Equipment still relies heavily on public power. Finally, it is also noted that social participation is essential for reverse logistics systems to work, reinforcing the premise of shared responsibility for the product life cycle.

Keywords: Electronic waste, solid waste management, UGRHI 13

Lista de figuras

Figura 1 - Hierarquia de alternativas para gestão e gerenciamento integrado de resíduos sólidos.....	26
Figura 2 - Modelo de gestão efetiva de REEEs com as devidas responsabilidades de cada agente.....	39
Figura 3 - Atores e funções constituintes do acordo setorial, das responsabilidades compartilhadas e do mecanismo de logística reversa.	45
Figura 4 - Localização da UGRHI 13 no Estado de SP e dos Municípios na UGRHI.	51
Figura 5 - Fluxograma de gerenciamento de recepção, triagem e destinação final de resíduos eletroeletrônicos.....	58
Figura 6 - Fluxograma de recebimento e destinação final de lâmpadas mercuriais.....	59
Figura 7 - Área de transbordo de REEEs em Bariri.	60
Figura 8 – Ecopontos para recolhimento de REEEs.....	66
Figura 9 – Sala de condicionamento em unidade da Prefeitura Municipal de Iacanga.	66
Figura 10 - Urna para coleta de pilhas e baterias do Projeto "Quando Acaba a Pilha".....	68

Lista de gráficos

Gráfico 1 - Categorias de REEEs gerados globalmente em 2014.	30
Gráfico 2 - Estimativa de geração de REEEs no Brasil.	30
Gráfico 3 - Gráfico da composição dos REEEs em porcentagem do peso.....	32

Lista de tabelas

Tabela 1 - Geração de REEE no mundo.....	29
Tabela 2 - Estimativa diária de resíduos por tipos gerados no município de Agudos.....	54

Lista de quadros

Quadro 1 - Componentes plásticos de EEEs em geral.	33
Quadro 2 - Materiais presentes em um computador pessoal.	34
Quadro 3- Principais riscos à saúde de substâncias componentes de REEEs.	36
Quadro 4 - População dos municípios inseridos na UGRHI 13.	52
Quadro 5 - Diagnóstico da gestão de REEEs de acordo com o PMGIRS dos demais municípios da UGRHI 13.	72

Lista de siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIB	Associação Comercial e Industrial de Brotas
ATT	Área para Transbordo e Triagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPU	Central Processing Unit
CRT	Cathode-ray Tube
CTF	Cadastro Técnico Federal
DAAE	Departamento Autônomo de Água e Esgoto
DAMA	Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente
DVD	Digital Versatile Disc
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
ETR	Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos
GTA	Grupo Técnico de Assessoramento
HD	Hard Disk
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LCD	Liquid Crystal Display
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Técnica Brasileira
OCDE	Organização pela Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
Oscip	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PBB	Bifenila Polibromada
PBDE	Éter de Difenila Polibromado
PEV	Posto de Entrega Voluntária
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Cloreto de Polivinila
RAPP	Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais
RCC	Resíduos da Construção Civil
Recicl@tesc	Programa de Reciclagem Tecnológica de São Carlos
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Sumário

1	Introdução.....	20
2	Objetivos	23
2.1	Objetivo Principal	23
2.2	Objetivos Específicos	23
3	Revisão Bibliográfica.....	24
3.1	Resíduos Sólidos.....	24
3.1.1	Definições gerais	24
3.1.2	Gestão e gerenciamento	25
3.2	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos	27
3.2.1	Definições.....	27
3.2.2	Geração de REEE no mundo e no Brasil	29
3.2.3	Composição dos REEE	31
3.2.4	Impactos negativos associados aos REEEs	35
3.2.5	Gestão e gerenciamento de REEE.....	37
3.3	Legislação Aplicável.....	40
3.3.1	Federal.....	40
3.3.2	Estadual	48
4	Metodologia	50
4.1	Caracterização da área de estudo	50
4.2	Leitura de bibliografia relacionada	52
4.3	Levantamento dos PMGIRS	53
4.4	Diagnóstico dos planos	53
5	Resultados e Discussão	54
5.1	Diagnóstico	54
5.1.1	Agudos	54
5.1.2	Araraquara.....	55

5.1.3	Bariri.....	60
5.1.4	Bauru	61
5.1.5	Bocaina.....	61
5.1.6	Boracéia.....	62
5.1.7	Brotas	63
5.1.8	Iacanga	65
5.1.9	Lençóis Paulista.....	67
5.1.10	São Carlos.....	69
5.1.11	São Manuel.....	71
5.1.12	Demais municípios	72
6	Conclusões	73
7	Referência Bibliográficas	75

1 Introdução

A questão dos resíduos sólidos consiste hoje em um dos maiores problemas da humanidade na sua relação com o meio ambiente. A escassez cada vez maior de área para a implantação de novos aterros, aliada às limitações existentes para a recuperação dos materiais não renováveis, e o baixo grau de implantação de novas alternativas de tratamento e reciclagem representam hoje um grande desafio, sobretudo para os países em desenvolvimento (RODRIGUES, 2007). E no Brasil não é diferente. É consenso entre os especialistas na área de resíduos sólidos a urgência em equacionar o problema do tratamento e da destinação final dos resíduos, considerando que, em raras situações há de fato o tratamento dos resíduos sólidos, que em geral são apenas depositados em "lixões" (SCHALCH, CASTRO e CÓRDOBA, 2014).

Ao longo das últimas décadas, os resíduos sólidos urbanos vêm mudando suas características devido às inovações tecnológicas. Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) são o maior exemplo disto. Equipamentos eletroeletrônicos são bens de consumo que fazem parte cada vez mais do nosso cotidiano, tendo seu consumo escalado a níveis cada vez maiores. Ademais, a diminuição observada da vida útil desses equipamentos ultimamente faz, ainda, com que se tornem rapidamente obsoletos. Dessa maneira, o acúmulo do lixo eletrônico no mundo cresce rapidamente, e alcançou cerca de 42 milhões de toneladas no ano de 2014 (BALDÉ et al, 2015). Este problema é ainda pior em países em desenvolvimento, onde muitas vezes não há recursos adequados para lidar com um descarte apropriado, causando danos ao meio ambiente e à saúde.

Os REEEs geralmente contêm substâncias que lhes conferem alta periculosidade, podendo poluir o ambiente e oferecer diversos riscos à saúde pública. Em geral, equipamentos eletroeletrônicos podem conter mais de mil substâncias diferentes, das quais uma ampla variedade é altamente tóxica (WIDMER et al, 2005). Estas podem ser transportadas no ecossistema por diversos caminhos, incluindo água, ar e solo, entrando na cadeia alimentar e levando à exposição indireta. Essas substâncias tóxicas podem causar danos cerebrais, intensas reações alérgicas e câncer. Riscos se evidenciam também quando são empregados métodos precários de reciclagem, que ocorrem geralmente no mercado informal ou em cooperativas de matérias recicláveis, expondo à contaminação o ambiente local e os trabalhadores que manipulam esses dispositivos em condições inadequadas de segurança ocupacional (SEPÚLVEDA et al, 2010). No entanto, estes equipamentos são também

compostos por materiais que possuem alto valor agregado, como exemplo o cobre e o ouro, tornando-os muito interessantes do ponto de vista econômico. Dessa forma, é essencial implementar mecanismos para a gestão e gerenciamento adequados de REEEs, evitando-se que um resíduo com materiais poluentes e nobres seja descartado inadequadamente e gerando riscos à saúde da população e ao ambiente, além de perdas econômicas.

No Brasil, com a inexistência até recentemente de uma legislação federal que ordenasse a gestão dos resíduos no país e, mais especificamente, o estabelecimento de sistema de coleta específico para os REEEs, as alternativas para o descarte destes eram: a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares; operações especiais dos serviços de limpeza urbana para coleta de volumosos; doação a catadores; disposição junto a outros materiais recicláveis em pontos de entrega voluntária; ou então a disposição em programas voluntários de coleta disponibilizados pelos fabricantes aos clientes (RODRIGUES, 2007). Apenas alguns municípios e estados apresentavam legislação que abordasse a gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Como exemplo, temos a Lei Nº 13.576, de 06 de julho de 2009 do Governo do Estado de São Paulo, que *“institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico”* (SÃO PAULO, 2009a). Esta define a responsabilidade solidária pela destinação final entre as empresas que produzam, comercializem ou importem produtos e componentes eletroeletrônicos.

Com a aprovação, no ano de 2010, da Lei Nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o respectivo Decreto Nº 7.404/2010, que a regulamentou, marcou-se o início de uma fase de transição no país. Esta definiu, por força de um dispositivo legal, princípios como a responsabilidade compartilhada, o conceito de ciclo de vida, a logística reversa, e a adoção de uma hierarquia adequada de alternativas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A Lei obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010). Assim, na gestão de REEEs, tornou-se compulsório considerar a contribuição de todos os atores, tanto da cadeia 'direta' dos produtos, como os fabricantes e fornecedores, quanto da chamada 'cadeia reversa', como os consumidores, que geram resíduos a partir dos produtos que consomem, e as organizações públicas ou privadas que coletam e processam tais resíduos, com o objetivo de retorná-los a algum ciclo produtivo ou, em último caso, encaminhar os rejeitos para a disposição final ambientalmente adequada.

A PNRS instituiu também, como instrumentos previstos na Lei, os planos de gestão e gerenciamento de resíduos, os quais definem a necessidade de se diagnosticar os resíduos gerados, estabelecendo metas para a redução, reuso, reciclagem e reaproveitamento energético, bem como o conjunto de ações a serem desenvolvidas para atingir tais metas. Visto que *“incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios”* (BRASIL, 2010, art. 10), os municípios devem elaborar planos de gestão integrada de resíduos sólidos para o adequado gerenciamento destes em seu território. No entanto, considerando-se o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos para a gestão de REEEs, os municípios devem ser um articulador de medidas entre os agentes econômicos e sociais para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis.

O presente trabalho, através do diagnóstico dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, procura avaliar então como vem sendo realizada a gestão dos REEEs nos municípios no que tange a implementação das disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras legislações aplicáveis.

1 Objetivos

1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste presente trabalho é realizar um diagnóstico da gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos nos municípios de uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – a UGRHI 13 Tietê-Jacaré – em função de apresentação de Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos destes.

1.2 Objetivos Específicos

- Revisão bibliográfica sobre a gestão de resíduos sólidos e, mais especificamente, resíduos eletroeletrônicos.
- Análise das legislações em vigor nos níveis federal, estadual e municipal sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.
- Avaliação dos Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos dos municípios da UGRHI 13 – Tietê-Jacaré quanto à gestão dos REEEs.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Resíduos Sólidos

2.1.1 Definições gerais

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305, de 02/08/2010, define os resíduos sólidos como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010, inciso XVI art. 3º).

Em seu artigo 13º, a PNRS classifica os resíduos sólidos da seguinte maneira:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a” (BRASIL, 2010).

Os rejeitos são definidos pela Lei Nº 12.305/2010 como:

“resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, inciso XV, art. 3º).

2.1.2 Gestão e gerenciamento

A gestão de resíduos abrange todas as atividades referentes às decisões estratégicas e à organização do sistema, o que envolve as instituições, políticas, instrumentos e meios; já o gerenciamento de resíduos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, o que envolve fatores administrativos, gerenciais, econômicos e ambientais; é a realização do que a gestão delibera, através da ação administrativa, de controle e planejamento de todas as etapas do processo (SCHALCH, CASTRO e CÓRDOBA, 2014).

Na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 /2010, a gestão integrada é definida como:

“o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010, inciso XI, art. 3º).

Já o gerenciamento de resíduos sólidos, é definido como:

“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos

sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei” (BRASIL, 2010, inciso X, art. 3º).

Para as atividades de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, em geral, é necessário considerar uma hierarquia de alternativas, ou seja, estabelecer uma ordem de prioridades sobre o que em geral constitui a melhor alternativa para os resíduos sólidos. Schalch, Castro e Córdoba (2014) consideram como estratégias de gestão a não geração, redução, reutilização, reciclagem, recuperação energética, tratamento físico, químico e biológico e disposição final, a qual é mostrada na Figura 1. A PNRS adota a seguinte hierarquia de estratégias: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Figura 1 - Hierarquia de alternativas para gestão e gerenciamento integrado de resíduos sólidos.



Fonte: SCHALCH, CASTRO e CÓRDOBA (2014)

A única forma aceita como disposição final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos pela PNRS é o aterro sanitário, definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 8.419 (1992) como

“técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

2.2 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

2.2.1 Definições

Atualmente, a definição mais aceita para equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) é da Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu, que os define como:

“qualquer equipamento dependente de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar adequadamente, bem como o equipamento para a geração, transferência e medida de tais correntes e campos, projetados para uso com uma voltagem que não exceda 1000 volts para corrente alternada e 1500 volts para corrente contínua” (EU, 2002).

Os EEE correspondem a uma ampla variedade de produtos, e vale ressaltar que não existe uma classificação atual para estes equipamentos adotada a nível mundial. A Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu adota uma classificação em 10 categorias, listadas a seguir:

- 1) Grandes eletrodomésticos: geladeiras; *freezers*; máquinas de lavar roupa e louça; secadora de roupa; fogão; forno elétrico; micro-ondas; aparelho de ar condicionado;
- 2) Pequenos eletrodomésticos: aspirador de pó; ferro de passar roupa; torradeira; faca elétrica; máquinas para cortar o cabelo; secador de cabelo; escova de dente elétrica; aparelho de barbear; relógios; balanças;
- 3) Equipamentos de informática e telecomunicação: computador pessoal e periféricos (CPU, *mouse*, monitor, teclado); *notebook*; impressora; copiadora; máquina de escrever elétrica; calculadoras; fax; telefones; telefone celular; secretária eletrônica; *pen drive*;
- 4) Equipamentos de consumo: aparelhos de rádio; televisão; filmadoras; instrumentos musicais; DVD; videocassete;
- 5) Equipamentos de iluminação: lâmpadas fluorescentes clássicas e compactas; lâmpadas de sódio e de halógenos metálicos;
- 6) Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas e de grandes dimensões): serras; máquinas de costura; furadeira; máquina de cortar grama;
- 7) Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer: videogames; brinquedos e equipamentos esportivos com componentes elétricos ou eletrônicos; caça-níqueis;

- 8) Aparelhos médicos (com exceção de produtos implantados e infectados): equipamentos de radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, laboratório;
- 9) Instrumentos de monitoramento e controle: detectores de fumo; termostatos;
- 10) Distribuidores automáticos: distribuidores automáticos de bebidas, dinheiro;

No Brasil, adota-se também uma classificação não-oficial da ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), que divide os equipamentos eletroeletrônicos em quatro linhas:

- 1) Linha marrom: televisor/monitor (tubo); televisor/monitor (plasma/LCD); aparelhos de videocassete e DVD, produtos de áudio;
- 2) Linhas verde: desktops; notebooks; impressoras; celulares;
- 3) Linha branca: geladeiras; refrigeradores; fogões; lava-roupas; ar-condicionado;
- 4) Linha azul: batedeiras; liquidificadores; ferros elétricos; furadeiras;

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos são definidos pela Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu como:

“os equipamentos elétricos ou eletrônicos que constituem resíduos, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado” (EU, 2002)

A Lei Nº 13.576, de 6 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, adota o termo lixo tecnológico para designar “os aparelhos eletrodomésticos e os equipamentos e componentes eletroeletrônicos de uso doméstico, industrial, comercial ou no setor de serviços que estejam em desuso e sujeitos à disposição final” (SÃO PAULO, 2009a, art. 2º). Nesta Lei são citados componentes e periféricos de computadores, monitores e televisores, acumuladores de energia (baterias e pilhas) e produtos magnetizados. Estes resíduos também são denominados: eletro-eletrônicos obsoletos, EEE de fim de uso, EEE pós-consumo, e-lixo, lixo high teck, sucata eletrônica, etc. No presente trabalho adotou-se Resíduo de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) considerando ser este o termo mais utilizado na literatura.

Segundo Franco (2008), um equipamento elétrico e eletrônico pode se tornar obsoleto, ou seja, se transformar em resíduo por diversas razões, entre elas: não funciona mais e não pode ser reparado; o seu reparo é inviável financeiramente; não se encontram mais peças para o reparo; funciona, mas é tecnicamente obsoleto, sendo substituído por um equipamento tecnologicamente mais eficiente.

2.2.2 Geração de REEEs no mundo e no Brasil

Em demanda cada vez maior nas últimas décadas, os EEEs estão impactando o consumo em escala global. Os dados disponíveis sobre o aumento na geração de REEE são escassos, sendo necessárias técnicas de estimativas para estender os dados disponíveis para um nível regional ou global. (CASTRO, 2014). Estas são feitas de acordo com dados de consumo de EEE dos locais estudados e de modelagens. Uma dessas estimativas prevê que nos países em desenvolvimento haverá um aumento de 200% a 400% na geração de REE no período de 2010 a 2020 (UNEP, 2009). Estima-se que estes resíduos atualmente constituem 8% do lixo urbano em países desenvolvidos (WIDMER et al, 2005).

Segundo estimativa de estudo de Baldé et al (2015), realizado com a Universidade das Nações Unidas, a quantidade global de REEE gerada em 2014 foi de 41,8 Mt (megatoneladas), sendo que esta quantidade é esperada que chegue a 49,8 Mt em 2018, com taxa de crescimento anual de 4 a 5 por cento. No cálculo de 2014, estimou-se que os REEEs gerados globalmente consistiam de 1,0 Mt de lâmpadas; 3,0 Mt de pequenos equipamentos de informática e telecomunicação (telefones celulares, calculadoras, computadores, impressoras, etc.); 6,3 Mt de telas e monitores; 7,0 Mt de equipamentos de troca de calor (ar condicionado, aquecedores, etc.); 12,8 Mt de pequenos eletrodomésticos e 11,8 Mt de grandes eletrodomésticos (Gráfico 1). A Tabela 1 reúne os dados de geração de REEE no mundo de 2010 a 2018.

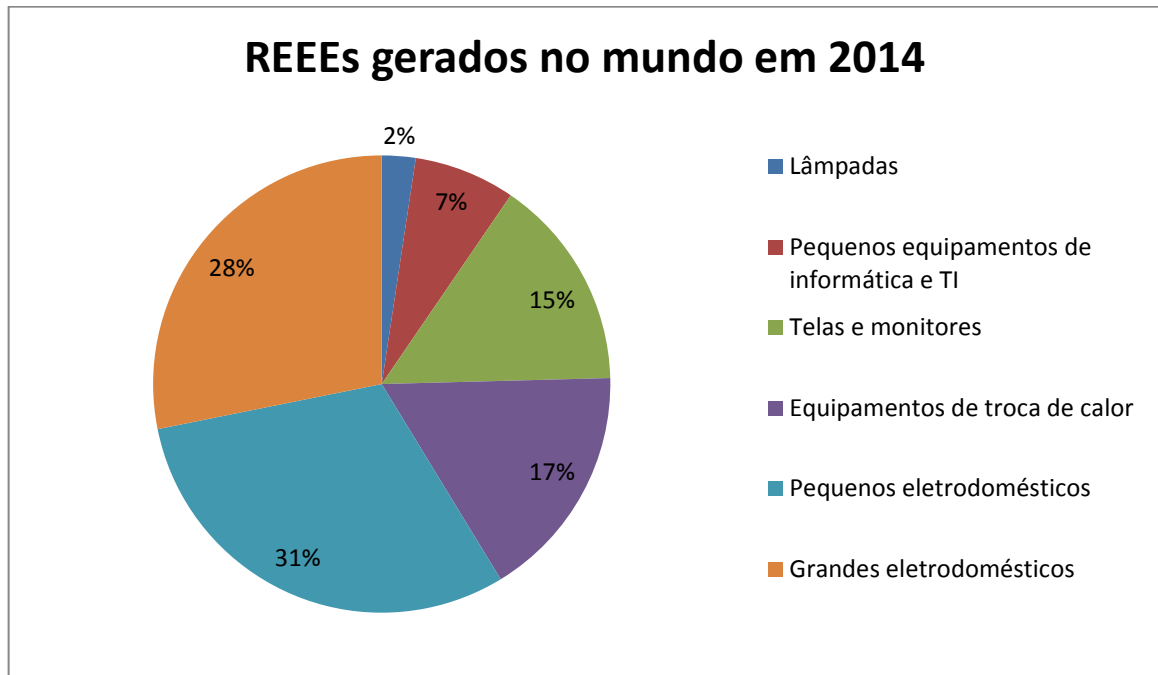
Tabela 1 - Geração de REEE no mundo.

Ano	Quantidade de REEE gerada (Mt)	População (bilhões)	Geração de REEE per capita (kg/hab)
2010	33.8	6.8	5.0
2011	35.8	6.9	5.2
2012	37.8	6.9	5.4
2013	39.8	7.0	5.7
2014	41.8	7.1	5.9
2015*	43.8	7.2	6.1
2016*	45.7	7.3	6.3
2017*	47.8	7.4	6.5
2018*	49.8	7.4	6.7

*projeção

Fonte: BALDÉ et al (2015)

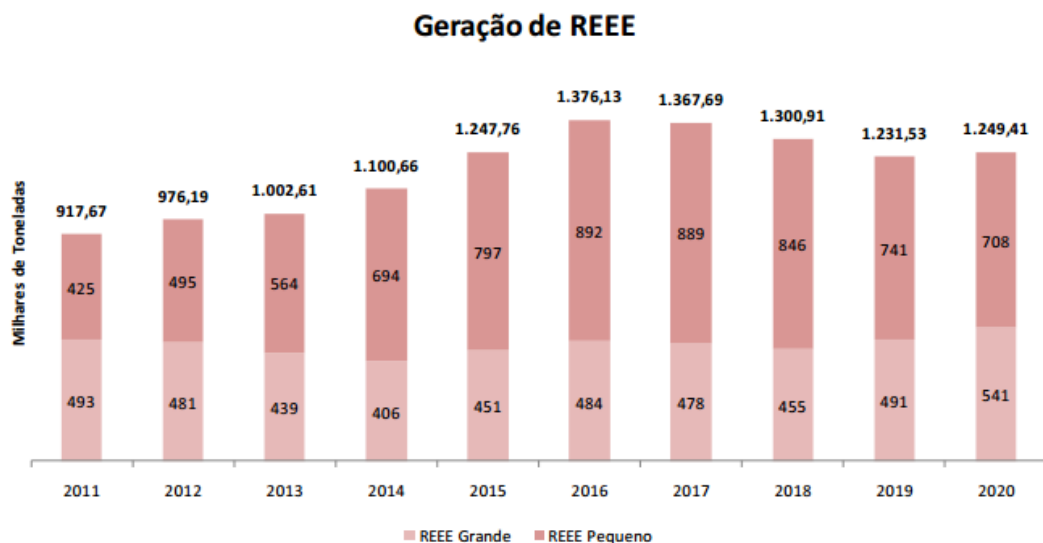
Gráfico 1 - Categorias de REEEs gerados globalmente em 2014.



Fonte: BALDÉ et al (2015)

O Brasil é considerado o quinto maior mercado mundial de equipamentos eletroeletrônicos, atrás apenas de China, Estados Unidos, Japão e Rússia (DIAS, PRAGANA e DOS SANTOS, 2014). Na América Latina, encontra-se como o segundo maior gerador de REEEs em quantidade absoluta, com geração de 1,4 Mt para o ano de 2014, atrás apenas do Estados Unidos, com geração de 7,1 Mt (BALDÉ et al, 2015).

Gráfico 2 - Estimativa de geração de REEEs no Brasil.



Fonte: ABDI (2012)

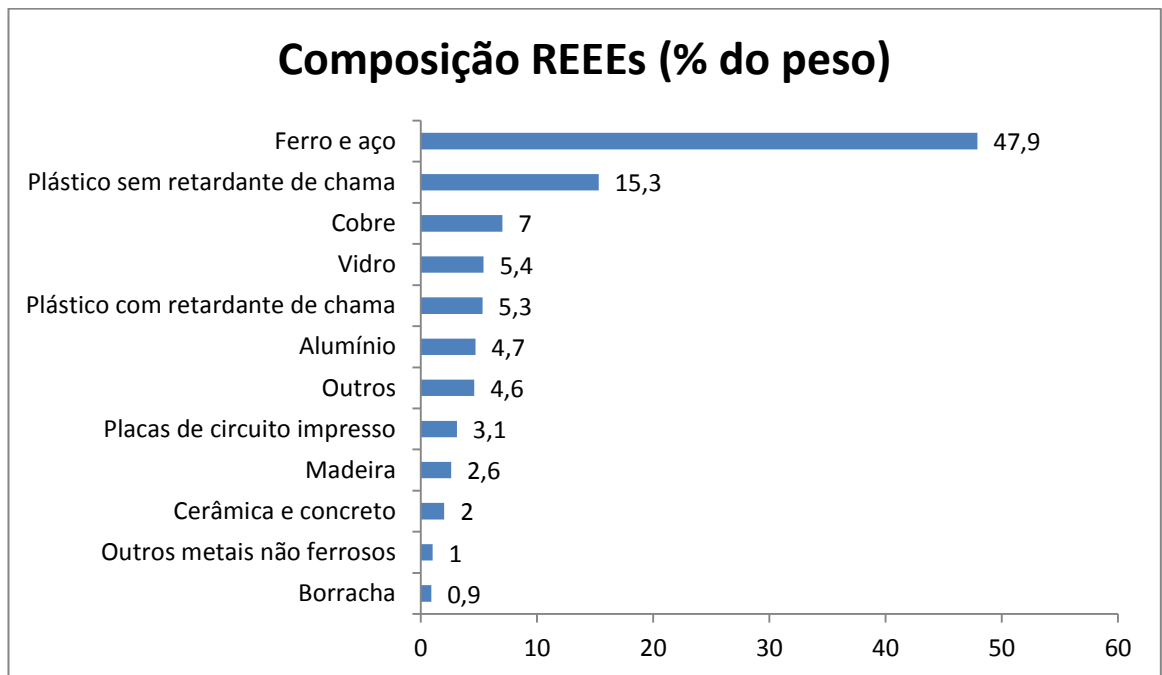
Estudos realizados por Rodrigues (2007) sobre o potencial de geração desses resíduos no Brasil entre 2002 a 2016 para algumas categorias de equipamentos elétricos eletrônicos, como televisores, computadores, telefones celulares entre outros, apontaram média anual de geração que corresponde a 493.400 toneladas, representando a média de 2,6 kg/habitante/ano. Em modelagem de estudo da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2012), a geração de REEEs no Brasil atingiria um pico de 1.376,13 mil toneladas no ano de 2016, conforme o Gráfico 2.

2.2.3 Composição dos REEEs

Por ser simultaneamente uma fonte potencial de materiais e um veículo para substâncias perigosas impactarem a saúde dos seres vivos e o meio ambiente, os REEEs têm sido objeto de inúmeros estudos focados em sua importância econômica e/ou nos potenciais impactos resultantes da gestão inadequada. (CASTRO, 2014). A composição dos REEEs é um fator de alta relevância, pois cada categoria de equipamento apresenta composições individuais e peculiares. Como exemplo, telefones celulares costumam ter uma proporção de materiais com alto valor agregado (metais nobres) muito maior do que impressoras, as quais são constituídas em grande parte de material plástico.

Os EEEs genericamente são formados por módulos básicos comuns que são: placas de circuitos impressos, estruturas de plásticos tratados com retardantes de chamas, cabos, cordões e fios, comutadores e disjuntores de mercúrio, dispositivos de visualização, como telas de Tubos de Raio Catódicos (CRT) e telas de cristais líquidos (Liquid Crystal Display – LCD), pilhas e acumuladores, meios de armazenamento de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências e relés, sensores e conectores (FRANCO, 2008). Segundo Widmer et al (2005) os REEEs genericamente, podem conter mais de mil substâncias diferentes, muitas das quais são altamente tóxicas tais como o chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, cromo hexavalente e os retardantes de chama bromados e halogenados, que geram dioxinas e furanos quando incinerados. São utilizados também muitos metais preciosos e raros, como ouro, prata, platina, tálio e berílio gálio, índio, selênio, zinco, bário, berílio. Neste estudo, foi apresentada uma composição média dos REEEs em geral (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Gráfico da composição dos REEEs em porcentagem do peso.



Fonte: WIDMER et al. (2005)

Observa-se que os REEEs são constituídos principalmente de metais (ferrosos e não ferrosos), plástico e vidro. Ferro e aço representam quase metade do peso total, os plásticos representam aproximadamente 21%, metais não-ferrosos, incluindo metais preciosos, podem representar 13% do peso total, o cobre representa 7% do peso. Poluentes correspondem a 2,70% (WIDMER et al, 2005).

Devido a suas características únicas de isolamento, resistência, flexibilidade e durabilidade, os materiais plásticos são muito utilizados nos equipamento elétricos e eletrônicos (BABU, PARANDE e BASHA, 2007). Eles estão presentes nas partes internas e externas de dispositivos como telefones celulares, televisões e computadores pessoais. No Quadro 1 temos alguns exemplos de matérias plásticos utilizados em EEEs.

Quadro 1 - Componentes plásticos de EEEs em geral.¹

Equipamentos	Plásticos
Televisão	HIPS, ABS, PPE, PVC, PC
Computador	ABS, HIPS, PPO, PPE, PVC, PC/ABS
Diversos	HIPS, ABS, PVC, PPE, PC/ABS, PC

Fonte: BABU, PARANDE e BASHA (2007)

Um computador pessoal é um exemplo da infinidade de elementos químicos presentes em um equipamento eletroeletrônico. O Quadro 2 apresenta a composição média de um computador pessoal, com a porcentagem em peso de cada material e o uso de cada elemento.

¹ HIPS, high-impact polystyrene; ABS, acrylonitrile butadiene styrene; PPE, polypenylene ether; PVC, polyvinyl chloride; PC, polycarbonate; PPO, polyphenylene oxide; Diversos: fax, telefone, refrigerador, etc.

Quadro 2 - Materiais presentes em um computador pessoal.

Material	Conteúdo (% peso)	Uso
Plásticos	22,9907	Cabos e gabinetes
Chumbo	6,2988	Tubo de raios catódicos e placas de circuito impresso
Alumínio	14,1723	Gabinetes, conectores, placas de circuito impresso, CRT
Germânio	0,0016	Placas de circuito impresso
Gálio	0,0013	Placas de circuito impresso
Ferro	20,4712	Gabinetes, cinescópio, placas de circuito impresso
Estanho	1,0078	Cinescópio e placas de circuito impresso
Cobre	6,9287	Cinescópio, placas de circuito impresso, conectores e cabos
Bário	0,0315	Tela painel de vidro dos cinescópios
Níquel	0,8503	Gabinetes, cinescópio, placas de circuito impresso
Zinco	2,2046	Cinescópio e placas de circuito impresso
Tálio	0,0157	Capacitores, placas de circuito impresso
Índio	0,0016	Placas de circuito impresso
Vanádio	0,0002	Cinescópio
Terbio	0	Cinescópio e placas de circuito impresso
Berílio	0,0157	Placas de circuito impresso e conectores
Ouro	0,0016	Placas de circuito impresso e conectores
Európio	0,0002	Placas de circuito impresso
Titânio	0,0157	Gabinetes
Rutênio	0,0016	Placas de circuito impresso
Cobalto	0,0157	Gabinetes, cinescópio, placas de circuito impresso
Paládio	0,0003	Placas de circuito impresso e conectores
Manganês	0,0315	Gabinetes, cinescópio, placas de circuito impresso
Prata	0,0189	Placas de circuito impresso e conectores
Antimônio	0,0094	Gabinetes, cinescópio, placas de circuito impresso
Bismuto	0,0063	Placas de circuito impresso
Cromo	0,0063	Gabinetes
Cádmio	0,0094	Baterias, gabinetes, CRT, placas de circuito impresso
Selênio	0,0016	Placas de circuito impresso
Platina	0	Placas de circuito impresso
Mercúrio	0,0022	Baterias, interruptores, gabinetes e placas de circuito impresso
Arsênio	0,0013	Placas de circuito impresso
Sílica	24,88	Tubo de raios catódicos e placas de circuito impresso

Fonte: RODRIGUES (2007)

2.2.4 Impactos negativos associados aos REEEs

Substâncias presentes nos REEEs podem contaminar os seres humanos através da exposição direta. Tanto o consumidor que mantém e utiliza em casa equipamentos antigos, quanto aquelas pessoas envolvidas com a coleta, triagem, descaracterização e reciclagem dos equipamentos estão potencialmente expostos ao risco de contaminação por metais pesados ou outros elementos. Além da exposição direta ao ser humano, estas substâncias tóxicas oriundas dos REEEs podem ser transportadas no ecossistema por diversos caminhos, incluindo água, ar e solo, entrando na cadeia alimentar. A extensão em que a contaminação pelos REEEs contribui para efeitos adversos na saúde é difícil de determinar. No entanto, os efeitos negativos à sua saúde se mostram mais significantes para comunidades onde existe a reciclagem informal de REEEs. (PERKINS et al, 2015). Os efeitos no organismo podem ser graves, e muitos estudos sugerem, principalmente em populações vulneráveis, efeitos adversos como: mortalidade infantil, nascimentos prematuros, má formação fetal, alterações no desenvolvimento e funcionamento da tireóide, distúrbios neurológicos e genotoxicidade (ROBINSON, 2009).

Os REEE não devem em nenhuma hipótese ser depositados diretamente na natureza ou junto a rejeitos orgânicos. A disposição desses resíduos em aterros sanitários potencializa a liberação de substâncias tóxicas como os metais pesados. Mesmo em pequenas quantidades algumas destas substâncias químicas podem ser poluentes potentes e contribuir com a formação de lixiviados e vapores tóxicos em aterros (BABU, PARANDE e BASHA, 2007). Segundo Crowe et al. (2003), até o momento não é possível quantificar os impactos ambientais dos REEEs nos aterros sanitários, pois estes contêm misturas de vários resíduos e a emissão de poluentes pode ser retardada por muitos anos. Além disso, as concentrações das substâncias no lixiviado dependem de fatores como condições climáticas e tecnológicas de operação do aterro.

O Quadro 3 apresenta um resumo dos principais efeitos à saúde humana atribuídos às diferentes substâncias presentes nos REEEs.

Quadro 3- Principais riscos à saúde de substâncias componentes de REEEs.

Material	Riscos à saúde
Alumínio	Alguns autores sugerem existir relação da contaminação crônica do alumínio como um dos fatores ambientais da ocorrência de mal de Alzheimer.
Antimônio	Manipulação pode causar dermatite; potencial irritante do trato respiratório; carcinogênico quando inalado; inibidor de enzimas; efeito bioacumulativo
Arsênico	Efeito bioacumulativo, é absorvido e retido no corpo humano, podendo interagir com o genoma; inibidor de enzimas; aumenta riscos de câncer na bexiga, rins, pele, fígado, pulmão e cólon
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Berílio	Causa sensibilização por constante exposição, mesmo a quantidades pequenas. Mais perigoso quando inalado como poeira ou fumaça. Enfisema, fibrose e câncer nos pulmões.
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.
Chumbo	É o mais tóxico dos elementos; acumula-se nos ossos, cabelos, unhas, cérebro, fígado e rins; em baixas concentrações causa dores de cabeça e anemia. Exerce ação tóxica na biossíntese do sangue, no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado; constitui-se veneno cumulativo de intoxicações crônicas que provocam alterações gastrointestinais, neuromusculares e hematológicas, podendo levar à morte.
Cobre	Intoxicações com lesões no fígado.
Cromo	Se inalado ou ingerido (acima de 0,05 mg/l) ataca os rins, fígado e sistema circulatório, podendo causar úlceras na pele, asma, bronquite e câncer de pulmão. Contato direto com ácido crômico ou poeiras cromadas pode causar dano permanente nos olhos.

Mercúrio	Atravessa facilmente as membranas celulares, sendo prontamente absorvido pelos pulmões. Possui propriedades de precipitação de proteínas (modifica as configurações das proteínas), sendo suficientemente grave para causar um colapso circulatório no paciente, levando à morte. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3g a 30g são fatais, apresentando efeito cumulativo e provocando lesões cerebrais, além de efeitos de envenenamento no sistema nervoso central e teratogênicos.
----------	---

Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	10 g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.
Poeira de carbono e negro de fumo	Comprometimento pulmonar.
PVC (cloreto de polivinila)	Manipulação pode causar dermatite; poeira gerada na trituração e dioxinas e furanos gerados no aquecimento/incineração causam alterações no sistema linfático e aparelho reprodutivo e têm ação teratogênica e carcinogênica.
Retardantes de chama: PBBs (bifenilas polibromadas) e PBDEs (éteres de difenila polibromados)	Exposição crônicas leva a efeitos tóxicos no sistema endócrino e imunológico; ao queimarem, liberam dioxinas e furanos, compostos cancerígenos. Podem se acumular biologicamente na cadeia alimentar.

Fonte: Adaptado de CASTRO (2014) e DA SILVA, MARTINS, DE OLIVEIRA (2007)

2.2.5 Gestão e gerenciamento de REEE

As chamadas soluções de ‘fim de tubo’, tecnologias ambientais de final de processo, centradas apenas na poluição gerada no processo industrial, estão se tornando ultrapassadas e não respondem mais a compreensão adquirida pela sociedade da complexidade do sistema produtivo e aos seus anseios pelos seus impactos ao ambiente. Com isto, a equação industrial linear clássica, com altos custos para o ambiente e a sociedade, está sendo substituída por sistemas que procuram se aproximar cada vez mais da equação circular, onde os recursos naturais são alocados com a máxima eficiência e eficácia, e retornam ao ciclo humano para gerar valor, reduzindo-se os impactos ambientais. Segundo a Agenda 21, Capítulo 21, as soluções para a problemática dos resíduos sólidos devem ser baseadas na premissa de que: “O manejo ambientalmente saudável de resíduos deve ir além da simples deposição ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar desenvolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não-sustentáveis de produção e consumo. Isto implica a utilização do conceito de manejo integrado do ciclo vital, o qual

apresenta oportunidade única de conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente” (CNUMAD, 1992).

Isso significa que a gestão ambiental dos insumos industriais passou a englobar o ciclo de vida dos produtos. A PNRS, Lei nº 12.305/2010, define ciclo de vida dos produtos como a “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final” (BRASIL, 2010). Esta concepção consiste em integrar os aspectos ambientais desde a fase de concepção dos produtos, quer se trate de bens ou de serviço, a fim de prevenir a produção de dejetos na sua origem e a facilitar a reciclagem. Ela constitui o eixo maior de prevenção ou de redução na origem dos impactos ambientais, considerando todas as etapas de ciclo de vida de um produto: produção ou extração de matérias-primas, fabricação, transporte, distribuição, utilização e valorização, além do tratamento do produto já utilizado, de maneira a limitar os impactos do produto sobre o meio ambiente. Dessa forma, nos últimos anos novos princípios foram incorporados nas legislações no mundo inteiro quanto à gestão adequada do ciclo de vida dos produtos.

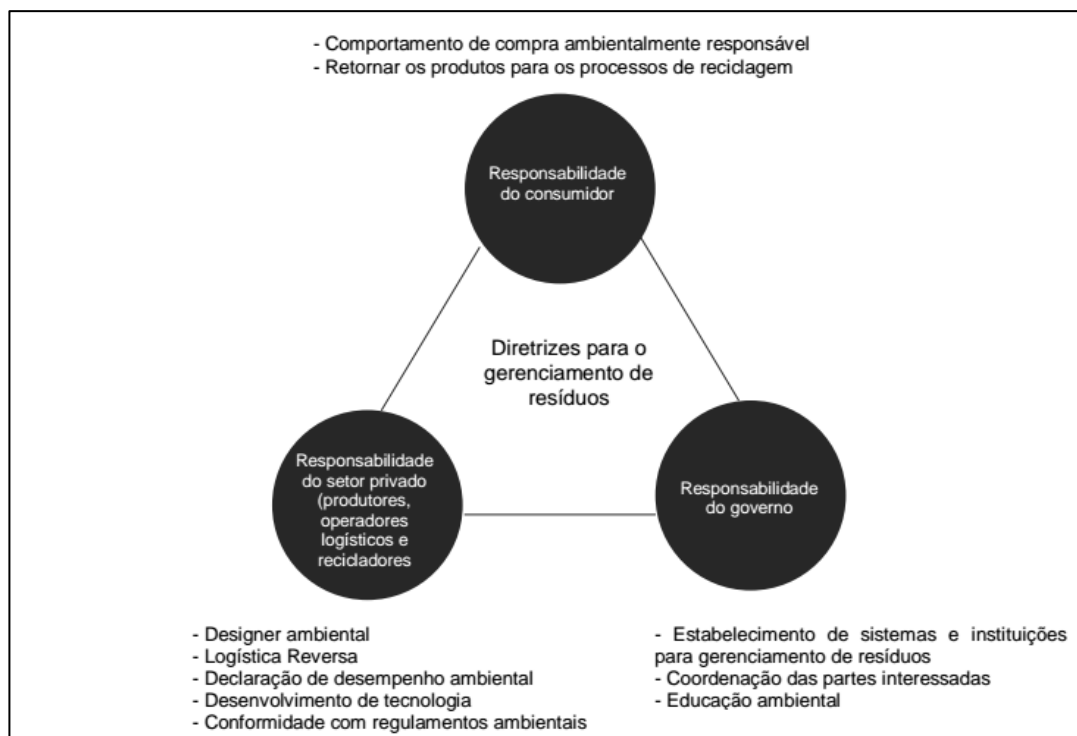
Um destes é o conceito de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP). A Organização pela Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) foi pioneira no debate acerca deste conceito, e define este como sendo uma abordagem na política ambiental em que responsabilidade do produtor é estendida a fase de pós-consumo do ciclo de vida do produto (OCDE, 2006). A política de REP é caracterizada pela transferência da responsabilidade dos municípios para os produtores, com o objetivo de incluir os custos de tratamento e eliminação de resíduos no preço do produto, refletindo os impactos ambientais de todas as fases no produto (WIDMER et al, 2005). A União Européia, referência mundial em gestão de REEEs, em sua Diretiva 2002/96/CE, considera o REP como seu princípio básico (EU, 2002).

A gestão pós-consumo de REEE tem como diretrizes a prevenção, reutilização, reciclagem e destinação ambientalmente segura de rejeitos, bem como melhorar o desempenho ambiental de todos os agentes envolvidos com o ciclo de vida dos produtos. Pode-se considerar, em geral, que a estrutura básica e as etapas do sistema de gerenciamento são similares e envolvem: a coleta; a reutilização; e o tratamento (MARTILHO, 2012). Para que a reutilização e a reincorporação de materiais ao ciclo produtivo ocorra de forma eficiente é necessário estruturar etapas de gerenciamento pós-consumo.

A forma para que os EEEs de pós-consumo possam retornar aos fabricantes, importadores e distribuidores, considerando a sua responsabilidade estendida, é o estabelecimento de um sistema de logística reversa. O conceito de logística reversa é bastante amplo. Segundo Leite (2003), consiste no conjunto de atividades de planejamento, operação e controle dos fluxos de retorno de bens de pós-venda ou pós-uso ao ciclo dos negócios ou ao ciclo produtivo, e das informações referentes a estes fluxos; o retorno dos bens acontece por meio de canais específicos de distribuição, chamados canais de distribuição reversos, que agregam a eles valores de natureza econômica, ambiental, legal, entre outros. A logística reversa aplica-se tanto a 'bens de pós-venda', que são produtos recém-adquiridos e não utilizados ou consumidos, quanto a 'bens de pós-consumo', que são os produtos em fim de vida útil ou usados com possibilidade de utilização, como é o caso dos REEEs.

Além das responsabilidades do setor privado, definir claras responsabilidades a todos os envolvidos com o ciclo de vida dos EEE é essencial para a gestão pós-consumo. Lim e Schoenung (2010) apresentam um modelo de gestão efetiva de REEE, que requer como base a definição de responsabilidades do consumidor, setor privado e governo, o qual é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de gestão efetiva de REEEs com as devidas responsabilidades de cada agente.



Fonte: LIM e SCHOENUNG (2010)

2.3 Legislação Aplicável

Apesar de legislação ambiental brasileira ser uma das mais desenvolvidas e atualizadas do mundo, até a aprovação, em 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, as regulamentações federais sobre o tema resíduos distribuídas em leis, decretos, portarias e resoluções, estavam dispersas, genéricas e/ou deficitárias. A limitação consistia no fato de que não existiam princípios, objetivos e instrumentos que nortegassem a gestão de resíduos, e por não prescreverem mecanismos que viabilizem sua plena implantação ou pela ineficácia ou inexistência de fiscalização. Políticas Estaduais de Resíduos foram criadas por alguns Estados como Rio de Janeiro, Ceará, Rio Grande do Sul Alagoas, Espírito Santo, Pernambuco e São Paulo, anteriormente a PNRS, o que representou um avanço para o enfrentamento do problema. No entanto, isto não era suficiente visto que estas tinham alcance restrito aos Estados que tomavam essa iniciativa. Faltava o respaldo de uma política nacional que uniformizasse a gestão e gerenciamento em todo o território nacional.

No âmbito mais específico dos REEEs, até anos recentes uma pequena parcela de Municípios e Estados dedicava uma atenção especial, atribuindo responsabilidade aos fabricantes, importadores e comércio pela coleta e tratamento desses materiais. No Estado de São Paulo, por exemplo, a Política Estadual de Resíduos previa responsabilidades maiores aos geradores de resíduos perigosos. Posteriormente, a Lei Nº 13.576, a qual institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. Ainda assim, não havia legislação e regulamentação nacionais que oferecessem o respaldo jurídico necessário para o desenvolvimento de uma infraestrutura responsável pelo tratamento desse tipo de resíduo, apenas algumas Resoluções CONAMA as quais deliberavam a responsabilidade pós-consumo de fabricantes e importadores apenas para pilhas e baterias, as quais também serão apresentadas adiante. Todo este vazio regulatório, no âmbito nacional, acerca dos resíduos sólidos em geral, assim como dos resíduos eletroeletrônicos, foi preenchido com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010.

2.3.1 Federal

2.3.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Após 19 anos de discussão no Congresso Nacional foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, e posteriormente regulamentada pelo Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Esta *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 (BRASIL, 2010). Segundo o art. 5º desta, a PNRS integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 199, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007, e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005 (BRASIL, 2010).

Com a PNRS, torna-se responsabilidade obrigatória dos municípios e do Distrito Federal a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos em seus próprios territórios. São definidos como instrumentos da PNRS os planos de resíduos sólidos, os quais incluem:

- I - o Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- II - os planos estaduais de resíduos sólidos;
- III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas;
- IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos;
- V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A elaboração de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), nos termos previstos pela PNRS, é condição para os municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. O PMGIRS pode estar inserido no Plano de Saneamento Básico integrando-se com os planos de água, esgoto, drenagem urbana e resíduos sólidos, previstos na Lei Federal do Saneamento Básico, Lei nº 11.445/2007. Neste caso deve ser respeitado o conteúdo mínimo definido em ambos os documentos legais.

Os planos de gerenciamento de resíduos sólidos são exigidos, entre outros, a estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que gerem resíduos perigosos ou que, mesmo não caracterizados como perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. Ou seja,

estabelecimentos comerciais e de prestação de serviço que gerem REEEs são obrigados a elaborar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Em relação mais estreita com os REEEs, a PNRS apresenta o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Define-se que o ciclo de vida dos produtos como a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final. Com isto, segue-se a definição de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos de acordo com a PNRS:

“conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos” (BRASIL, 2010, inciso XVII, art. 3º).

Estão entre seus objetivos:

- I - compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II - promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III - reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV - incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V - estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI - propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII - incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental” (BRASIL, 2010, art. 3º)

O princípio da responsabilidade compartilhada deve ser atendido através dos instrumentos de coleta seletiva e logística reversa. A coleta seletiva é definida pela PNRS como a “*coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou*

composição” (BRASIL, 2010, inciso V, art. 3º). A logística reversa prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos aplica-se aos bens de pós-consumo, e é assim definida por esta:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, inciso XII, art. 3º).

De forma a viabilizar a logística reversa exigida pela PNRS, todas as partes relacionadas ao processo deverão contribuir para o encaminhamento dos produtos em fim de vida útil para a reciclagem ou destinação final ambientalmente adequada. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

“I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso;

II - *pilhas e baterias*;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - *lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista*;

VI - *produtos eletroeletrônicos e seus componentes*” (BRASIL, 2010, art. 33º).

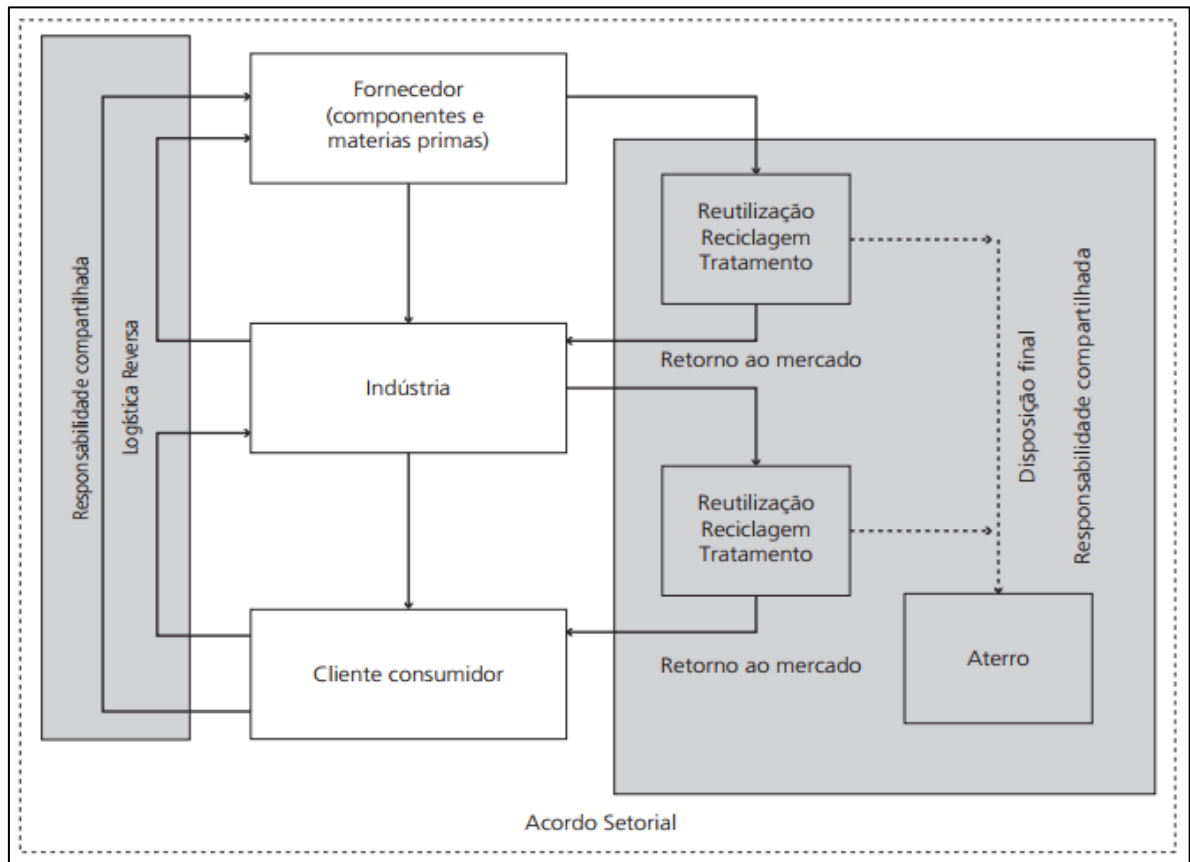
Nesse processo, ao consumidor cabe efetuar a devolução de seus produtos e embalagens aos comerciantes ou distribuidores após o uso. Aos comerciantes e distribuidores compete efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos. Por último, aos fabricantes e os importadores compete dar destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada, na forma estabelecida pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e, quando houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.

O Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamentou a PNRS, além de instituir o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos com a finalidade de apoiar a estruturação e implementação da PNRS por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais, ratificou a relevância dada à logística reversa e criou o Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa (Comitê Orientador), o qual

é regido pela Portaria N° 113, de 8 de abril de 2011. O Comitê Orientador é presidido pelo Ministério do Meio-Ambiente (MMA) que também ocupa a Secretaria-Executiva e é assessorado por um Grupo Técnico de Assessoramento (GTA) composto por representantes de outros cinco ministérios. Esse GTA constituiu o Grupo de Trabalho Temático – Eletroeletrônicos, que presta suporte na tomada de decisões por meio de análises, estudos e propostas sobre matéria relacionada aos REEEs.

Para a implantação e operacionalização da logística reversa, a Lei 12.305/2010 definiu três diferentes instrumentos: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso. O acordo setorial é definido como o ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). Por permitir grande participação social, o acordo setorial tem sido escolhido pelo Comitê Orientador, desde sua instalação em 17/02/2011, como o instrumento preferencial para a implantação da logística reversa (SINIR, 2017). Os acordos setoriais devem contemplar, em regime de responsabilidade compartilhada, os fornecedores de matérias-primas, indústria e consumidores, bem como terceiros envolvidos no transporte, transbordo, armazenagem, reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente correta dos rejeitos finais desses processos, incluindo a integração das cooperativas dos catadores (DEMAJOROVIC e MIGLIANO, 2013). Para esse efeito, a PNRS em seu artigo 54 estabelece prazos para a implantação dos respectivos acordos setoriais entre todos os atores envolvidos. Para o setor de eletroeletrônicos, o prazo para a implantação dos acordos setoriais era 2014. A Figura 3 mostra em forma esquemática o modelo proposto pela PNRS, com todos os atores e funções que compreendem o acordo setorial, representado pela linha tracejada.

Figura 3 - Atores e funções constituintes do acordo setorial, das responsabilidades compartilhadas e do mecanismo de logística reversa.



Fonte: DEMAJOROVIC e MIGLIANO, 2013

O artigo 36 da PNRS define que, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

- I - adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- II - estabelecer sistema de coleta seletiva;
- III - articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- IV - realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial;
- V - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;
- VI - dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.” (BRASIL, 2010a, art. 36)

Se o titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, em devido acordo entre as partes (BRASIL, 2010).

Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos elaborados pelos municípios devem atender a um conteúdo mínimo previsto no artigo 19 da PNRS. Em relação mais estreita com a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa, exige-se para a elaboração dos planos:

“IV - identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico ou a sistema de logística reversa; [...]

X - programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;

XI - programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver; [...]

XV - descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; [...]

XVI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos e dos sistemas de logística reversa;” (BRASIL, 2010, art. 19).

2.3.1.2 Resoluções CONAMA

Resolução nº 401, de 04 de novembro de 2008: esta resolução estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Segundo esta, os estabelecimentos que comercializam os produtos mencionados, bem como a rede de assistência técnica autorizada, deverão receber dos usuários as pilhas e baterias usadas, mediante postos de recolhimento cujo a existência se torna obrigatória. Todo o material recebido deve ser encaminhado para a destinação ambientalmente adequada, de responsabilidade do fabricante ou importador, não sendo permitidas formas de disposição

como lançamento a céu aberto ou em aterro não licenciado; queima a céu aberto ou incineração em instalações não licenciadas; e lançamento em corpos d'água em geral, praias, redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, ou redes de eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas a inundações (CONAMA, 2008).

A resolução também determina que as embalagens de pilhas e baterias, e mesmo em seus materiais publicitários, devem conter símbolo de destinação adequada, e advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem encaminhadas aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada. O corpo dos produtos deve conter informações como a identificação do fabricante e do importador, se o caso, a advertência sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente; e a necessidade de devolução, após o uso, aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse a fabricantes ou importadores (CONAMA, 2008).

Por último, vale destacar também que a resolução determina que fabricantes e importadores de pilhas e baterias deverão periodicamente promover "formação e capacitação dos recursos humanos envolvidos na cadeia desta atividade, inclusive aos catadores de resíduos, sobre os processos de logística reversa com a destinação ambientalmente adequada de seus produtos" (CONAMA, 2008).

A Instrução Normativa nº 8/2012 do IBAMA institui, por fim, aos fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou produto que as incorporem. Esta instrução dispõe sobre os laudos físico-químicos e sobre a necessidade de apresentação do Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais – RAPP.

Resolução nº 452, de 02 de julho de 2012: esta resolução dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, assim como o determinado na Lei Nº 12.305/2010, a PNRS. Determina a proibição, em todo o território nacional, da importação de Resíduos Perigosos (Classe I), de resíduos domiciliares ou resultantes de sua incineração, e de rejeitos, sob qualquer forma e para qualquer fim, exceto em casos previstos em acordos bilaterais firmados pelo país. Mesmo nestes casos, a importação de resíduos só pode ser realizada com vistas à destinação para

reciclagem, em instalações devidamente licenciadas para tal fim, e com o atendimento de uma série de exigências, como:

“I - regularidade perante o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF), gerenciado pelo IBAMA;

II - apresentação de licença ambiental do Destinator de Resíduos, expedida pelo órgão ambiental competente;

III - laudo técnico atestando a classificação da carga de resíduos que esteja sendo importada, exceto nos casos onde houver dispensa fundamentada do IBAMA;

IV - atendimento às normas nacionais e internacionais de acondicionamento e transporte, bem como observância dos cuidados especiais de manuseio em trânsito, inclusive interno, além da previsão de ações de emergência para cada tipo de resíduo;

V - cumprimento das condições estabelecidas pela legislação federal, estadual e municipal de controle ambiental pertinente quanto à armazenagem, manipulação, utilização e reprocessamento do resíduo importado, bem como de eventuais resíduos gerados nesta operação, inclusive quanto à sua disposição final.” (CONAMA, 2012)

2.3.2 Estadual

O Estado de São Paulo, em um esforço normativo anterior à PNRS para gestão de REEEs, promulgou a Lei Nº 13.576, de 06 de julho de 2009, a qual institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico (SÃO PAULO, 2009a). Esta Lei está respaldada na Política Estadual de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.300, de 16 de março de 2006, que prevê uma maior responsabilidade para os geradores de resíduos perigosos (SÃO PAULO, 2006). O Decreto Nº 54.645 de 05 de agosto de 2009, que regulamentou a Política Estadual de Resíduos Sólidos, no art. 19 cita que:

“Os fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que, por suas características, venham a gerar resíduos sólidos de significativo impacto ambiental, mesmo após o consumo desses produtos, ficam responsáveis, conforme o disposto no artigo 53 da Lei nº 12.300, de 16 de março de 2006, pelo atendimento das exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais e de saúde, especialmente para fins de eliminação, recolhimento, tratamento e disposição final desses resíduos, bem como para a mitigação dos efeitos nocivos que causem ao meio ambiente ou à saúde pública” (SÃO PAULO, 2009b, art. 19).

Para fins do disposto no artigo 19, do Decreto Estadual nº 54.645, de 05 de agosto de 2009, a Resolução SMA 45 de 23 de junho de 2015 define as diretrizes para implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo no Estado de São Paulo. No art. 2 desta resolução cap. I aponta pilhas e baterias, produtos eletroeletrônicos e lâmpadas contendo mercúrio como produtos que após o consumo resultam em resíduos considerados de significativo impacto ambiental, exigindo a estruturação e implementação de sistemas de

logística reversa pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes destes produtos (SÃO PAULO, 2015).

A proposta da Lei Nº 13.576, de 06 de julho de 2009, obriga as empresas, em caráter solidário, que produzem, comercializam ou importem produtos e componentes eletroeletrônicos a darem destinação final adequada ao lixo tecnológico, considerado como resíduo perigoso. Ou seja, resíduos que segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) devem ter tratamento diferenciado. A destinação final dos REEE preconizada nesta Lei deve ser:

“I - a reciclagem e aproveitamento do produto ou componentes para a finalidade original ou diversa;

II - a reutilização total ou parcial de produtos e componentes tecnológicos;

III - a neutralização e disposição final apropriada dos componentes tecnológicos equiparados a lixo químico” (SÃO PAULO, 2009a, art. 3º)

Por fim, a Lei exige que deve ser garantida a informação ao consumidor na embalagem ou rótulo dos produtos elétricos e eletrônicos comercializados no Estado (SÃO PAULO, 2009a).

3 Metodologia

3.1 Caracterização da área de estudo

A Política Federal de Saneamento Básico determina em seu Art.48º, inciso X, que a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade territorial para embasar o planejamento das políticas de saneamento básico (BRASIL, 2007). A CETESB adota as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos como sua unidade de planejamento ambiental, inclusive para gestão de resíduos sólidos, conforme seu *Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos* (CETESB, 2015). Desta forma, adotou-se uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a Tietê-Jacaré, como área de estudo para o diagnóstico pretendido neste trabalho.

O Estado de São Paulo apresenta 22 Unidades de Gestão de Recursos Hídricos que são as unidades necessitando de articulação entre pesquisa, gerenciamento e aplicação de inovações. (TUNDISI et. al, 2008). A UGRHI 13 está localizada no meio do Estado de São Paulo, conforme a Figura 4. Esta UGRHI está sob responsabilidade do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ). Com relação à caracterização econômica da UGRHI, destacam-se as atividades agroindustriais e agropecuárias (TUNDISI et al., 2008; SIGRH, 2012).

A unidade em questão compreende 34 municípios, os quais são apresentados no Quadro 4. O quadro também fornece a informação da população dos municípios em 2017, conforme a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE)

Figura 4 - Localização da UGRHI 13 no Estado de SP e dos Municípios na UGRHI.



Fonte: SIGRH (2012)

Quadro 4 - População dos municípios inseridos na UGRHI 13.

Município	População
Agudos	35.676
Araraquara	222.791
Arealva	8.094
Areiópolis	10.753
Bariri	33.315
Barra Bonita	35.001
Bauru	358.619
Boa Esperança do Sul	14.303
Bocaina	11.767
Boracéia	4.615
Borebi	2.497
Brotas	23.212
Dois Córregos	26.305
Dourado	8.516
Gavião Peixoto	4.553
Iacanga	10.939
Ibitinga	57.022
Igaraçu do Tietê	23.897
Itaju	3.539
Itapuí	13.314
Itirapina	16.682
Jaú	142.860
Lençóis Paulista	64.933
Macatuba	16.736
Mineiros do Tietê	12.432
Nova Europa	10.323
Pederneiras	44.383
Ribeirão Bonito	12.707
São Carlos	236.958
São Manuel	39.202
Tabatinga	15.540
Torrinha	9.597
Trabiju	1.653

Fonte: SEADE (2017)

3.2 Leitura de bibliografia relacionada

A etapa inicial deste presente trabalho consistiu na pesquisa bibliográfica relacionada à gestão de resíduos sólidos assim como, mais especificamente, de resíduos eletroeletrônicos. Nesta etapa foram pesquisadas as legislações pertinentes, normas brasileiras, dissertações, teses, livros técnicos, artigos científicos relacionados ao tema dos resíduos sólidos (conceitos, técnicas e tecnologias, gerenciamento e gestão).

3.3 Levantamento dos PMGIRS

Nesta etapa foi feito o levantamento de todos os PMGIRS dos municípios localizados na UGRHI 13 –Tietê-Jacaré. Este levantamento foi realizado através de pesquisa na internet em mecanismos de busca e nos websites das respectivas prefeituras. Foi consultada também a base de dados da Coordenadoria de Planejamento Ambiental do governo do Estado de São Paulo.

3.4 Diagnóstico dos planos

Sucedendo a etapa de levantamento dos PMGIRS dos municípios, em função da apresentação destes, realizou-se a avaliação de todos com relação à presença de instrumentos de gestão e gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. Esta análise foi feita em face ao que é exigido na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

4 Resultados e Discussão

4.1 Diagnóstico

De acordo com o levantamento dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, os municípios que tiveram seus planos analisados foram os seguintes: Agudos, Araraquara, Arealva, Bariri, Bauru, Bocaina, Boracéia, Borebi, Brotas, Iacanga, Ibaté, Ibitinga, Iguaçu do Tietê, Itapuá, Itirapina, Jaú, Lençóis Paulista, Macatuba, Nova Europa, Pederneiras, Ribeirão Bonito, São Carlos, São Manuel, Tabatinga e Torrinha.

Os demais ou ainda não elaboraram ou não tiveram seus planos encontrados para consulta. São estes: Areiópolis, Barra Bonita, Boa Esperança do Sul, Dois Córregos, Dourado, Gavião Peixoto, Itaju, Mineiros do Tietê, Trabiju.

4.1.1 Agudos

O Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Agudos foi elaborado no ano de 2012. A Tabela 2 apresenta a estimativa de resíduos gerados diariamente no município divididos por categoria, mostrando que há diagnóstico para a geração de REEEs.

Tabela 2 - Estimativa diária de resíduos por tipos gerados no município de Agudos.

PERCENTUAL MÉDIO POR TIPOS DE QUANTIDADE DE RESÍDUOS		
Tipos de Resíduos	Toneladas/dia	%
Resíduos Domiciliares	21,5	11,8
Resíduos de Limpeza Urbana	50	27,6
Resíduos de Estabelecimentos Comerciais	8,42	4,7
Resíduos de Serviços Públicos de Saneamento	0	0
Resíduos Industriais	27	14,8
Resíduos de Serviços de Saúde	0,060	0
Resíduos da Construção Civil	70	38,6
Resíduos Agrosilvopastoris	0,034	0
Resíduos de Serviços de Transportes	4,5	2,5
Resíduos de Mineração	0	0
Resíduos Especiais (Eletrônicos, pilhas/baterias, etc.)	0,080	0
TOTAL	181,59	100

Fonte: AGUDOS, 2012.

Agudos apresenta um serviço de Coleta Seletiva implantado desde 2009, onde a Prefeitura disponibiliza cestos de resíduos adequados para a coleta seletiva instalados em ruas, avenidas, escolas e postos de saúde. Segundo cálculos da Secretaria Municipal de Obras e Vias Públicas, Agricultura e Meio Ambiente de Agudos são coletados semanalmente cerca de três toneladas de resíduo reciclável, destas uma tonelada é composta por papel, plástico e

alumínio, e duas toneladas são de pneus, lâmpadas e pilhas. Os REEEs coletados (pilhas e baterias) são encaminhados para a empresa Eletrolixo e para o programa de reciclagem de resíduo eletrônico do Banco Santander, o qual repassa estes para uma empresa de reciclagem.

O município também tem implantado e em andamento o Projeto Eletro-Lixo, o qual resulta de parceria da Prefeitura e empresas privadas (escolas, bancos, supermercados, estabelecimentos comerciais). Este tem por objetivo criar ações contra eventuais problemas de saúde com o manuseio do material tecnológico, onde são criadas oportunidades de conhecimentos práticos para as pessoas envolvidas, a fim de reutilizar componentes na montagem de novos produtos, informatizar entidades locais, visando a inclusão digital no desenvolvimento da cidadania. Os resultados esperados ao longo da realização do projeto são:

- Recolher anualmente 22.250 Kg. de material tecnológico;
- Informatizar todas as entidades locais;
- Aumentar o campo de manipulação;
- Evitar descarte indevido;
- Diminuir risco de doenças;
- Aumentar o índice de rendimento escolar nas disciplinas envolvidas.

Quanto às proposições do plano de metas e ações, é proposto ao município criar e implantar uma Lei Municipal que discipline a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final do resíduo tecnológico do Município, através de um programa de gerenciamento de resíduos especiais. Ademais, propõe-se também que o município acompanhe e fiscalize a estruturação e implementação pelos fornecedores dos sistemas de logística reversa.

4.1.2 Araraquara

O PMGIRS do Município de Araraquara foi elaborado no ano de 2013, e compreende em um dos planos, dentre os analisados neste trabalho, mais detalhados em relação à gestão dos REEEs.

No diagnóstico deste plano, menciona-se que o município de Araraquara sancionou em 19 de maio de 2011 a Lei Municipal Nº 7.465, “a qual *dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e demais produtos eletroeletrônicos, estabelece a obrigatoriedade de instalação de caixas coletoras para produtos em desuso e dá*

outras providências” (ARARAQUARA, 2011). Esta Lei oficialmente implanta o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa no município. No artigo 1º, institui:

“Ficam as empresas fabricantes, importadoras, distribuidoras ou revendedoras de pilhas, baterias e lâmpadas, na forma especificada no parágrafo único deste artigo, responsáveis por dar destinação adequada a esses produtos, mediante procedimentos de coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, após seu esgotamento energético ou vida útil e a respectiva entrega pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada.” (ARARAQUARA, 2011)

Segundo o diagnóstico realizado no PMGIRS, o município de Araraquara apresenta os chamados Postos de Entrega Voluntária de Recicláveis (PEV). Os PEVs recebem de munícipes e pequenos transportadores descargas de inúmeros materiais recicláveis, entre eles os REEEs. O município disponibiliza o descarte de REEEs nos PEVs de forma a contribuir com opções para a coleta destes materiais, não deixando a responsabilidade apenas para fabricantes e comerciantes. Os materiais que não podem ser descartados nos PEVs incluem pilhas e baterias e os REEEs provenientes de serviço de manutenção e assistência técnica, os quais, segundo a Lei Municipal Nº 7.465/2011, devem providenciar a destinação correta dos REEEs recebidos por estes estabelecimentos. As pilhas e baterias são coletadas em postos de entrega voluntários específicos e nas caixas coletoras dos estabelecimentos comerciais abrangidos pelo artigo 1º da Lei Municipal Nº 7.465/2011.

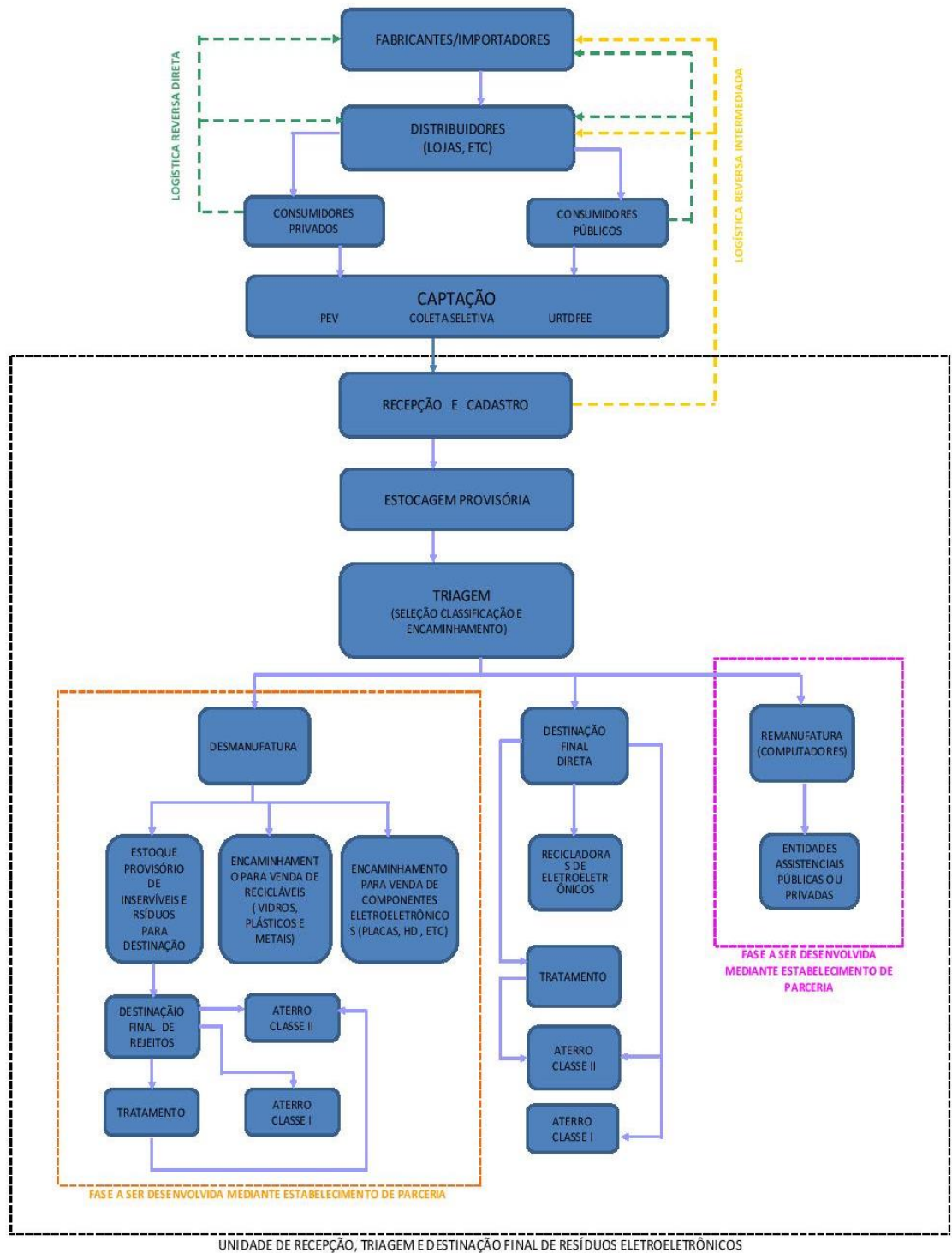
A coleta dos REEE gerados no município de Araraquara é realizada pelo DAAE, o qual recolhe os resíduos dispostos nos PEVs. À época do diagnóstico os REEEs tinham como destinação final uma área provisória de armazenamento, situada na Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos de Araraquara (ETR-Araraquara). Esses resíduos eram então armazenados provisoriamente em pátios abertos e cobertos por lonas plásticas. Não possuindo uma área licenciada específica para armazenamento e triagem dos resíduos dessa natureza, o município pretendia instalar uma Área para Transbordo e Triagem (ATT) de REEE.

Um Plano de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos está em elaboração pelo município, e uma descrição sucinta deste foi apresentada no PMGIRS. Este plano consiste de ações que têm como finalidade atender à demanda por destinação final adequada para esses equipamentos até que se estabeleça e esteja em pleno vigor a política de logística reversa para esses resíduos. As ações para cada etapa do gerenciamento são apresentadas abaixo:

- **Captação:** Será feita nos PEVs, através da Coleta Seletiva e na Unidade de Recepção, Triagem e Destinação Final de resíduos eletroeletrônicos, a ser implantada.
- **Recepção e Cadastro:** O material recebido será cadastrado identificando-se sua origem, quantidade e outros dados.
- **Estocagem Provisória:** Após o cadastramento o material será encaminhado para ponto de estocagem provisória aguardando expedição para a triagem.
- **Triagem:** Na triagem será efetuada a seleção dos materiais por tipo, característica, sua classificação como inservível, recuperável, reciclável etc. e seu encaminhamento para a fase seguinte.
- **Destinação Final Direta:** Prevê o encaminhamento dos resíduos para recicladoras autorizadas, empresas de tratamento e ou disposição final em aterros classe I ou II conforme o tipo de resíduo.
- **Desmanufatura:** A fase de desmanufatura visando à desmontagem dos equipamentos para agregar valor a seus componentes seria implantada mediante parceria com empresas privadas, Organizações Não Governamentais (ONGs) ou Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscip).
- **Remanufatura:** Esta fase visa à recuperação dos equipamentos para serem utilizados novamente com a mesma função original. Essa fase também seria implantada mediante parceria.

A Figura 5 apresenta o fluxograma do gerenciamento dos REEEs.

Figura 5 - Fluxograma de gerenciamento de recepção, triagem e destinação final de resíduos eletroeletrônicos.

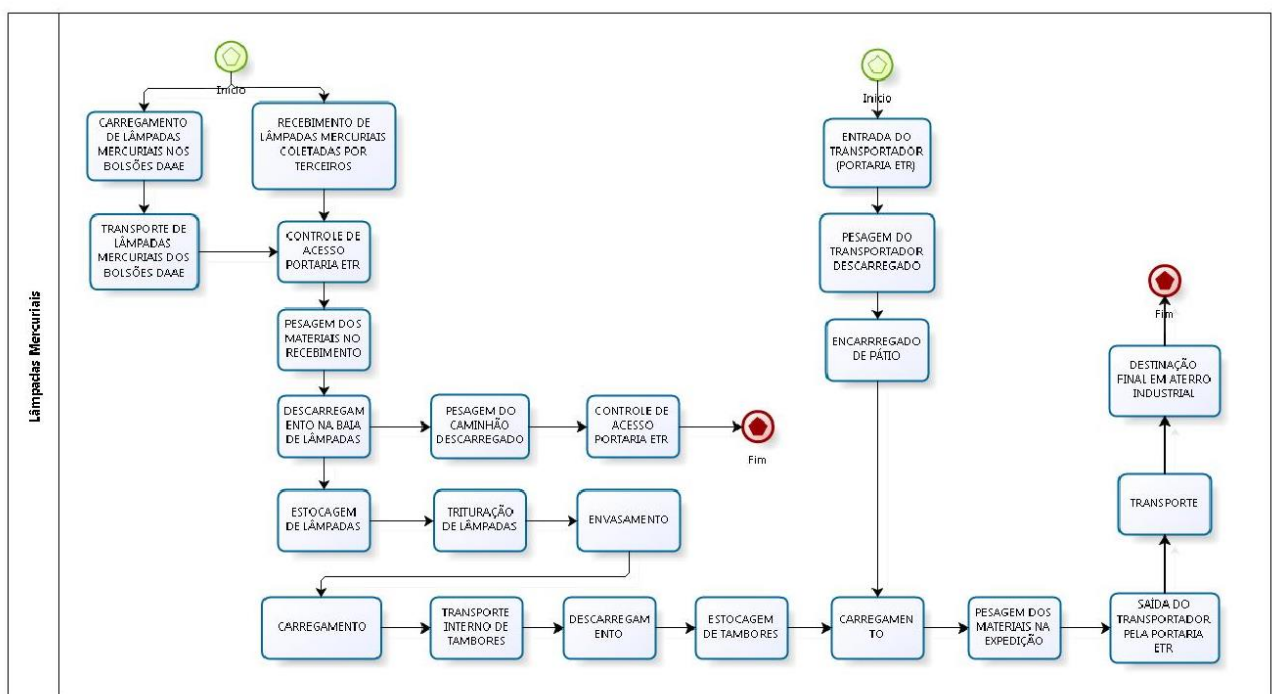


Fonte: Araraquara (2013)

Já as lâmpadas fluorescentes são encaminhadas a uma central de recebimento e armazenamento temporário de lâmpadas fluorescentes na ETR-Araraquara, a qual armazena essas lâmpadas para posterior tratamento. A central de recebimento possui um equipamento devidamente licenciado para tratamento dessas lâmpadas. Chegaram a ETR no período de 2005 a 2010 cerca de 34.000 lâmpadas, que correspondem às lâmpadas descartadas por pequenos geradores. Os rejeitos gerados no tratamento dessas lâmpadas fluorescentes são encaminhados ao aterro industrial situado no município de Tremembé – SP. Os grandes geradores encaminham as lâmpadas diretamente para empresas especializadas, como a Apliquim, suas lâmpadas inservíveis para tratamento e disposição final. Nessas empresas há a recuperação dos materiais constituintes das lâmpadas tubulares, como ponteiros de alumínio, pó fosfórico, vidro e mercúrio.

A Figura 6 apresenta o fluxograma do gerenciamento da destinação das lâmpadas fluorescentes.

Figura 6 - Fluxograma de recebimento e destinação final de lâmpadas mercuriais



Fonte: Araraquara (2013)

As proposições de ações e metas do PMGIRS incluem promover programas que visam o encerramento da disposição irregular dos resíduos considerados de significativo impacto

ambiental, aí incluídos os REEEs, através de ações informativas e de educação ambiental visando à minoração dos descartes irregulares. Estas ações serão promovidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, em sintonia com a Secretaria Municipal de Educação – quando essas ações forem de caráter pedagógico – voltadas ao público estudantil e com outras secretarias afins – quando se tratar de educação ambiental ou informações à população em geral.

4.1.3 Bariri

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Bariri foi elaborado no ano de 2015. Pelo diagnóstico, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, bem como outros resíduos eletrônicos, vêm sendo coletadas no Ecoponto do município. O recebimento deste material ocorre no viveiro municipal, no entanto, a área ainda não é impermeabilizada e é parcialmente coberta (Figura 7). As pilhas e baterias são destinadas adequadamente por convênio com a empresa Eletrolixo, enquanto que as lâmpadas fluorescentes por convênio com a empresa Witzler.

Figura 7 - Área de transbordo de REEEs em Bariri.



Fonte: BARIRI (2015)

No plano de ações e metas é previsto que o município de Bariri deverá, através de Decreto Municipal, regulamentar o Termo de um instrumento adotado para a implantação da logística reversa. O “Programa de Gerenciamento de Resíduos Especiais – Logística Reversa” prevê as seguintes ações:

- Criar cadastro dos estabelecimentos enquadrados na logística reversa
- Disciplinar e intensificar a fiscalização dos empreendimentos, exigência dos planos de gerenciamento
- Definir um plano de divulgação para consumidores e distribuidores
- Regulamentar o Plano de gerenciamento de resíduos sólidos especiais e de grandes geradores
- Promover a parceria fabricante/distribuidor visando implantação de locais equipados com coletores para a Logística Reversa de lâmpadas, pilhas e baterias;

4.1.4 Bauru

O município apresenta Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) no qual prevê a elaboração de um PMGIRS em específico. Consequentemente, alguns tipos de resíduos não foram abordados no PMSB. São eles: Resíduos Industriais, Resíduos de Transporte, Resíduos Agrossilvopastoris, Resíduos de Mineração e aqueles que se enquadram no sistema de Logística Reversa. Estes tipos de resíduos seriam abordados no PMGIRS, mas este ainda não havia sido finalizado à época deste trabalho.

No diagnóstico do PMSB de Bauru, o estudo gravimétrico indica que 0,25% dos resíduos coletados, em peso, no município constituem resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. A única menção a gerenciamento de REEEs no diagnóstico do PMSB diz respeito à coleta pelos Ecopontos do município. Segundo o plano, os Ecopontos que recebem principalmente a entrega de resíduos da construção civil (RCC), gerados por munícipes (pequenos geradores), também recebem resíduos volumosos e eletroeletrônicos. Além dos Ecopontos, o documento menciona o Programa Municipal “Cidade Limpa”, o qual é realizado esporadicamente no município e coleta materiais volumosos nas residências e que incluem eletrodomésticos grandes. Todo o material volumoso coletado nos Ecopontos e no Programa “Cidade Limpa”, de acordo com o documento, é destinado ao aterro sanitário do município. No aterro esses resíduos são armazenados em local separado, mas ainda não há uma destinação adequada.

4.1.5 Bocaina

Este município teve seu PMGIRS elaborado no ano de 2012. Pelo diagnóstico, pilhas, baterias, lâmpadas e REEEs em geral são coletados apenas em campanhas esporádicas de coleta de lixo eletrônico. Nessas campanhas os resíduos são posteriormente comercializados

para empresas recicladoras de componentes eletrônicos. No entanto, afora estas campanhas esporádicas não há nenhuma coleta diferenciada e nenhum controle sobre a reciclagem e disposição final adequada de REEEs.

Propõe-se no plano de ações e metas do PMGIRS que o Município de Bocaina deveria incentivar, por meio de parcerias, alguns pontos de devolução licenciados para pilhas e baterias de uso doméstico. As parcerias poderiam ser realizadas entre o Município, os comerciantes por meio da Associação do Comércio e a CETESB. Para os grandes geradores, propõe-se que o município incentive a iniciativa privada a instalar um terminal de transbordo de resíduos Classe I, para que posteriormente estes resíduos possam ser dispostos em um aterro industrial. Ainda, o Município deve implantar para suas unidades públicas um terminal de armazenamento temporário, e posteriormente encaminhar estas lâmpadas para um aterro de resíduos Classe I. Para destinar as lâmpadas geradas por particulares, o Município deve incentivar a instalação de uma empresa que possua uma unidade móvel de descontaminação de lâmpadas perigosas, ou um terminal de transbordo de resíduos Classe I, para posterior disposição em aterro industrial. Por fim, propõe-se que o Município deve implantar meios para a entrega voluntária, a coleta e a destinação final adequada destes resíduos, em parceria com as empresas fabricantes de produtos eletroeletrônicos.

4.1.6 Boracéia

O município de Boracéia teve seu PMGIRS elaborado no ano de 2015. Segundo o diagnóstico, a prefeitura disponibiliza alguns pontos de coleta de pilhas e baterias, como: SENAI, escolas e Prefeitura Municipal. A Diretoria de Meio Ambiente recolhe este material e leva para um Ecoponto certificado no município de Bauru. Quanto às lâmpadas fluorescentes, no município não há empresas que realizam a descontaminação destas, e, segundo o plano, a destinação adequada das lâmpadas ainda estava em processo de adequação.

A Diretoria de Meio Ambiente ainda realiza algumas ações esporádicas de coleta de REEEs, como o I Mutirão do Lixo Eletrônico realizado em 2015, onde a própria Prefeitura e o SENAI foram pontos para coleta de eletrodomésticos e eletroeletrônicos em geral, como computadores, celulares, TVs, DVDs, impressoras, cabos, microondas, máquinas de lavar, brinquedos eletrônicos, pilhas e baterias, dentre outros.

O PMGIRS ainda discrimina as responsabilidades da Prefeitura e dos geradores de resíduos passíveis de logística reversa. De acordo com o documento, as responsabilidades da Prefeitura Municipal são:

- Incentivar a organização dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos resíduos;
- Criar parcerias com a iniciativa privada responsável em implementar a logística reversa;
- Comunicar e estimular a população ao cumprimento da diretriz da Lei Federal nº 12.305/10;
- Fiscalizar as atividades de iniciativa de logística reversa, visando sempre mantê-las em estrita consonância com a legislação ambiental pertinente.

E as responsabilidades dos geradores:

- Reduzir a geração de todos os tipos de resíduos;
- Realizar a segregação dos resíduos;
- Entregar os resíduos passíveis de logística reversa para seus respectivos responsáveis pela destinação, tratamento e disposição final adequada;

Para o plano de ações e metas propõe-se ao Município elaborar e aplicar legislações municipais acerca da coleta, transporte e armazenamento de REEEs. Ações previstas relativas ao gerenciamento destes incluem:

- Identificar os pontos de comercialização dos resíduos sujeitos à implementação da logística reversa;
- Fazer com que se cumpra a logística reversa de forma independente do poder público;
- Em relação às pilhas e baterias e eletroeletrônicos, manter o Mutirão do Lixo Eletrônico, implantar um ponto permanente de eletroeletrônicos no município e realizar conscientização ambiental permanente;

4.1.7 Brotas

O Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Brotas foi elaborado no ano de 2014. A partir do diagnóstico deste, no que tange os REEEs, temos que a Secretaria Municipal de Meio Ambiente é a responsável por apoiar os agentes envolvidos,

principalmente os comerciantes locais, para atendimento à Legislação Federal em relação à logística reversa. Neste sentido, há uma aproximação com a Associação Comercial e Industrial de Brotas (ACIB) para um planejamento conjunto. Para o armazenamento temporário de resíduos especiais, a Prefeitura aluga um prédio particular. À época do diagnóstico, o local ainda estava em fase de estruturação, já sendo utilizado para guarda dos veículos do setor de limpeza, oficina de pequenos consertos e ecoponto para recolhimento de recicláveis que são destinados para um galpão de triagem.

Existem alguns ecopontos de lixo eletrônico na cidade por iniciativa de estabelecimentos comerciais como o Supermercado Extra e o Banco Santander. Além de poucos locais que tomaram esta iniciativa, não há informação segura sobre a destinação deste material. Eventualmente, a Secretaria de Meio Ambiente realiza mutirões de recolhimento do lixo eletrônico incluindo pilhas e baterias, envolvendo as escolas e o comércio. Alguns resíduos eletrônicos (carcaça de computadores, teclados, etc) são eventualmente recolhidos pela coleta seletiva, cerca de 300 kg/mês. O material é então comercializado como sucata, sem que haja uma informação correta e segura de seu destino final.

A Secretaria de Meio Ambiente tem como proposta aumentar os pontos de coleta no comércio, principalmente de materiais de pequeno volume como pilhas, baterias e celulares através de uma campanha em parceria com a ACIB. Como início desta campanha, a Associação adquiriu algumas lixeiras de cinco litros para distribuição em estabelecimentos comerciais próximos ao consumidor para facilitar o descarte. O material seria entregue no ecoponto que o armazenaria temporariamente em local coberto em caçambas até o recolhimento por empresa especializada na reciclagem de REEEs.

Ainda não há normatização para o recolhimento de lâmpadas fluorescentes no município. A Prefeitura tem recolhido lâmpadas usadas de prédios públicos com a intenção de levá-las a um processo de descontaminação que, conforme relatado no PMGIRS, nunca ocorreu. Devido à falta de alternativas de destinação, alguns comerciantes também entregam estes resíduos à Secretaria Municipal de Meio Ambiente que mantém um armazenamento provisório de cerca de 3 m³. Enquanto não definida a logística, presume-se que parte deste resíduo esteja sendo destinado ao aterro sanitário com todo seu potencial poluidor. A proposta da Secretaria Municipal de Meio Ambiente é a de realizar um acordo com os comerciantes de lâmpadas para que este resíduo seja recebido dos consumidores, entregue no ecoponto e possa ser recolhido pelos distribuidores, cujos contratos de compra tornem a logística reversa

obrigatória. Esta alteração da compra ficaria sob a responsabilidade dos comerciantes para garantir a continuidade do recebimento das lâmpadas pela Prefeitura. Também seria realizada campanha dirigida aos consumidores para que estes resíduos não fossem destinados incorretamente, mas entregues ao comércio local.

Para o plano de metas do PMGIRS, com relação aos REEEs, estipula-se a meta de curto prazo de aumentar em 30% a coleta de lixo eletrônico e de lâmpadas fluorescentes. As ações para atingir esta meta incluem:

- Fortalecer o ecoponto do bairro São João para armazenamento provisório de resíduos especiais
- Fortalecimento da parceria com a ACIB para aproximação com os comerciantes e industriais
- Criação de ecopontos específicos no comércio, facilitando a entrega voluntária
- Educação ambiental formal e informal
- Estabelecimento de novas parcerias e campanhas

4.1.8 Iacanga

O município de Iacanga apresenta PMGIRS elaborado no ano de 2013. No diagnóstico realizado, no que tange aos resíduos eletroeletrônicos, consta-se que existe uma parceria entre a Prefeitura do Município de Iacanga e a empresa Eletrolixo Logística Reversa Ltda para realização de um mutirão de coleta de REEEs. A finalidade desta parceria é promover a destinação ambientalmente correta dos resíduos eletrônicos provenientes dos domicílios de pessoas físicas, empresas privadas, instituições de ensino e órgãos e entidades da Administração Pública Direta e Indireta, em âmbitos federal, estadual e municipal, abrangidas no município.

A empresa se compromete a destinar monitores, impressoras, computadores, teclados, mouses, TV, CPU, celulares e baterias de celulares, telefones e fax, máquinas de xérox, aparelhos de DVD, videocassete, aparelhos de som, fios e cabos, conectores, placas e circuitos eletrônicos, processadores, HD, aparelhos eletrodomésticos em geral e aparelhos eletrônicos e de informática em geral, exceto pilhas e lâmpadas fluorescentes. Caso haja interesse no recolhimento desses dois últimos itens, há um custo de coleta de R\$ 0,90/unidade de lâmpadas fluorescentes e R\$ 1,20/Kg de pilhas. Para os demais resíduos, a coleta é feita de forma gratuita.

A Prefeitura Municipal assume então a obrigação na divulgação e disseminação do material de campanha nos diferentes meios de comunicação. Existem três pontos de coleta de REEEs aos quais a população pode encaminhar seus resíduos, sendo dois em duas unidades diferentes da Prefeitura Municipal e o outro na Casa de Agricultura de Iacanga. Ademais, a prefeitura aloca o material recebido, em local adequado, para posteriormente encaminhá-los até a empresa parceira na sede em Bauru (SP). A Secretaria de Meio Ambiente aloca esses resíduos em uma sala localizada na Prefeitura I, adquirida para essa finalidade. A Figura 8 e a Figura 9 mostram, respectivamente, os ecopontos de recolhimento e a sala de acondicionamento dos resíduos eletroeletrônicos.

Figura 8 – Ecopontos para recolhimento de REEEs.



Fonte: IACANGA, 2013

Figura 9 – Sala de acondicionamento em unidade da Prefeitura Municipal de Iacanga.



Fonte: IACANGA, 2013.

A empresa Eletrolixo compromete-se a retirar os materiais coletados em uma data combinada, caso a quantia atinja o volume mínimo de 2.500,00 Kg ou 7 m³, e assume a responsabilidade de propiciar a destinação ambientalmente correta dos REEEs coletados. Os resíduos são então submetidos a um processo de desmanufatura, separando-os em grupos (placas, plástico, fios, metais e outros). Os materiais contendo substâncias ou componentes Classe I – Resíduos Perigosos, são encaminhados a uma cabine de descontaminação, a parcela não passível de descontaminação ou reciclagem, aproximadamente 13%, é enviada ao aterro sanitário do município de Bauru.

No plano de ações e metas futuras, presente no PMGIRS, o município pretende viabilizar verba para arcar com os custos de destinação de pilhas e lâmpadas fluorescentes, já que, como citado anteriormente, a empresa cobra um custo de coleta de R\$ 0,90/unidade de lâmpadas fluorescentes e R\$ 1,20/Kg de pilhas. Além deste objetivo, menciona-se a realização de um projeto de educação ambiental denominado “*Projeto lixo eletrônico e óleo de fritura*”, de forma a orientar a população do município ao correto descarte destes resíduos.

4.1.9 Lençóis Paulista

O Plano Municipal de Gestão integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Lençóis Paulista foi elaborado em 2013. Segundo o diagnóstico deste, o município realiza várias atividades e medidas para destinação final correta de REEEs. Através da Diretoria de Agricultura e Meio Ambiente (DAMA), a Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista desenvolveu dois projetos, sendo um que viabiliza o recolhimento de pilhas e baterias denominado de Projeto “Quando Acaba a Pilha”, e o Projeto “Lixo Eletrônico” que possibilita a coleta de resíduos de equipamentos de informática, celulares, máquinas fotográficas, impressoras, etc.

Projeto “Quando Acaba a Pilha”: A implantação do projeto deu-se através da disponibilização de pequenas urnas (Figura 10) distribuídas em lojas que comercializam tais produtos, em supermercados e em alguns órgãos públicos. Quinzenalmente os pontos recebem a coleta realizada por um veículo da Prefeitura Municipal, sendo levados para um galpão onde são acondicionados em tambores especiais. O volume recolhido chega a 1,0 tonelada de resíduo por ano, que é enviada para uma empresa na cidade de Suzano para tratamento.

Figura 10 - Urna para coleta de pilhas e baterias do Projeto "Quando Acaba a Pilha".



Fonte: Lençóis Paulista 2013

Projeto Lixo Eletrônico: o Projeto Lixo Eletrônico é realizado em parceria com a empresa Eletrolixo localizada na cidade de Bauru. Os contêineres para recebimento de REEEs são distribuídos em 07 pontos da cidade. Os resíduos encaminhados para a usina de triagem juntamente com o lixo coletado nas residências e nos estabelecimentos comerciais, e que não foram separados e dispostos adequadamente pelos munícipes, são separados pelas cooperadas para receberem o tratamento adequado. A empresa que recebe os resíduos realiza o pagamento para a cooperativa em razão direta à quantidade de resíduos encaminhados. O total gerado é de aproximadamente 29,9 toneladas/ano.

Menciona-se ainda o Projeto Cidade Limpa e Solidária, o qual serve de apoio aos catadores de lixo do município através de capacitação e apoio administrativo à cooperativa. Dentre as capacitações oferecidas pela Prefeitura Municipal, destaca-se a capacitação específica para separação de REEEs.

Quanto às lâmpadas fluorescentes, até o momento, lojas especializadas, prestadores de serviço, mercados e munícipes encaminham-nas para a Prefeitura Municipal. Empresas que prestam serviços elétricos, lojas especializadas e mercados que apresentam grande quantidade de lâmpadas levam-nas diretamente até a Usina de Reciclagem de Lixo (Usina de Triagem), onde são armazenadas em um pequeno depósito. Munícipes levam as lâmpadas usadas até a DAMA, de onde são encaminhadas também para a Usina de Triagem. Duas vezes por ano a

Prefeitura contrata uma empresa que realiza o processamento para reciclagem dos materiais. A quantidade de lâmpadas processadas por ano, em média, é de 13.000 unidades.

O município também possui iniciativas que contemplam o desenvolvimento de ações orientadas ao consumo sustentável e à redução de resíduos. Uma delas é o reparo em aparelhos eletrônicos, sobretudo computadores, recebidos pela Associação dos Deficientes Físicos de Lençóis Paulista, e que posteriormente, são reutilizados por pessoas de baixa renda ligadas à própria associação.

Em resumo, a destinação final de todos os REEEs coletados pelo município é a indústria de reciclagem. A Prefeitura Municipal realiza tarefas que na esteira da nova legislação federal são responsabilidade de rede de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Desta forma, propõe-se no PMGIRS a abertura de canais de conversação para que o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos seja devidamente aplicado no município.

Com isto, o plano de ações e metas do PMGIRS apresenta como uma de suas metas viabilizar a implementação da logística reversa no âmbito do Município de Lençóis Paulista. As ações previstas para que esta meta seja alcançada são:

- Buscar aprendizado junto a outros municípios e entidades/órgãos competentes;
- Apresentar o problema para o empresariado local para mostrar-lhes que todos têm parcela de responsabilidade na implementação e funcionamento deste instrumento;
- Realizar encontros e reuniões com entidades representativas dos setores envolvidos na cadeia da logística reversa para discutir, esclarecer, debater, encontrar soluções;
- Discutir o tema com o empresariado local, buscando parcerias, dialogando para tornar possível a implementação da logística reversa;
- Buscar viabilidade de introdução deste instrumento em lei municipal ou decreto para possibilitar a legalidade da ação do município em assuntos específicos ligados à logística reversa.

4.1.10 São Carlos

Para o município de São Carlos foi avaliado o Plano Municipal de Saneamento Básico, já que ainda não há um PMGIRS específico elaborado. As informações da prefeitura são de

que este ainda está em processo de elaboração (SÃO CARLOS, 2016). No diagnóstico do PMSB são destacadas as seguintes ações em relação ao gerenciamento de REEEs:

- A Prefeitura Municipal de São Carlos indica para destinação final de pilhas e baterias, o descarte do material junto aos pontos de coleta do Programa Real de Reciclagem de Pilhas e Baterias, Papa-Pilhas, que recolhe pilhas e baterias portáteis usadas e se encarrega de sua reciclagem. De acordo com o PMSB, todas as pilhas e baterias recolhidas pelo Papa Pilhas são enviadas para a recicladora Suzaquim Indústrias Químicas Ltda, localizada em Suzano/SP, onde as pilhas e baterias são desencapadas e seus metais queimados em fornos industriais de alta temperatura.
- Sob responsabilidade da Coordenadoria de Meio Ambiente, a Prefeitura Municipal tem ações para descontaminação de lâmpadas fluorescentes, cuja licença ambiental pertinente foi obtida em janeiro de 2011. O sistema armazena os resíduos perigosos, como o mercúrio, que posteriormente são encaminhados para Paulínia para destinação final em Aterro Classe I.
- O projeto Recicl@tesc, Programa de Reciclagem Tecnológica de São Carlos, que coleta, reutiliza e recicla materiais dos produtos eletroeletrônicos descartados pelos habitantes de São Carlos e das cidades próximas. Promove a reutilização, através da remanufatura, de computadores em organizações que desenvolvem projetos de inclusão social e digital da população de baixa renda da cidade. O projeto também realiza as atividades de processamento dos resíduos gerados a partir de computadores pessoais: teste/triagem, desmanufatura, destinação para reuso do equipamento ou do componente e destinação para reciclagem. O programa tem apoio de instituições como empresas da cidade e da região, emissores de televisão e jornais de São Carlos, além da Prefeitura Municipal, todos os quais realizam doação de equipamentos. O responsável pelo Recicl@tesc é a Rede Social São Carlos com apoio do Senac São Carlos, em parceria com a Prefeitura Municipal. O projeto é, atualmente, o único ponto para recebimento de REEE no município (CASTRO, 2014).

Para o plano de ações do PMSB, tem-se a meta de implantar programa de coleta e destinação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, por meio da capacitação dos cooperados da coleta seletiva; assim como a de elaboração de um PMGIRS específico, o qual, conforme mencionado anteriormente, já está em processo de elaboração.

4.1.11 São Manuel

O município de São Manuel apresenta um PMGIRS em um formato diferente de todos os outros municípios analisados. O plano é apresentado em formato de uma legislação, em que o seu conteúdo é disposto em seções e artigos. O PMGIRS apresenta um diagnóstico insuficiente, tanto geral quanto à gestão de REEEs no município, mas apresenta diversos artigos que dispõem sobre como deverá ser o gerenciamento destes resíduos a partir da elaboração do plano.

Na seção XVI, art. 73 é decretado que deverão ser coletados por empresas especializadas REEEs “do tipo ou similares a televisores, geladeiras, celulares, telefones, computadores (a unidade central de processamento propriamente dita e todos seus periféricos como impressoras, monitores, teclados, mouses etc.), fogões, aspiradores de pó, ventiladores, congeladores, aparelhos de som, condicionadores de ar, batedeiras, liquidificadores, micro-ondas, dentre outros” (SÃO MANUEL, 2012). Portanto, a Prefeitura Municipal se exime da responsabilidade de coleta.

O PMGIRS define como responsabilidade dos geradores públicos e privados de REEEs as seguintes ações estratégicas

- Cobrar a implantação e a operacionalidade do sistema de logística reversa seja pelos fabricantes, comerciantes e importadores, por tipo de REEE, conforme PNRS;
- Firmar parcerias visando à entrega dos resíduos para os fabricantes, revendedores, comerciantes ou recicladores dentro de uma política de logística reversa, além de incentivar e capacitar as associações e/ou cooperativas de catadores para a correta reciclagem, quando esta for considerada tecnicamente e ambientalmente segura;
- Criar programas no âmbito municipal como o de Inclusão Digital que aceite doações de computadores para serem recuperados e distribuídos a instituições que os destinam ao uso em comunidades carentes.

Quanto aos Planos de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos de responsabilidade do gerador público e privado, o PMGIRS define o conteúdo mínimo para estes:

- A adequação do espaço físico das associações e/ou cooperativas de catadores para o recebimento e o manejo adequado deste tipo de material;

- A adequação dos PEVs existentes e os que serão implantados no futuro, para o recebimento deste tipo de material;
- A criação de Centros de Capacitação com a finalidade de promover a Inclusão Digital, conjugando cursos de reaproveitamento e requalificação do dito “lixo tecnológico”, visando prolongar o seu ciclo de vida, redirecionar o seu uso para públicos de menor poder aquisitivo e para instituições de caráter filantrópico, além de promover a inclusão digital com cursos de capacitação para diversas atividades do mundo do trabalho;
- A implementação de campanha de educação ambiental e de mobilização social para um descarte em locais preparados para o reaproveitamento e reciclagem desse tipo de resíduo e com uma destinação e disposição adequadas;
- A adequação dos procedimentos às diretrizes da Resolução CONAMA nº 401 de 2008, sobre pilhas e baterias

É estipulada uma meta até o final de 2015, em que deverão ser implementadas as iniciativas de mobilização e de informação da população e a estruturação de parcerias entre os gestores públicos e os privados visando soluções compartilhadas de encaminhamento dos REEEs para os fabricantes, revendedores, comerciantes ou recicladores.

4.1.12 Demais municípios

Os demais municípios da UGRHI 13 em que os PMGIRS foram analisados continham poucas informações relativas à gestão de REEEs, portanto o diagnóstico destes está resumido ao Quadro 5.

Quadro 5 - Diagnóstico da gestão de REEEs de acordo com o PMGIRS dos demais municípios da UGRHI 13.

Município	Diagnóstico	Metas propostas
Jaú	- Nenhuma ação.	- Implementar uma Lei Municipal de trate de resíduos passíveis de logística reversa. - Garantir a implementação e manutenção da logística reversa no âmbito do Município.
Ibaté	- Coleta de pilhas e baterias por algumas empresas particulares. - Pilhas, baterias e lâmpadas destinadas ao aterro sanitário em valas.	Nenhuma.
Ibitinga	-	-
Igaraçu do Tietê	- Parceria com empresa particular para destinação correta de lixo eletrônico. Materiais são descartados pela população em Ecopontos da empresa, que os recolhe e envia para a reciclagem.	- Implantação do sistema de coleta seletiva, com recolhimento de REEEs.
Itapuí	- Coleta de pilhas e baterias pela Secretaria de Educação nas escolas e unidades educacionais locais. - Destinação de todos os REEEs no aterro sanitário do município.	- Implantação de Ecopontos que recebam REEEs. - Criar parceria com outras municipalidades que desejem dar destinação correta a seus REEEs. - Criar campanhas de coleta e área de transbordo de REEEs.
Itirapina	- O município não possui projetos ou ações para o manejo adequado de REEEs	- Implantação de Ecopontos para entrega de pilhas e baterias em pontos estratégicos da cidade, como escolas, prédios públicos e comércio, com recolhimento mensal pela prefeitura
Macatuba	- As lâmpadas fluorescentes provenientes dos prédios públicos são armazenadas no almoxarifado central para posterior contratação de empresa especializada em coleta e destinação final. - O lixo eletrônico em geral é coletado por um projeto da Prefeitura e por alguns estabelecimentos comerciais. Sem informação sobre a destinação final destes.	- Criar procedimentos para recebimento de REEEs. - Dar a destinação adequada a REEEs. - Criar mecanismos legais de controle.
Nova Europa	- Não existe nenhuma ação, programa ou legislação da prefeitura para gerenciamento de REEEs.	- Implantação da coleta de REEEs, o qual deverá ser realizado de forma individual (sem misturar com a coleta seletiva), estocando os materiais nos barracões de reciclagem onde permanecerão até a definição do destino final mais adequado.
	- Coleta de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes são realizadas por alguns estabelecimentos. A destinação é desconhecida	
Ribeirão Bonito	- Não há coleta regular (apenas campanhas esporádicas para pilhas e baterias) de REEEs e a destinação final destes é desconhecida	- Implantação de programas de educação ambiental, coleta seletiva e ecopontos para REEEs. - Contratação de empresa especializada para o descarte adequado de resíduos perigosos/eletrônicos
Tabatinga	- Nenhuma ação.	- Implantação da coleta de resíduo eletroeletrônico, o qual deverá ser realizado de forma individual (sem misturar com a coleta seletiva), estocando os materiais nos barracões de reciclagem onde permanecerão até a definição do destino final mais adequado.
Torrinha	- A Prefeitura Municipal realiza coleta de pilhas, baterias e pequenos eletrônicos. A destinação final destes não é mencionada.	- Ajustar todo o sistema de logística reversa.

5 Conclusões

Através das revisões bibliográficas realizadas e do diagnóstico deste trabalho quanto à situação da gestão e gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos na UGRHI 13 – Tietê-Jacaré em face da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, podemos chegar às seguintes conclusões.

Não obstante a recente aprovação da PNRS, a qual se demonstra de extrema importância pelo estabelecimento de regras e prazos no país para a gestão dos resíduos sólidos, a implementação desta Lei ainda avança a passos lentos e encara diversos entraves. A realidade que percebemos é que nem todos os municípios apresentam ainda um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e, mesmo os que apresentam, estes muitas vezes são mal elaborados. As dificuldades se iniciam já na fase do diagnóstico, sendo que parte dos municípios nem mesmo possui dados ou informações sistematizadas de sua realidade, assim como no contexto dos planos de metas e ações muitas propostas são simplesmente vagas. Nesse aspecto, observa-se que em alguns locais a gestão de resíduos terá que se construir basicamente a partir do zero, no sentido de construir uma base de dados sólida, que possa embasar o planejamento da gestão de resíduos.

A PNRS também introduziu os importantes conceitos de responsabilidade compartilhada e logística reversa, os quais são essenciais para a destinação adequada dos resíduos através do trabalho de todos os atores envolvidos na cadeia, incluindo, além dos fabricantes, o setor público, o comércio e os consumidores. No entanto, o avanço tímido de iniciativas de logística reversa e a lentidão de evolução dos acordos setoriais representam entraves na implementação do que está previsto na legislação. Constatou-se neste trabalho que, mesmo com o ordenamento legislativo, o ônus do gerenciamento de REEEs ainda recai muito sobre o poder público. Como previsto na PNRS, os municípios podem desempenhar funções no sistema de logística reversa, mas devem ser devidamente remunerados pelo setor privado responsável, o que como verificado dificilmente acontece. O papel principal do poder municipal seria articular os agentes econômicos e sociais, podendo ter participação ativa na disseminação de informação e educação ambiental.

Por último, constatamos que a participação social é indispensável nesses processos, assim como a colaboração dos atores que constituem partes interessadas na gestão dos

resíduos sólidos. A população dos municípios, além de representarem o alicerce para a elaboração das políticas públicas sem os quais não se elabora uma estratégia municipal de gestão de resíduos eficiente, é também a interface, como consumidores, entre as porções direta e reversa da cadeia dos REEEs, e tem o dever de agir conscientemente, não apenas destinando seus resíduos de forma correta, mas praticando e contribuindo para alternativas mais desejáveis de gestão, como o reuso, reciclagem e remanufatura. A reavaliação de hábitos e padrões de consumo, que constituem os verdadeiros estímulos à produção, pode permitir uma grande redução na quantidade de resíduos gerados.

6 Referência Bibliográficas

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Brasília: ABDI, nov. 2012. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em: 10 mai 2017.

AGUDOS. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Agudos, 2012. 243 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

ARARAQUARA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Araraquara, 2013. 371 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

AREALVA. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Arealva, 2012. 72 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004:2004. 71 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8.419: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. Waste Management & Research, Vol. 25, No. 4, 2007, p. 307-318.

BALDÉ, C.P.; WANG, F.; KUEHR, R.; HUISMAN, J. The global e-waste monitor – 2014, United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany. 2015.

BARIRI. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Bariri, 2015. 132 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BAURU. Plano Municipal de Saneamento Básico: variável limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Prefeitura Municipal de Bauru, 2014. 69 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BOCAINA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Bocaina. Prefeitura Municipal de Bocaina, 2012. 75 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BORACÉIA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Boracéia. Prefeitura Municipal de Boracéia, 2015. 117 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BROTAS. Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Brotas, 2014. 42 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BRASIL. Lei no 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de

21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2007, p. 3, col. 1. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm> Acesso: 20 abr 2017.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Planalto, Casa Civil, DOU 3 ago. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 20 abr 2017.

CASTRO, M.A.S. Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e proposta de modelo em um contexto de *Green Supply Chain Management*. 2014. 326 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Agenda 21. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global> Acesso em: 20.mai. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Inventário Estadual de resíduos sólidos urbanos 2014. Coordenação Cristiano Kenji Iwai, Maria Heloisa P. L. Assumpção. São Paulo, 2015. 126 p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 401, de 04 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, nº 215, 05 nov 2008, p. 108-109.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 452, de 02 de julho de 2012. Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 jul 2012, p.84.

CROWE, M.; ELSE, A.; GÖPFERT, B.; MERTINS, L.; MEYER, T.; SCHMID, J.; SPILLNER, A.; STRÖBEL, R. Waste from electrical and electronic equipment (WEEE): quantities, dangerous substances and treatment methods. Europe Environment Agency, 37 p, 2003.

DIAS, S.L.F.G., PRAGANA, V.R., DOS SANTOS, M.C.L. Catadores: uma reflexão sobre os aspectos socioambientais da gestão de Resíduos dos Equipamentos Eletroeletrônicos. In: Carvalho, T.C.M.B., Xavier, L.H. (orgs). Gestão de Resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 149-164. 2014.

DA SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. de. Resíduos eletrônicos no Brasil. 2007. LIXO ELETRÔNICO. Disponível em < <http://lixoeletronico.org/pagina/pesquisa/>> Acesso em: 12 mai 2017.

DEMAJOROVIC, J., MIGLIANO, J. Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. Gestão & Regionalidade, 29(87), 64- 80, set/dez. 2013.

EU. Directive 2002/96/EC of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) — joint declaration of the European parliament, the council and the commission relating to article 9. Official Journal L037:0024-39, 2002.

FRANCO, R. G. F. Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2008.

IACANGA. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Iacanga. Prefeitura Municipal de Iacanga, 2013. 225 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

IBATÉ. Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Ibaté - SP. Prefeitura Municipal de Ibaté, 2016. 398 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

IBITINGA. Plano de Municipal Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Ibitinga, 2015. 156 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

IGARAÇU DO TIETÊ. Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Igarçu do Tietê, 2012. 30 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 10 mai 2017.

ITAPUÍ. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Itapuí, 2013. 64 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

ITIRAPINA. Diagnóstico do Plano Diretor de Saneamento Básico do Município de Itirapina. Prefeitura Municipal de Itirapina, 2013. 169 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

JAÚ. Plano Municipal de Saneamento Básico. Prefeitura Municipal de Jaú, 2013. 592 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

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

LENÇÓIS PAULISTA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Lençóis Paulista. Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista, 2013. 202 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

LIM, S-R.; SCHOENUNG, J. M. Toxicity potentials from waste cellular phones, and a waste management policy integrating consumer, corporate, and government responsibilities. Waste Management, vol. 30, p. 1653–1660. 2010

MACATUBA. Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Macatuba, 2013. 50 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

MARTILHO, M. C. Subsídios à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos – Diagnóstico do Município de Piracicaba. Dissertação do curso de Mestrado da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas – SP, 2012.

NOVA EUROPA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Nova Europa, 2015. 185 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development). EPR Policies and Product Design: Economic Theory and Selected Case Studies. ENV/EPOC/WGWPR(2005)9/FINAL. Paris, 2006.

PEDERNEIRAS. Plano Municipal de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos de Pederneiras. Prefeitura Municipal de Pederneiras, 2011. 231 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

RIBEIRÃO BONITO. Plano Diretor de Saneamento Básico do Município de Ribeirão Bonito. Prefeitura Municipal de Ribeirão Bonito, 2013. 363 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

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

RODRIGUES, A. C. Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo, 2007.

SÃO CARLOS. Plano Municipal de Saneamento – São Carlos/SP. Prefeitura Municipal de São Carlos, 2012. 421 p. Disponível em: < <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/PMSSanCa/PMSSanCa%20-%20Relatorio%20FINAL-%20MAR2012.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2017.

SÃO MANUEL. Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de São Manuel. Prefeitura Municipal de São Manuel, 2013. 61 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862>>. Acesso em: 15 mai 2017.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. Disponível em: http://www.saneamento.sp.gov.br/Arquivos/Decretos/Arquivo%203%20-%20Politica%20estadual%20de%20RS%20-%202006_Lei_12300.pdf
Acesso em: 15 mai 2017.

SÃO PAULO. Lei Nº 13.576, de 6 de julho de 2009. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. 2009a. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13576-06.07.2009.html>>. Acesso em: 10.mai.2017.

SÃO PAULO. Lei Nº 54.645, de 05 de agosto de 2009b. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.300 de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e altera o inciso I do artigo 74 do Regulamento da Lei nº 997, de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 1976. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/decretos/decreto-estadual-n-54-645/>>. Acesso em: 10.mai. 2017.

SÃO PAULO. Resolução SMA-045 de 23 de junho de 2015. Define as diretrizes para implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas.. DOE de 24-06-2015.

Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-45-2015/> >.

Acesso em: 15 jun. 2017.

SCHALCH, V.; CASTRO, M.A.S.; CÓRDOBA, R.E. Tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos (apostila). São Carlos: EESC-USP, 51p. 2014

SILVA, B. D. da; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. de. Resíduos eletrônicos no Brasil. 2007. LIXO ELETRÔNICO. Disponível em < <http://lixoeletronico.org/pagina/pesquisa/> > Acesso em: 13 nov. 2010.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Relatório Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, Ano Base 2012. Disponível em: <http://goo.gl/h4ViFK>. Acesso em mar 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR) (Brasil). Logística Reversa. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>>. Acesso em 25 de maio de 2017.

SEPÚLVEDA, A.; SCHLUEP, M.; RENAUD, F.G.; STREICHER, M.; KUEHR, R.; HAGELÜKEN, C.; GERECKE, A.C. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipment during recycling: Examples from China and India. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 30, n. 1, p. 28-41. 2010.

TABATINGA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Prefeitura Municipal de Tabatinga, 2014. 92 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862> >. Acesso em: 15 mai 2017.

TORRINHA. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Torrinhense. Prefeitura Municipal de Torrinhas, 2014. 286 p. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/residuos-solidos/planos-de-residuos-solidos/#1493128386266-14a1c452-2862> >. Acesso em: 15 mai 2017.

TUNDISI, J. G., MATSUMURA-TUNDISI, T., PARESCHI, D. C., LUZIA, A. P., Von Haeling, P. H., & Frollini, E. H. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.

UNEP (United Nations Environment Programme); UNU (United Nations University). Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies: recycling from e-waste to resources. Final Report, 2009

WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMAN, M.; BÖNI, H. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, n. 5, p. 436-458. 2005