

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Programa de Pós-graduação em
Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos**

**PROTOCOLO DE REFERÊNCIA PARA GESTÃO DE
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E
ELETRÔNICOS DOMÉSTICOS PARA O MUNICÍPIO
DE BELO HORIZONTE**

ROSANA GONÇALVES FERREIRA FRANCO

Belo Horizonte

2008

ROSANA GONÇALVES FERREIRA FRANCO

**PROTOCOLO DE REFERÊNCIA PARA GESTÃO DE
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E
ELETRÔNICOS DOMÉSTICOS PARA O MUNICÍPIO
DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Orientadora: Profa. Liséte Celina Lange

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2008

**A minha mãe,
Deusdete Maria Camargo Ferreira (DEUSA),
pelo seu amor em todos os momentos
de minha vida.**

**A minha grande e inesquecível amiga,
Maria Rita Silva,
*sempre presente.***

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela criação da natureza.

À minha orientadora e amiga, Prof^a. Liséte Celina Lange, pelo carinho, incentivo e dedicação. Partimos de uma pequena idéia e conseguimos uma grande conquista.

À Universidade Federal de Minas Gerais.

Aos meus filhos, Murilo Filipe e Maira Gabriela, que souberam compreender as minhas ausências.

Ao meu marido, Murilo, pelo carinho, dedicação e sua grande paciência.

Ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A presente pesquisa propõe um protocolo de gerenciamento para resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) no município de Belo Horizonte. Para alcançar o objetivo proposto, o trabalho subdividiu-se em três fases. Na primeira, foi quantificada a geração de resíduos de equipamentos elétricos eletrônicos adotados como unidade de estudo, a saber: geladeiras e *freezers*, televisores, computadores e telefones celulares. Esses equipamentos foram escolhidos face a disponibilidade de dados sobre domicílios de Minas Gerais que possuem tais equipamentos, por estarem em crescente volume de vendas e apresentarem potencial tóxico ao meio ambiente quando descartados inadequadamente. Na segunda fase, foram feitas visitas e entrevistas aos atores envolvidos na cadeia pós-consumo desses equipamentos. A fase final foi a elaboração do protocolo propriamente dito. Adotou-se como metodologia a pesquisa quantitativa, a pesquisa qualitativa exploratória e a pesquisa qualitativa descritiva. A pesquisa quantitativa foi usada para quantificar os resíduos gerados, a exploratória para proporcionar ao pesquisador maior familiaridade com o assunto e a descritiva objetivou conhecer e interpretar a realidade sem nela interferir para modificá-la. A estimativa de geração de 153.000 toneladas de resíduos para o período de 2008 a 2023, conforme apurou-se neste estudo, mostra a necessidade de se estabelecer um sistema de gerenciamento de REEE para o município de Belo Horizonte. Os resultados ressaltaram que a principal destinação dada pelos consumidores particulares para o descarte desses resíduos é a doação, o que não implica destinação adequada dos mesmos, uma vez que esta alternativa pode ser interpretada como uma maneira de transferir o problema para o outro usuário. As visitas às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, as empresas que comercializam sucatas e ao aterro sanitário municipal comprovam que esse material existe em grande quantidade e o gerenciamento ambientalmente adequado é inexistente no município. Buscou-se, na elaboração do protocolo de gerenciamento, propor adaptações no sistema de limpeza urbana já existente no município, proporcionando, assim, não apenas baixos custos para a implementação das ações constantes no protocolo, bem como o estabelecimento de parcerias com as cooperativas de catadores, viabilizando a inclusão social. Concluiu-se que o protocolo de gerenciamento desenvolvido e proposto nesta pesquisa poderá nortear não só o município de Belo Horizonte, mas também outros municípios brasileiros no gerenciamento adequado desses resíduos, contribuindo não apenas para a diminuição dos impactos causados pelo descarte inadequado, como também agregando maior valor de venda aos materiais triados.

Palavras-chave: resíduo eletrônico, reciclagem, protocolo de gerenciamento de REEE, gerenciamento de resíduos.

ABSTRACT

This research main objective is to propose a management protocol for waste electric and electronic equipment to Belo Horizonte city. In order to reach that, this study was divided in three different phases. In the first was quantified the volume of residuals generated from electric and electronic equipment adopted as unit of study: refrigerators, freezers, televisions, computers and mobile telephones. Those equipment were chosen based on data availability from Minas Gerais domiciles, because they are growing in sales volume and have potential toxic to the environment when improperly discarded too. In the second phase, interviews and visits were made to the actors involved in post-consumer chain of such equipment. The third and last phase was the drafting of the management protocol itself. In terms of methodology a quantitative research approach was adopted, as well as exploratory qualitative and descriptive qualitative. The quantitative research allowed quantifying the volume of waste generated. The exploratory qualitative provided to the researcher to be acquainted with the subject, and the descriptive qualitative allowed to know and interpret the reality without interfering in it to modify it. The estimation of 153.000 tons of waste generated from those equipment for the period 2008 to 2023, as calculated in this study, shows the necessity of establishing a management system to WEEE. The research results highlighted that the main destination given by consumers for the disposal of such waste is the donation, which does not imply a suitable destination to that waste, since this alternative may be interpreted as a way to transfer the problem to another user. The visits to cooperatives of recyclable materials collectors, to companies that sell those and municipal landfill prove that this waste occurs in large scale and there is no appropriate environmental management in the city. In this manner the purpose on drafting the management protocol was to propose adjustments in the current municipal system of urban cleaning, allowing not only lower costs to implement the actions comprised in the protocol, but also the establishment of partnerships with cooperatives of recyclable materials collectors, enabling social inclusion. It was concluded that the protocol developed and proposed in this research can guide not only the city of Belo Horizonte, but also other Brazilian municipalities in the proper management of such waste, contributing not only to reduce the impacts caused by the improper disposal of it, but also adding more value to the sales price of those sorted materials.

Keywords: waste electronic, recycling, management protocol WEEE, waste management

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Acrilonitrila-butadienoestireno
AMAS	Associação Municipal de Assistência Social
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
BFR	<i>Brominated Flame Retardants</i> (Retardantes de Chama Bromados)
CADRI	Certificado de Aprovação para Destinação de Resíduos Industriais
CCMR	Cooperativas de catadores de materiais recicláveis
CDI	Comitê para Democratização da Informática
CEMP	Centro de Memória e Pesquisa
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFC	Clorofluorcarbono
CMRR	Centro Mineiro de Referência em Resíduo
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unidade Central de Processamento)
CRC-BH	Centro de Recondicionamento de Computadores de Belo Horizonte
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i> (tubo de raio catódico)
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
CTRS	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
EAESP	Escola de Administração de Empresas de São Paulo Escola de Administração de Empresas de São Paulo
EEE	Equipamentos elétricos e eletrônicos
EIC	Escolas de Informática e Cidadania
ELETROS	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental)
EUA	Estados Unidos da América
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GMC	Grupo de Mercado Comum

GREE	Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
HFCF	Hidrofluorcarbono
Hg	Mercúrio
HIPS	Poliéster de alto impacto
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDS	Indicadores de Desenvolvimento Sustentáveis
IPMI	International Precious Metal Institute
ISO	<i>International Standart Organizarion</i>
IT	Informação tecnológica
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> (Mostrador de cristal líquido)
LED	<i>Light Emitting Diodes</i> (Diodos emissores de luz)
LEV	Locais de entrega voluntária
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
ODS	<i>Ozone Depleting Substances</i> (Substâncias destruidoras da camada de ozônio)
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> (Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento)
PBDE	Éter difenil polibromados
PC	<i>Personal computer</i> (computador pessoal)
PCB	Bifenilas policloradas
PCI	Placa de Circuito Impresso
PDO	Potencial de destruição da camada de ozônio
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PPE	Polietileno éter
PPO	Óxido polietileno
PRODABEL	Programa de Desenvolvimento de Informática, Informações e Dados de Belo Horizonte
PVC	Policloreto de vinila
RC	Retardantes de Chama
REEE	Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
REMA	Reunião Especializada em Meio Ambiente
REP	Responsabilidade estendida do produtor

RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SayDS	<i>Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación</i> (Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável para a Nação)
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
S.EN.S	<i>Swiss Foundation for Waste Management</i> (Fundação Suíça para a Gestão de Resíduos)
SIAM	Sistema de informação ambiental
SLTI	Secretária de Logística e Tecnologia da Informação
SLU	Serviço de Limpeza Urbana
SWICO	<i>Swiss Association for Information, Communication and Organization Technology</i> (Associação de Informação, Comunicação e Organização Tecnologia da Suíça)
TV	Televisão
UE	União Européia
URPV	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes
USGS	United States Geological Survey
VAF	Valor agregado fiscal
WEEE	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 - Materiais básicos usados na manufatura de refrigeradores, computadores e televisores.....	22
Figura 3.2 - Consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio, segundo os setores consumidores (Brasil 1997–2003).....	25
Figura 3.3 - DynaTAC 8000X da Motorola.....	32
Figura 3.4 - Componentes básicos dos telefones celulares.....	33
Figura 3.5 - IBM PC 5150 / 1981.....	35
Figura 3.6 - Fluxograma do ciclo de vida do EEE.....	40
Figura 3.7 - Fluxograma simplificado para reciclagem de produtos eletrônicos.....	44
Figura 3.8 - Placas de circuito impresso.....	47
Figura 3.9 - Equipamentos eletrônicos que usam retardantes de chama bromados.....	49
Figura 3.10 - Opções de reciclagem para plásticos de resíduos EEEs.....	51
Figura 3.11 - Separador <i>Eddy Current</i> modelo <i>Steinert</i>	53
Figura 3.12 - Esquema de reciclagem de televisores no Japão.....	53
Figura 3.13 - Processo de recuperação de metais preciosos.....	54
Figura 3.14 - Foco de atuação da logística reversa.....	58
Figura 3.15 - Sistema de coleta de REEE na Bélgica.....	61
Figura 3.16 - Sistema de coleta até a transformação em matéria-prima secundária dos REEEs na Suíça.....	63
Figura 3.17 - Locais de entrega voluntária no município de Belo Horizonte.....	78
Figura 3.18 - Caminhão da coleta porta-a-porta no município de Belo Horizonte.....	79
Figura 4.1 - Desenho da pesquisa.....	83
Figura 4.2 - Regiões administrativas de Belo Horizonte.....	86
Figura 5.1 - Placas de circuito impresso embaladas para comercialização.....	101
Figura 5.2 - Motores elétricos desmontados.....	102
Figura 5.3 - Resíduos eletrônicos em sucateiros.....	103
Figura 5.4 - Material doado por empresas a cooperativas de catadores.....	104
Figura 5.5 - Desmonte de EEE para retirada do cobre do motor elétrico.....	105
Figura 5.6 - Caixas eletrônicos aguardando desmonte em cooperativa de catadores..	106
Figura 5.7 - Placas de circuito impresso separadas nas cooperativas de catadores.....	106

Figura 5.8 - Centro de Recondicionamento de Computadores de Belo Horizonte.....	109
Figura 5.9 - Máquinas aguardando vistoria.....	109
Figura 5.10 - Sala de manutenção de computadores.....	110
Figura 5.11 - Sala de instalação dos <i>softwares</i> e jovens aprendizes.....	110
Figura 5.12 - Limpeza e montagem dos <i>kits</i>	111
Figura 5.13 - Sala de aula do CDI-BH.....	112
Figura 5.14 - Bancada de conserto de computadores.....	113
Figura 5.15 - Material pronto para serem disponibilizados para inclusão digital no CDI-BH.....	113
Figura 5.16 - Material aguardando descaracterização.....	115
Figura 5.17 - Trituradores para descaracterização dos materiais.....	118
Figura 5.18 - Modelo de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos para o município de Belo Horizonte.....	128
Figura 5.19 - Recipiente para pequenos equipamentos.....	130
Figura 5.20 - Recipiente usado em Portugal, “electrão”, para equipamentos com até 55 cm.....	130
Figura 5.21 - Recipientes para 90 e 450 Kg.....	131
Figura 5.22 - Esquema de triagem de televisores e computadores.....	131
Figura 5.23 - Esquema de triagem de refrigerador e ar-condicionado.....	132
Figura 5.24 - Esquema de triagem de telefones móveis e pequenos eletrodomésticos.....	132
Figura 5.25 - Bancada de descaracterização de REEE.....	133
Figura 5.27 - Fluxograma simplificado do processo de recebimento e descaracterização dos REEEs.....	134
Gráfico 5.1 – Destino dado aos aparelhos eletrodomésticos ao final da primeira vida útil.....	98
Quadro 3.1 - Categorias definidas para equipamentos eletroeletrônicos.....	20
Quadro 3.2 - Composição das diferentes partes do CRT.....	29
Quadro 3.3 - Metais pesados presentes nos componentes de televisor (g/Kg).....	30
Quadro 3.4 - História e evolução dos telefones celulares.....	31
Quadro 3.5 - Substâncias presentes em telefones celulares.....	34

Quadro 3.6 - Substâncias presentes nos computadores pessoais	36
Quadro 3.7 - Substâncias tóxicas relevantes utilizadas nos REEEs e seus efeitos à saúde.....	37
Quadro 3.8 - Resinas usadas em vários produtos eletrônicos.....	49
Quadro 3.9 - Iniciativas que tentam resolver os problemas relacionados aos REEEs.	67
Quadro 3.10 - Lista de resíduos especiais de geração universal (Anexo D).....	69
Quadro 3.11 - Análise da abordagem de REE nas políticas de resíduos sólidos de nove estados brasileiros.....	74
Quadro 4.1 - Equipamentos selecionados para estudo.....	84
Quadro 4.2 - Perfil das regiões administrativas.....	87
Quadro 4.3 - Síntese dos métodos de coleta de dados.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Metais e não-metais presentes nos REEEs domésticos de pequeno porte.....	23
Tabela 3.2 - Substâncias presentes em refrigeradores e <i>freezer</i> (modelo 1995).....	24
Tabela 3.3 - Consumo das substâncias destruidoras da camada de ozônio (Brasil 1992-2003).....	26
Tabela 3.4 - Domicílios particulares com televisão.....	27
Tabela 3.5 - Materiais usados na fabricação de televisores.....	28
Tabela 3.6 - Composição da matéria-prima para produção de telas e cones.....	45
Tabela 3.7 - Composição típica de um resíduo de PCI.....	48
Tabela 3.8 - Participação na execução de serviços PBH/SLU e contratadas.....	77
Tabela 3.9 - Resíduos destinados à reciclagem em Belo Horizonte no ano de 2007....	78
Tabela 3.10 - Coleta seletiva de papel, metal, plástico e vidro, segundo a origem e em massa (tonelada/ano de 2007).....	80
Tabela 5.1 - Estimativa do potencial geral dos REEEs.....	93
Tabela 5.2 - Peso dos materiais presentes nos resíduos de aparelhos de refrigeração.	94
Tabela 5.3 - Peso dos materiais presentes nos resíduos de aparelhos de televisão.....	94
Tabela 5.4 - Peso dos materiais presentes nos resíduos de computadores pessoais....	95
Tabela 5.5 - Frequência com que os consumidores particulares trocam os aparelhos de telefonia celular, computadores pessoais, refrigeradores e televisores.....	97
Tabela 5.6 - Quantidade de televisores em uso por domicílio entrevistado.....	99

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos	19
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
3.1 Caracterização dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.....	200
3.1.1 Definição de equipamentos elétricos e eletrônicos.....	20
3.1.2 Definição de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos	21
3.1.3 Substâncias presentes nos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos	22
3.1.3.1 Substâncias presentes nos refrigeradores e <i>freezers</i>	23
3.1.3.2 Substâncias presentes nos televisores	27
3.1.3.3 Substâncias presentes nos telefones móveis.....	30
3.1.3.4 Substâncias presentes nos computadores	34
3.1.4 Substâncias tóxicas presentes nos REEEs	36
3.2 Possíveis destinos dos equipamentos elétrico e eletrônicos pós-consumo	39
3.2.1 Armazenamento.....	40
3.2.2 Reuso (segunda-vida)	40
3.2.3 Desmontagem para reutilização de componentes.....	41
3.2.4 Reciclagem dos REEEs.....	422
3.2.4.1 Reciclagem de tubos de raios catódicos.....	44
3.2.4.2 Reciclagem de placas de circuito impresso.....	46
3.2.4.3 Reciclagem dos polímeros (plásticos) presentes nos equipamentos elétricos e eletrônicos.....	48
3.2.4.4 Reciclagem dos metais e não metais presentes nos equipamentos elétricos e eletrônicos	51
3.2.5 Valorização energética.....	54
3.2.6 Disposição em aterros	55
3.2.7 Ferramentas de valorização ambiental do produto (<i>ecodesign</i> , ciclo de vida, logística reversa e responsabilidade estendida do produtor)	56
3.3 Levantamento da situação internacional.....	59
3.3.1. União Européia (UE)	59
3.3.2 Estados Unidos	64
3.3.3 Coreia.....	65
3.3.4 Mercado Comum do Sul (MERCOSUL).....	677
3.4 Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no Brasil.....	72
3.5 Gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Belo Horizonte.....	75
4 METODOLOGIA	82
4.1 Classificação da pesquisa.....	82
4.2 Desenho da pesquisa.....	82
4.3 Unidades de estudo – equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos.....	84
4.4 Diagnóstico do fluxo de REEE-domesticos no município de BH	85
4.4.1 Caracterização do município de BH.....	85

4.4.2 Identificação dos atores envolvidos no fluxo de REEE.....	88
4.5 Coleta de dados	900
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
5.1 Quantidade estimada de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.....	92
5.2 Situação do fluxo dos REEEs no município de Belo Horizonte	95
5.2.1 Consumidores particulares	95
5.2.2 Empresas que comercializam materiais recicláveis (sucateiros).....	100
5.2.3 Cooperativas de catadores de materiais recicláveis.....	103
5.2.4 Organizações assistenciais de inclusão digital	108
5.2.5 Empresas de triagem e descaracterização de equipamentos eletrônicos	114
5.2.6 Local de disposição final.....	120
5.2.7 Órgãos gestores federais, estaduais e municipais.....	121
5.3 Proposta para um protocolo de referência para gestão dos REEEs para o município de Belo Horizonte	123
5.3.1 Fatores a serem analisados em um plano de gerenciamento de resíduos sólidos.....	123
5.3.1.1 Características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos.....	123
5.3.1.2 Identificação e análise das disposições legais existentes (normas, regulamentações, etc.)	124
5.3.1.3 Identificação e descrição da estrutura administrativa dos serviços de limpeza urbana e respectivos recursos humanos.	1255
5.3.1.4 identificação, levantamento e caracterização da estrutura operacional dos serviços prestados.	125
5.3.1.5 Identificação, levantamento e caracterização da estrutura financeira.....	125
5.3.1.6 Levantamento e caracterização de ações ou programas de educação ambiental em desenvolvimento no município.....	126
5.3.2 Protocolo de referência para o gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos para o município de Belo Horizonte	126
6 CONCLUSÕES.....	137
7 RECOMENDAÇÕES.....	140
REFERÊNCIAS	141
APÊNDICES E ANEXOS.....	148

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2007), no primeiro semestre de 2007 o mercado de computadores pessoais (PCs), no Brasil, atingiu 4,3 milhões de unidades, 20% acima na comparação com o período de 2006 (3,6 milhões de unidades). Para os *notebooks*, a taxa de crescimento foi mais expressiva, 146%, totalizando 617 mil unidades.

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2006 (IBGE, 2006), os domicílios particulares com existência de computadores pessoais totalizavam 12,1 milhões de unidades; com televisores, 50,8 milhões; e com geladeiras e *freezer*, 57,7 milhões.

A Agência Nacional de Telecomunicações divulgou, no dia 16 de outubro de 2008¹, que no Brasil a telefonia móvel chegou a 140 milhões de assinantes e a teledensidade, indicador utilizado internacionalmente para demonstrar o número de telefones em serviço a cada grupo de 100 habitantes, em Belo Horizonte, é de 102,02, o que coloca o município no terceiro no *ranking* nacional.

Considerando que os computadores pessoais possuem vida útil de cinco anos e os telefones celulares de dois anos, pode-se estimar que nos anos de 2012 e 2010 o Brasil terá uma geração de resíduos de aproximadamente 12,1 milhões de unidades a serem descartadas somente de PCs e 140 milhões de unidades de aparelhos de celular.

Esse descarte gera um tipo específico de resíduo sólido urbano, os denominados resíduos tecnológicos, lixo *high teck*, e-lixo ou resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).

A preocupação dos impactos ambientais desses resíduos se justifica pelo fato de que entre os componentes dos dispositivos eletrônicos existem substâncias e materiais tóxicos como chumbo, cádmio, mercúrio, bifenilas policloradas (PCBs) e éter difenil polibromados

¹ www.anatel.gov.br

(PBDE), entre outros, assim como materiais que, ao serem incinerados em condições inadequadas, são percussores na formação de outras substâncias tóxicas como as dioxinas e os furanos (ROMAN, 2007).

Estudos apresentados por Rodrigues (2007) sobre o potencial de geração de REEE no Brasil para 2002 a 2016 mostraram média anual de geração que corresponde a 493.400 toneladas, representando esse total a média *per capita* de 2,6 kg/ano. A autora considera esta média *per capita* significativa, uma vez que a estimativa abrangeu somente uma parte das categorias de equipamentos elétricos e eletrônicos.

Em Belo Horizonte, os dados desta pesquisa estimam a geração de resíduos de 152.772 toneladas entre os anos de 2010 e 2023, somente entre aparelhos de refrigeração, televisores, computadores pessoais e telefones celulares, o que leva a pensar em uma quantidade maior de geração de resíduos.

Esse número expressivo de posse de bens de consumo duráveis induziu a questionar sobre o destino dado a esses produtos quando não mais úteis a seus possuidores; como esses resíduos estavam sendo gerenciados e por que esses resíduos necessitam de uma gestão especial. Assim, definiu-se o questionamento central desta pesquisa: **como os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos estão sendo gerenciados no município de Belo Horizonte?**

Em função da consolidação do problema central enfocado, definiu-se, então, o objetivo principal deste estudo, que foi **propor um protocolo de referência para o gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte.**

Para atender a essa questão central deste estudo, cumprindo, assim, o seu objetivo principal, foi necessário buscar respostas para vários problemas específicos, de forma a possibilitar a construção gradativa de conhecimento que viesse sustentar uma resposta ao problema central.

Dessa forma, foi necessário determinar a geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município. Nesse momento deparou-se com a primeira dificuldade: a

ausência de dados sobre a posse de equipamentos eletrônicos por domicílios, o que conduziu a um cálculo estimado de geração, pois os dados foram retirados da PNAD e a mesma fornece somente os dados por regiões metropolitanas.

Em um segundo momento, partiu-se para a determinação do fluxo dos resíduos no município. Para tanto, foram visitados e entrevistados vários atores, a saber: consumidores particulares; empresas que comercializam materiais recicláveis; cooperativas de catadores de materiais recicláveis; organizações assistenciais que trabalham com inclusão digital; empresas de triagem e descaracterização; locais de disposição final; e órgãos gestores municipais, estaduais e federais.

Fatores como falta de registros sobre a quantidade de resíduos eletrônicos recebidos pelos setores que comercializam materiais recicláveis e caracterização dos mesmos junto ao resíduo sólido urbano dificultaram a precisão da pesquisa. No entanto, foram feitos registros fotográficos mostrando a existência desse material e o gerenciamento inadequado dos mesmos.

Para a elaboração do protocolo de referência, fez-se um levantamento da estrutura atual da coleta de resíduos sólidos no município. Procurou-se sugerir adequações ao atual sistema de coleta e gerenciamento de materiais recicláveis do município, evitando-se investimentos elevados.

Em relação à estruturação da dissertação, têm-se, ao todo, sete capítulos. O primeiro e o segundo referem-se à introdução e objetivos da pesquisa. O terceiro traz a revisão da literatura cujo levantamento se fez necessário desde a definição do que se tratavam os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos até o gerenciamento desses resíduos em diversos países, uma vez que não foram encontrados estudos semelhantes na literatura nacional.

A metodologia adotada encontra-se no capítulo quatro, envolvendo o desenho da pesquisa, as unidades de estudo e a metodologia de coleta de dados. Os resultados e discussões estão contidos no capítulo cinco e, por fim, as conclusões e recomendações nos capítulos seis e sete, respectivamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor um protocolo de referência para o gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar a geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos selecionados para o estudo.
- Estimar a quantidade e o peso dos materiais recicláveis presentes nesses resíduos.
- Identificar o atual destino dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Caracterização dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

3.1.1 Definição de equipamentos elétricos e eletrônicos

A Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu no seu artigo 3º define equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) como:

Os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua (PARLAMENTO EUROPEU, 2003a).

No QUADRO 3.1 são apresentadas as categorias definidas dos equipamentos eletroeletrônicos segundo a Diretiva 2002/95/CE.

QUADRO 3.1
Categorias definidas para equipamentos eletroeletrônicos

Nº	CATEGORIA	EXEMPLOS
1	Grandes eletrodomésticos	Geladeiras, máquinas de lavar roupa e louça, fogões, microondas.
2	Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores, torradeiras, facas elétricas, secadores de cabelo.
3	Equipamentos de informática e de telecomunicações	Computadores, laptop, impressoras, telefones celulares, telefones.
4	Equipamentos de consumo	Aparelhos de televisão, aparelhos DVD, vídeos.
5	Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes
6	Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Serras, máquinas de costura, ferramentas de cortar grama.
7	Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	Jogos de vídeo, caça-níqueis, equipamentos esportivos.
8	Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)	Equipamentos de medicina nuclear, radioterapia, cardiologia, diálise.
9	Instrumento de monitoramento e controle	Termostatos, detectores de fumo.
10	Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de dinheiro, bebidas, produtos sólidos.

Fonte: Adaptado do Anexo I A, Parlamento Europeu (2003b).

No Brasil, os EEEs, conforme a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS), são divididos em três linhas:

- **Linha Branca:** refrigeradores; *freezers* verticais; congeladores e conservadores horizontais; lavadoras automáticas; lava-louças automáticas; secadoras de roupa; fogões.
- **Imagem e Som (linha marrom):** rádios-gravadores; sistemas de som; televisores em cores; videocassetes; digital videodisco (DVD); filmadoras; produtos das áreas de telecomunicações.
- **Portáteis:** aspiradores de pó; batedeiras de bolo; cafeteiras – filtro; espremedores de frutas; ferros de passar roupa; liquidificadores; secadores e modeladores de cabelo.

3.1.2 Definição de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

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.

De acordo com a Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu, definem-se REEEs como:

Os equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos, nos termos da alínea “a” do artigo 1º da Diretiva 75/442/CEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto no momento em que este é descartado (PARLAMENTO EUROPEU, 2003b).

No Brasil, é recente a preocupação com a geração desses resíduos, portanto, não se encontra na literatura uma definição específica. Em alguns projetos de Lei de Resíduos Sólidos, estes são denominados “resíduos tecnológicos”, podendo também ser encontrados como “produtos elétricos e eletrônicos pós-consumo” ou mesmo e-lixo. Nesta pesquisa, adota-se o termo “resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos” (REEE), por ser internacionalmente usado, em função das diretivas adotadas pela União Européia.

3.1.3 Substâncias presentes nos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

A composição dos REEEs é específica de cada equipamento, no entanto, segundo Crowe *et al.* (2003), podem ser abrangidas em seis categorias:

- ferro e aço, usados para gabinetes e molduras;
- metais não-ferrosos, especialmente cobres usados nos cabos e alumínio;
- vidros usados nas telas e mostradores;
- plásticos usados nos gabinetes, em revestimentos de cabos e para circuito impresso;
- dispositivos eletrônicos montados em circuito impresso;
- outros (borracha, madeira, cerâmica, etc.).

Em termos gerais, a composição dos materiais caracteriza-se pela elevada presença de metais (ferrosos e não-ferrosos), vidro e plástico. A FIG. 3.1 mostra a composição básica dos materiais usados na manufatura de refrigeradores, computadores e televisores.

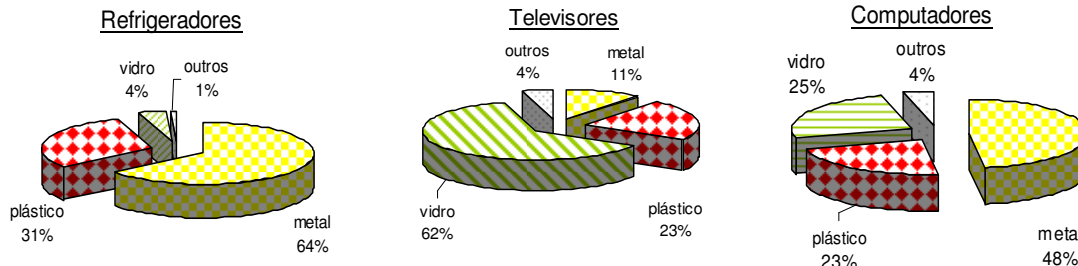


FIGURA 3.1 - Materiais básicos usados na manufatura de refrigeradores, computadores e televisores.

Fonte: Kang e Shoenung (2005).

De acordo com Kang e Schoenung (2005), os resíduos eletrônicos domésticos coletados nos Estados Unidos da América (EUA) são compostos, na maioria, por televisores, computadores e monitores e apresentam 49% em peso de metais, 33% em peso de plásticos, 12% em peso de tubos de raios catódicos (CRTs) e 6% de outros materiais. Por esses valores nota-se o potencial elevado de materiais recicláveis.

Dos materiais plásticos usados na manufatura EEE, aproximadamente 3% são de polímeros contendo nitrogênio, 13% de polímeros halogenados e 84% de polímeros C-H-O, sendo que a maioria dos plásticos usados em um computador pessoal é do tipo acrilonitrila-butadienoestireno (ABS) - (MENAD; BJORKMAN; ALLAIN, 1998).

De acordo com Morf *et al.* (2006), na Suíça os REEEs domésticos de pequeno porte, denominados S-WEEE, apresentam em sua composição as seguintes quantidades de metais e não-metais demonstrados na TAB. 3.1.

TABELA 3.1

Metais e não-metais presentes nos REEEs domésticos de pequeno porte

Elemento	Al	Sb	Pb	Cd	Cr	Fe	Cu	Ni	Hg	Zn	Sn	Cℓ	P
Quant. (mg/kg)	49.000	1700	2900	180	9900	360.000	41.000	10.300	0,68	5100	2400	9600	360

Fonte: Adaptado de Morf *et al.* (2006).

Metais valiosos como ouro, paládio, platina e prata são encontrados nas placas de circuito impresso presentes nos computadores pessoais (PCs) e telefones celulares (BERNARDES *et al.*, 1997; HOFFMAN, 1992; BERNARDES; LEE *et al.*, 1998 - *apud* LEE; SONG; YOO, 2007).

O vidro está presente, em maior quantidade, nos tubos de raio catódicos (CRT) presentes nos monitores de computador e nos televisores. Contém elementos como chumbo, cádmio, európio, selênio, zinco e ítrio em sua composição, dificultando, assim, sua reciclagem (CROWE *et al.*, 2003).

3.1.3.1 Substâncias presentes nos refrigeradores e *freezers*

Eletrodomésticos de grande porte como refrigeradores, *freezers*, fogões e lavadoras de roupas pertencem ao segmento industrial de linha branca. Esse tipo de indústria está presente no país desde o final da década de 40, resultado da política de substituição de importações de bens de consumo duráveis vigentes na época (MENDES; TOLEDO, 1993).

Uma das características do setor, em âmbito mundial, é o domínio de mercado por grandes empresas. No Brasil, os grandes produtores são *Whirlpool S.A.*, criada em 2006 com a

reorganização societária entre Multibrás S.A. Eletrodomésticos e Empresa Brasileira de Compressores S.A.; Embraco, detentora das marcas Brastemp e Cònsul; Electrolux, com produtos comercializados através de 300 diferentes marcas, entre elas *Frigidaire* e *White Westinghouse*; e a empresa *Bosch*, cujos produtos são divididos em três marcas, *Continental*, *Bosch* e *Siemens*.

Como mostrado na TAB. 3.2, os refrigeradores são constituídos de materiais que podem ser reciclados e têm elevado valor comercial, alguns com características tóxicas quando descartados incorretamente.

TABELA 3.2

Substâncias presentes em refrigeradores e *freezer* (modelo 1995)

SUBSTÂNCIA	% EM PESO	PESO (kg)*	USO	TOXICIDADE
metal	64,6	41,3		
plástico	30,5	19,5	Invólucro e armação	Não
vidro	4,04	2,6		
óleo	0,19	0,12	Lubrificação	Contaminado com gás refrigerante – sim
PCBs	Pequena quantidade		Capacitor	Sim
CFC-11	0,4	0,25	Expansor da espuma de isolamento	Sim
CFC-12	0,21	0,13	Gás refrigerante (em processo de substituição)	Sim
Mercúrio	0,001	0,0006	Reles e interruptor	Sim
Total.....	99,9	63,9		

*peso médio de refrigeradores: 64 kg.

Fonte: Adaptado de US-EPA (2008).

Refrigeradores e congeladores fabricados antes de 1995 usam como gás refrigerante o clorofluorcarbono (CFC). Assim como o ar-condicionado com hidrofluorcarbono (HFCF), ambos são considerados substâncias que destroem a camada de ozônio, do inglês *ozone depleting substances* (ODS), controladas pelo Protocolo de Montreal (US-EPA, 2008).

Como mostrado na FIG. 3.2, a indústria de refrigeração é a maior consumidora das ODS, no entanto, a fabricação de produtos que utilizam esses gases está proibida em território

nacional desde 1999. Para o reparo de produtos antigos como geladeiras, equipamentos de ar-condicionado, balcões refrigeradores, geralmente se importava o CFC, o que também se tornou proibido a partir de 2007 – IDS Brasil (IBGE, 2004).

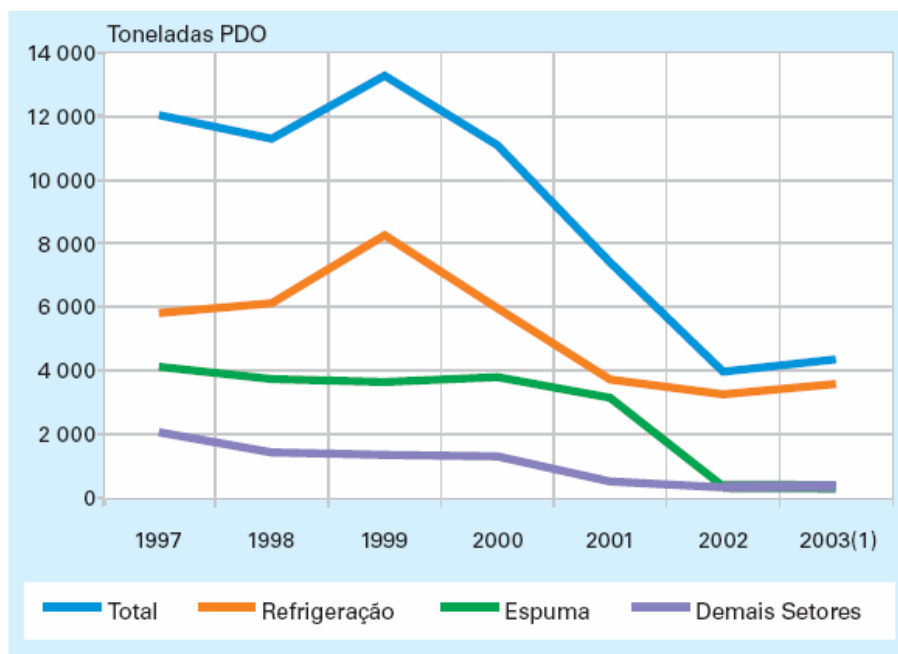


FIGURA 3.2 - Consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio, segundo os setores consumidores (Brasil, 1997–2003).

Fonte: IBGE (2004).

Nota: Tonelada PDO = tonelada de potencial de destruição da camada de ozônio (1t PDO = 1t de CFC-11 ou CFC-12).

(1) Dados preliminares sujeitos à retificação.

Segundo dados do Plano Nacional de Eliminação do CFC (2004), havia, no Brasil, 30 milhões de refrigeradores que usam CFC, além dos equipamentos de ar-condicionado e de outras máquinas de refrigeração, o que gera um novo mercado no país: o comércio de CFC recuperado.

A Resolução nº 267, do CONAMA (BRASIL, 2000a), proíbe, em território nacional, o uso de qualquer substância nociva à camada de ozônio e listada no Protocolo de Montreal. Recomenda o procedimento para retirada dessas substâncias:

Art. 7º: Em todo e qualquer processo de retirada de substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal, no local da instalação ou em oficinas de manutenção e reparo, os fluídos refrigerantes devem ser adequadamente recolhidos, acondicionados e posteriormente enviados para Centros de Reciclagem e Regeneração licenciados pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 2000).

Segundo o IBGE (2004), o Brasil vem reduzindo rapidamente o consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio, superando, inclusive, as metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal. O consumo diminuiu de 11,1 mil toneladas em 1992 para 4,3 mil toneladas em 2003, como mostrado na TAB. 3.3.

TABELA 3.3

Consumo das substâncias destruidoras da camada de ozônio (Brasil, 1992-2003)

Substâncias	Consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio (em toneladas PDO)											
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (1)
Total	11 198	11 654	11 852	12 114	12 176	12 031	11 292	13 279	11 099	7 413	3 976	4 356
CFC	9 360	9 818	10 751	10 880	10 872	9 812	9 546	11 618	9 278	6 230	3 000	3 281
CFC - 11	3 472	3 633	4 169	4 631	4 587	4 056	3 591	3 519	3 561	2 749	67	-
CFC - 12	5 617	5 999	6 405	6 125	6 190	5 715	5 901	8 052	5 668	3 450	2 895	3 250
CFC - 113	256	170	161	94	60	22	37	33	29	12	8	12
CFC - 114	10	11	11	20	25	9	13	9	17	19	30	19
CFC - 115	5	5	5	10	10	10	1	-	-	-	-	-
CFC - 211	-	-	-	-	-	-	-	3	5	3	-	-
TCA	750	764	623	297	144	85	-	97	-	-	-	-
HALON	62	36	20	20	22	22	15	10	-	5	20	5
HALON - 1211	12	6	-	-	2	2	-	-	-	2	-	-
HALON - 1301	50	30	20	20	20	20	15	10	-	3	20	5
CTC	-	-	-	-	-	958	656	662	767	163	-	68
HCFC	223	235	186	250	297	397	484	469	623	757	716	753
HCFC - 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HCFC - 22	223	235	186	250	297	316	336	326	373	350	405	400
HCFC - 123	-	-	-	-	-	-	1	5	-	1	1	-
HCFC - 124	-	-	-	-	-	-	2	2	1	1	1	-
HCFC - 141B	-	-	-	-	-	81	144	136	249	405	309	353
HCFC - 142B	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
HCFC - 225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brometo de Metila	803	801	272	667	841	757	588	420	431	258	239	249
Outros	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	1	-

Fonte: IBGE (2004).

Nota: Tonelada PDO = tonelada de potencial de destruição da camada de ozônio.

(1t PDO = 1t de CFC-11 ou CFC-12).

(1) Dados sujeitos à retificação.

Em *e-mail* enviado para o centro de pesquisa da Whirlpool S.A., a empresa informa que “deixou de produzir refrigeradores com este gás desde o ano 2000”. A Electrolux informou que não utiliza o CFC desde 1996.

3.1.3.2 Substâncias presentes nos televisores

A televisão é um dos aparelhos eletrônicos mais populares no Brasil. Os primeiros aparelhos chegaram ao Brasil em 1950 trazidos por Assis Chateaubriand e em 1954 surge o primeiro aparelho fabricado nacionalmente². Passados 58 anos desse avanço tecnológico, conta-se com 50,8 milhões de unidades, o que corresponde a 93% dos domicílios brasileiros com, pelo menos, um aparelho de TV (IBGE, 2006), conforme apresentado na TAB. 3.4.

TABELA 3.4
Domicílios particulares com televisão

ANO	TELEVISÃO	
	MILHÕES DE UNIDADES	% DE DOMICÍLIOS ¹
1998	37,6	
1999	38,5	88
2001	41,4	89
2002	42,8	90
2003	44,2	90
2004	46,7	90
2005	48,5	91
2006	50,8	93

(1)% em relação ao total de domicílios
Fonte: IBGE (2006).

Embora a tecnologia de transmissão de imagens tenha evoluído durante esse período, os materiais usados na fabricação dos televisores permanecem praticamente os mesmos, como demonstrado na TAB. 3.5. Os plásticos representam 22,9% do peso dos aparelhos porém, são de difícil reciclagem, pois possuem em sua composição as bifenilas policloradas ou

² Disponível em <http://wnews.uol.com.br>. Acesso em: 18.jun.2008

polibromadas, ou seja, os retardantes de chama, o que implica potencial tóxico (MATSUTO, 2003, *apud* RODRIGUES, 2007).

TABELA 3.5

Materiais usados na fabricação de televisores

MATERIAL	% EM PESO
Metais ferrosos	5,3
Metais não-ferrosos	5,4
Vidro	62
Plásticos	22,9
Componentes eletrônicos	0,9
Outros	3,5
Total	100

Fonte: Elaborado a partir de EEA, 2003 (CROWE *et al.*, 2003, p.30).

Existem três tipos de tecnologias para transmissão de imagem: a de transmissão por tubo de raios catódicos, a de plasma e a de cristal líquido.

A tecnologia de transmissão de imagem do tipo CRT é a mais antiga e funciona baseada na emissão de um fluxo de elétrons através de um tubo. Tal fluxo é emitido por uma ponta de tubo e segue até colidir com uma máscara que fica na tela, chamada comumente de máscara de fósforo. Essa máscara, apesar de ser chamada de fósforo, contém preponderantemente outros elementos químicos (PRADO; BRACHER; GUIDE, 2006).

Para obter-se a imagem por meio da tecnologia de plasma, pequenas células (pixels) contendo partículas de fósforo (que correspondem ao vermelho, azul e verde) ficam dentro de um vidro e estão expostas a uma fina camada de gás plasma (néon e xenon). Com a passagem de impulsos elétricos enviados por uma grade dielétrica, a mistura é estimulada e o resultado é a emissão (altamente precisa) de raios ultravioletas. As células de fósforo absorvem essa energia ultravioleta e a irradiam na forma de luz visível, produzindo as imagens que se consegue assistir na tela³.

A tecnologia *liquid crystal display* (LCD) é bem mais sofisticada e é utilizada também em monitores de computador e dispositivos portáteis como consoles móveis de jogos, telefones celulares, calculadoras e câmaras digitais. A imagem é formada porque as

³ Disponível em www.tvplasma.com.br. Acesso em 22.jun.2008

moléculas de cristal líquido são capazes de orientar a luz. Quando uma imagem é exibida em um monitor LCD, elementos elétricos presentes nas lâminas geram campos magnéticos que induzem o cristal líquido a "guiar" a luz que entra da fonte luminosa para formar o conteúdo visual⁴.

Os aparelhos de televisão possuem vida útil de aproximadamente 13 anos, porém, com o advento de novas tecnologias na fabricação de monitores de transmissão de imagem esse tempo tende a diminuir. De acordo com a Agência da Folha, em Manaus, a produção de TVs com tela LCD aumentou 312% de janeiro a outubro de 2007 em relação ao mesmo período em 2006, o que indica que, no Brasil, o televisor com tecnologia CRT deve ficar obsoleto em um período de três anos. Em países da Europa e da Ásia, já não há mais produção com cinescópio (BRASIL, 2007).

Apesar da evolução, o segmento de televisores de LCD ainda representa 6,2% do total de televisores produzidos na zona franca de Manaus, predominando a produção de aparelhos com tecnologia CRT, que correspondem a 92% (BRASIL, 2007).

Segundo Lee *et al.* (2000), o tubo de raio catódico corresponde a 50% do total em peso de um televisor que usa essa tecnologia, sendo o resíduo de maior toxicidade. O QUADRO 3.2 mostra as substâncias presentes em diferentes partes do CRT.

QUADRO 3.2

Composição das diferentes partes do CRT

ITEM	COMPOSIÇÃO	FUNÇÃO BÁSICA
Painel	0-4% de hidróxido de chumbo/óxidos metálicos aluminosilicatos	Qualidade óptica do vidro; atenuação do raio-X; controle da variedade de cor
Cone	22-28% hidróxido de chumbo/óxidos metálicos aluminosilicatos	Aumento resistência do raio-X; controle viscosidade
Pescoço	30% de hidróxido de chumbo/óxidos metálicos aluminosilicatos	Igualar a expansão térmica do material do cone; absorção do raio-X
Suporte	29% de hidróxido de chumbo	Igualar a expansão do metal do fio alimentador; absorção do raio-X
Canhão de elétrons	Aluminosilicato de potássio	Cristalização
Vidro (frit)	70-85% de óxido de chumbo e borato de zinco	Baixar a temperatura

Fonte: Lee *et al.* (2000).

⁴ Disponível em www.infowester.com/monlcd.php. Acesso em 12.mar.2008

Segundo estudo elaborado por Matsuto, Jung e Tanaka (2004), as placas de circuito impresso e os tubos de raios catódicos de aparelhos de televisão possuem alta concentração de chumbo e outros metais pesados presentes em pequenas quantidades (QUADRO 3.3).

QUADRO 3.3

Metais pesados presentes nos componentes de televisor (g/Kg)

COMPONENTES	METAIS PESADOS (g/kg)							COMPOSIÇÃO ANALISADA
	chumbo	cobre	zinco	estanho	cádmio	cromo	antimônio	
Cabos de energia elétrica	7,5	0,51	0,08	24,1	0	0,23	8,24	—
Bobina desmagnetizada	4,2	0	0,073	0	0	0	8,86	27,5% plástico o restante é cobre
Placas de circuito impresso	7,82	130	2,7	31,7	0,005	0,37	0,62	27,3% placa
Canhão triplo tubo de imagem colorido	14,1	0,18	0,06	0	0	0	2,64	80,8% do vidro, o restante é alumínio
Cone de vidro	265	0	0,71	0	0	0	1,96	—
Poeira de vidro CRT	18,4	0	2,24	0	0	0	0	—
Gabinete plástico	2,25	2,99	0,58	2,02	0,051	0	0	—

Fonte: Elaborado a partir de Matsuto *et al.* (2003, *apud* RODRIGUES, 2007, p.75).

3.1.3.3 Substâncias presentes nos telefones móveis

A introdução da telefonia celular no Brasil ocorreu em 1990, com o cadastro de 667 acessos móveis, como mostrado no QUADRO 3.4.

QUADRO 3.4

História e evolução dos telefones celulares

ANO	HISTÓRICO
1947	A empresa americana Bell Company cria o conceito de telefonia celular desenvolvendo um sistema que permite a utilização da telefonia móvel dentro de determina área (célula).
1947	As empresas <i>AT&T</i> e a <i>Bell Company</i> propõem à <i>Federal Communication Commission</i> – FCC a alocação de uma frequência de rádio especificamente para telefonia móvel, possibilitando, assim, que 23 pessoas se conectassem simultaneamente.
1968	As empresas <i>AT&T</i> e <i>Bell Company</i> definiram o sistema de uso de torres para atender seus usuários por área, utilizado até os dias atuais.
1973	A <i>Bell Company</i> disponibiliza o sistema para uso em carros de policia e a empresa Motorola incorpora esta tecnologia para uso pessoal.
1979	O sistema é testado com 200 pessoas em Chicago.
1983	Surge o primeiro celular aprovado pelo FCC, o Dyna TAC 8000X da Motorola. O aparelho pesava aproximadamente 1 kg.
1990	Entrada da telefonia celular no Brasil com cadastro de 667 acessos móveis.

Fonte: Adaptado de Abreu (2005).

O primeiro aparelho aprovado pela *Federal Communication Commission*, em 1983, o DynaTAC 8000X da Motorola, pesava aproximadamente um quilo e media 25 cm de comprimento por 7 cm de largura, conforme mostrado na FIG. 3.3. Tinha capacidade para uma hora de conversação e oito de *stand-by*, memória para 30 números, além de *display* com LED (*Light Emitting Diodes*). Na época, o aparelho custava, em média, US\$ 3,995 e a lista de espera para adquirir uma linha chegava aos milhares de pessoas. Passados 20 anos, um aparelho de última geração está na faixa de U\$250 e tem peso médio de 100 gramas (ABREU, 2005).



FIGURA 3.3 - DynaTAC 8000X da Motorola.

Fonte: <www.motorola.com> Acesso em 18.mar.2008

De acordo com IPMI Guidance (2003), um telefone móvel consiste nos seguintes componentes:

- Circuito eletrônico: uma placa de circuito impresso contendo um microprocessador, processador digital de sinal, leitor de memória e um *chip* de memória rápida, nos quais são conectados um pequeno microfone, um pequeno alto-falante e uma antena contida dentro do circuito.
- Uma tela: de tecnologia LCD.
- Uma bateria: de tecnologia variada, níquel-cádmio, hidróxido de níquel ou íon/polímero lítio.
- Um invólucro: plástico, podendo ter detalhes em metal.
- Uma base ou um conector: um pequeno transformador de voltagem, fio, plástico, etc.
- Acessórios: fone de ouvido ou cabo de conexão para o computador.



FIGURA 3.4 – Componentes básicos dos telefones celulares.

Fonte: <<http://futurecraft.media.mit.edu>>. Acesso em 12.mar.2008

Esses componentes possuem em sua composição substâncias que podem apresentar potencial tóxico ao meio ambiente ou à saúde humana, seja no processo de retalhamento, reciclagem, incineração ou aterramento. O QUADRO 3.5 apresenta de maneira sintética esta afirmativa.

QUADRO 3.5
Substâncias presentes em telefones celulares

SUBSTÂNCIA	USO	QUANTIDADE	TOXICIDADE
Arsênio (As)	Microcircuitos eletrônicos	< 1 mg	Carcinogênico
Berílio (Be)	Liga de Cu/Be (98% Cu, ≤ 2% Be), nos pontos de conexão com os cabos	< 0,1 g	Provável potencial carcinogênico
Cádmio (Cd)	Baterias de Ni/Cd, placas de contato, interruptores e circuito eletrônico.	Menos que 25% do peso da bateria	Provável potencial carcinogênico
Chumbo (Pb)	Circuito eletrônico e processo de solda	< 0,5 g	Provável potencial carcinogênico
Cobalto (Co)	Bateria de íon lítio	—	Provável potencial carcinogênico
Cobre (Cu)	Circuito eletrônico	É o metal mais usado	Não é considerado carcinogênico.
Estanho (Sn)	Solda de Sn/Pb nas placas de circuito impresso	Pequena quantidade	Não é considerado carcinogênico.
Mercúrio (Hg)	Nas lâmpadas de iluminação dos visores	0,01g	Nocivo neurológico, mas não é carcinogênico
Níquel (Ni)	Bateria e liga de aço	—	Sim, quando inalado
Prata (Ag)	Eletrônicos e teclado	Várias gramas	Não é considerado carcinogênico.
Zinco (Zn)	Bateria ou circuito eletrônico	—	Não é considerado carcinogênico.
Cristal líquido	Mostrador	Várias mg	Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos que são carcinogênicos
Halogênios (Cl, Br, F)	Baterias (F), circuito eletrônico e invólucro (caixa) como retardante de chama (Br, Cl,)	—	Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos, que são carcinogênicos
Hidróxido de potássio	Bateria	—	Pode causar queimaduras na pele
Íon de lítio	Bateria	—	Pode causar queimaduras na pele
Plástico	Invólucro	—	Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos que são carcinogênicos

Fonte: Adaptado de IPMI (2003).

3.1.3.4 Substâncias presentes nos computadores

A indústria dos computadores pessoais começou em 1971, com a introdução do primeiro microprocessador, o Intel 4004. O crescente desenvolvimento de tecnologia fez com que

em 1977 a indústria disponibilizasse no mercado vários outros modelos. Com a criação do *IBM Personal Computer (PC)*, em 1981, liberado para venda nas grandes lojas de varejo, passou a ocorrer uma grande disseminação desses equipamentos em residências, comércios e pequenas empresas (NOBREGA FILHO, 2008).



FIGURA 3.5 - IBM PC 5150 / 1981.

Fonte: <www.bentleyusers.com>. Acesso em 12.mar.2008

Os computadores pessoais, bem como os computadores portáteis como *laptop e notebooks*, consistem em:

- Unidade Central de Processamento (CPU): gabinete e todos os seus componentes como placa de circuito impresso, placa-mãe, *chips*, capacitores, conectores, discos *drives*, transformador, fios, cabo de alimentação, etc.
- Monitor: tubo de raio catódico ou tela plana (LCD), circuitos e fios, cabos para CPU e cabo de alimentação.
- Impressora: e seu conteúdo, tais como cartucho de tinta ou toner, fios, cabos para a CPU e cabo de alimentação.
- Dispositivos periféricos: teclado e mouse, *scanner*, CD, *web* câmera, alto-falantes, etc.

Como mostrado no QUADRO 3.6, os PCs são constituídos de materiais que podem ser reciclados, de elevado valor comercial e alguns com características tóxicas quando não descartados corretamente.

QUADRO 3.6

Substâncias presentes nos computadores pessoais

<i>SUBSTÂNCIAS</i>	<i>% TOTAL em PESO</i>	<i>PESO DO MATERIAL NO COMPUTADOR (kg)</i>	<i>USO</i>
Plástico	22,9907	6,26	Cabos e gabinetes
Chumbo	6,2988	1,72	Tubos de raios catódicos (TRCs) e placas de circuito impresso (PCI)
Alumínio	14,1723	3,86	Gabinetes, conectores, TRC, PCI
Germânio	0,0016	< 0,1	Placas de circuito impresso
Gálio	0,0013	< 0,1	Placas de circuito impresso
Ferro	20,4712	5,58	Gabinetes, TRC, PCI
Estanho	1,0078	0,27	TRC, PCI
Cobre	6,9287	1,91	TRC, PCI, conectores
Bário	0,0315	< 0,1	Painel de vidro dos TRC
Níquel	0,8503	0,23	Gabinetes, TRC, PCI
Zinco	2,2046	0,6	TRC, PCI
Tântalo	0,0157	< 0,1	Capacitores/PCI,
Índio	0,0016	< 0,1	Placas de circuito impresso
Vanádio	0,0002	< 0,1	Tubos de raios catódicos
Térbio	0	0	TRC, PCI
Berílio	0,0157	< 0,1	PCI, conectores
Ouro	0,0016	< 0,1	Conectores, PCI
Európio	0,0002	< 0,1	Placas de circuito impresso
Titânio	0,0157	< 0,1	Gabinetes
Rutênio	0,0016	< 0,1	Placas de circuito impresso
Cobalto	0,0157	< 0,1	Gabinetes, PCI, TRC
Paládio	0,0003	< 0,1	PCI, conectores
Manganês	0,0315	< 0,1	Gabinetes, PCI, TRC
Prata	0,0189	< 0,1	PCI, conectores
Antimônio	0,0094	< 0,1	Gabinetes, PCI, TRC
Bismuto	0,0063	< 0,1	Placas de circuito impresso
Cromo	0,0063	< 0,1	Gabinetes
Cádmio	0,0094	< 0,1	Gabinetes, PCI, TRC
Selênio	0,0016	0,00044	Placas de circuito impresso
Nióbio	0,0002	< 0,1	Gabinetes
Ítrio	0,0002	< 0,1	TRC
Ródio	0		Placas de circuito impresso

Fonte: Silicon Valley Toxics Coalition (2004).

3.1.4 Substâncias tóxicas presentes nos REEES

De acordo com Widmer (*apud* RODRIGUES, 2007, p.70), “os REEES, genericamente, podem conter mais de mil substâncias diferentes, muitas das quais são altamente tóxicas como chumbo, arsênico, cádmio, cromo hexavalente e os retardantes de chama bromados e halogenados, que geram dioxinas e furanos quando incinerados.”

O QUADRO 3.7 apresenta, de modo simplificado, as substâncias tóxicas mais relevantes presentes nos REEEs, bem como os seus efeitos à saúde.

QUADRO 3.7

Substâncias tóxicas relevantes utilizadas nos REEEs e seus efeitos à saúde

SUBSTÂNCIA	UTILIZAÇÃO	PREJUÍZO AOS SERES VIVOS
Chumbo	Soldagem de placas de circuitos impressos; o vidro dos tubos de raios catódicos, a solda e o vidro das lâmpadas elétricas e fluorescentes.	Danos nos sistemas nervoso central e periférico dos seres humanos. Foram também observados efeitos no sistema endócrino. Além disso, o chumbo pode ter efeitos negativos no sistema circulatório e nos rins.
Mercúrio	Termostatos, sensores, relés e interruptores equipamentos médicos, transmissão de dados, telecomunicações e telefones celulares. Estima-se que 22% do mercúrio consumido anualmente sejam utilizados em EEE.	O mercúrio inorgânico disperso na água é transformado em metilmercúrio nos sedimentos depositados no fundo. O metilmercúrio acumula-se facilmente nos organismos vivos e concentra-se, através da cadeia alimentar, nos seres humanos. O metilmercúrio provoca efeitos crônicos e causa danos no cérebro.
Cádmio	Em placas de circuitos impressos, resistências de <i>chips</i> SMD, semicondutores e detectores de infravermelhos. Os tubos de raios catódicos mais antigos contêm cádmio. Além disso, o cádmio tem sido utilizado como estabilizador em PVC (policloreto de vinila).	Efeitos irreversíveis à saúde humana. Acumula-se no corpo humano, especialmente nos rins, podendo vir a deteriorá-los, com o tempo. O cádmio é absorvido por meio da respiração, mas também pode ser ingerido nos alimentos. Em caso de exposição prolongada, o cloreto de cádmio pode causar câncer e apresenta risco de efeitos cumulativos no ambiente devido à sua toxicidade aguda e crônica.
PBB (bifenilas polibromadas) e PBDE (éter difenil polibromados)	Regularmente incorporados em produtos eletrônicos, como forma de assegurar proteção contra a inflamabilidade em placas de circuitos impressos, componentes como conectores, coberturas de plástico e cabos em TVs e nos eletrodomésticos de cozinha.	São desreguladores endócrinos. Quando liberados no meio ambiente não se dissipam imediatamente e, por isso, podem persistir e acumular-se biologicamente na cadeia alimentar. Os potenciais efeitos desses materiais variam principalmente com as espécies e as quantidades absorvidas na corrente sanguínea, a duração da exposição e a rota da exposição.

Fonte: Adaptado de Horner e Gertsakis (2006).

No estudo elaborado por Crowe *et al.* (2003) para a Agência Ambiental Européia, constatou-se que as substâncias perigosas estão presentes em todos os EEEs, porém em quantidades variadas. As peças mais importantes que podem conter substâncias perigosas são consideradas a seguir:

- Materiais ferrosos: aço utilizado como armação. O potencial perigoso do ferro e do aço para o meio ambiente é considerado baixo.
- Metais não-ferrosos: o cobre e suas ligas são utilizados para fios, condutores de eletricidade e calor e como pigmento nos plásticos. O risco toxicológico para a saúde humana não é significativo, sendo significativo para lixiviado de aterro. O alumínio usado na armação tem potencial perigoso baixo.
- Vidros de tela (CRT): as telas contêm componentes de chumbo. A média de material fluorescente nas telas (cádmio em telas antigas, ítrio, európio, selênio e zinco) é de 6 g por tela.
- Componentes eletrônicos/ placa de circuito: soldas contendo estanho e chumbo. Semicondutores contendo boro, gálio, índio e arsênio. Retardantes de chama, acima de 5-10% em peso. Mercúrio em baterias, pilhas e interruptores.
- Plásticos: os plásticos contendo pigmentos e estabilizadores (cádmio, chumbo, níquel, cromo, estrôncio, estanho e bário). A quantidade relativa de plásticos contendo retardantes de chama (RC) depende do tipo de aparelho. Placas de circuito, bem como os termoplásticos, são tratados como retardantes de chama. Os RCs incluem compostos orgânicos halogenados, como os bromados (BFR) do tipo decadibifenileter (10-BDE), óxido de antimônio (como agente sinérgico), compostos orgânicos de fósforo e outros materiais.
- Bifenilas policloradas (PCBs): capacitores contendo PCBs são usados em motores elétricos da linha branca e em lâmpadas fluorescentes (peso médio do capacitor 100-300 g e 30-90 de PCB).
- Outros: congeladores e refrigeradores contendo clorofluorcarbono (CFC) no circuito de refrigeração e na espuma de isolamento. Lâmpadas fluorescentes contendo mercúrio (lâmpadas modernas 3-20 mg, outras 15-30 mg), lâmpadas fluorescentes compactas com eficiência energética cerca de 6 mg.

Os REEEs contêm, em sua maioria, substâncias perigosas e o não aproveitamento de seus resíduos representa também um desperdício de recursos naturais não-renováveis. Sua disposição no solo em aterros ou lixões é igualmente prejudicial à segurança e saúde do meio ambiente.

3.2 Possíveis destinos dos equipamentos elétricos e eletrônicos pós-consumo

A diversidade de destinação dos EEEs pós-consumo está diretamente relacionada ao fator cultural, poder econômico e às legislações específicas de cada país. Em países onde a legislação para REEE já está implantada, o reuso e a reciclagem são os destinos mais abrangentes, porém, em países onde não há políticas públicas para este resíduo, o armazenamento e a disposição em aterros são os mais praticados (OECD, 2003).

As etapas pós-consumo do EEE são:

- armazenamento e/ou estocagem;
- reuso do equipamento (doação para entidades e/ou pessoa física);
- desmontagem para reutilização de componentes;
- reciclagem;
- disposição final (aterramento ou incineração).

A FIG. 6 lista as etapas do ciclo de vida dos equipamentos elétricos e eletrônicos.

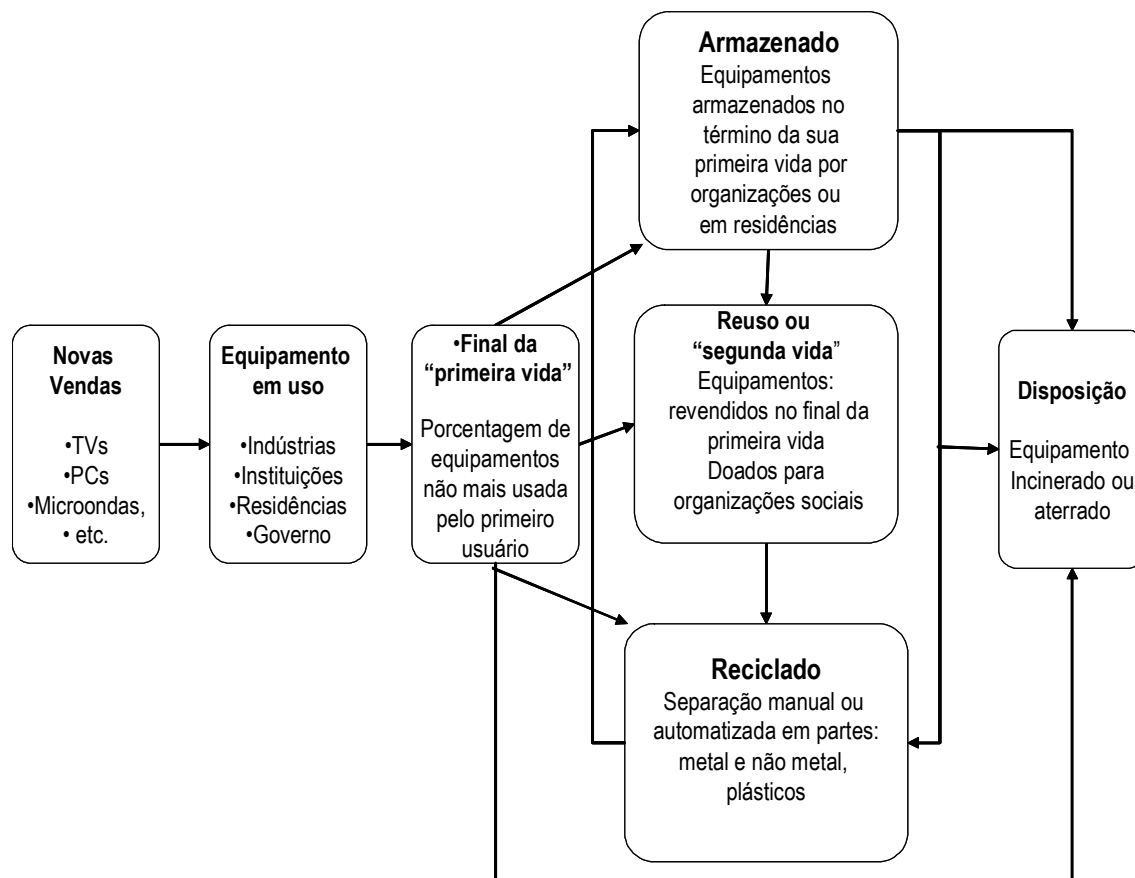


FIGURA 3.6 – Fluxograma do ciclo de vida do EEE.

Fonte: Adaptado de RIS *International* (2003)

3.2.1 Armazenamento

Esta etapa consiste no armazenamento do produto por parte dos primeiros usuários. Essa prática é comum, uma vez que os usuários esperam que seus equipamentos antigos tenham alguma utilidade ou algum potencial valor de revenda ou mesmo por não saberem que destino dar a eles.

3.2.2 Reuso (segunda-vida)

Reuso ou segunda vida são os termos usados quando o produto ou as peças que compõem o equipamento são destinados a um novo usuário. Essa prática é comum quando se trata de aparelhos elétricos e eletrônicos, principalmente no que diz respeito aos computadores.

Segundo a OECD (2003), existem três formas de os computadores terem uma segunda vida útil, como demonstrado a seguir:

- **Reuso direto:** na reutilização direta, o PC pode ser usado por outra pessoa, sem modificação. Este é o modelo mais comum de reuso do computador. A máquina pode ser atribuída a outro usuário da mesma organização ou núcleo familiar, vendido a um terceiro ou doada, principalmente para instituição de inclusão digital.
- **Recuperação e reutilização:** o PC pode ser consertado ou melhorado tecnologicamente para ser usado por outra pessoa. Todos os computadores pessoais têm uma quota de modularidade, ou seja, algumas de suas peças podem ser substituídas por peças idênticas ou outras com tecnologia mais moderna, o que ocasiona o prolongamento da vida útil do PC, podendo, então, permanecer em uso.
- **Reuso dos componentes:** o PC pode ser desmontado para recuperação de seus componentes e revenda de peças usadas, principalmente no que diz respeito a equipamentos antigos, para os quais há um mercado considerável.

Essas operações fizeram surgir um novo ramo de atividade, o da indústria de computadores e peças recondicionadas. Ao longo da última década, essa indústria se especializou em recolher, reabilitar, atualizar e vender os computadores recondicionados, atendendo a um público com poder aquisitivo mais baixo, contribuindo, assim, para a inclusão digital (OECD, 2003).

Enfatiza-se o recondicionamento de computadores pessoais, porém, a segunda vida é aceitável para qualquer aparelho eletrônico, no entanto, a eficiência energética sempre deve ser considerada quando da utilização de equipamentos antigos.

3.2.3 Desmontagem para reutilização de componentes

Esta etapa consiste na separação de componentes que podem ser reutilizados em outros aparelhos, porém, só é considerada para produtos que não foram descartados junto com o resíduo urbano comum. A reutilização desses componentes é bastante limitada, por serem tecnologicamente inferiores ou incompatíveis com equipamentos novos.

3.2.4 Reciclagem dos REEEs

De acordo com o Crowe *et al.* (2003), as etapas de reciclagem dos REEEs são similares para a maioria dos equipamentos e consistem em: desmontagem; segregação de metais ferrosos, não-ferrosos e de plásticos; reciclagem e recuperação de materiais com maior valor econômico; tratamento e disposição de resíduos perigosos. Para mais entendimento, cita-se cada etapa e o risco potencial de emissão para o meio ambiente:

- **Desmontagem:** remoção das partes contendo substâncias perigosas (CFCs, Hg, PCB, etc.); remoção das partes que contenham substâncias de valor (cabos contendo cobre, aço, ferro e partes contendo metais preciosos). Potencial de emissão para o meio ambiente: o risco nesta etapa é a contaminação do solo através da estocagem imprópria dos REEEs ou vazamento de óleos ou CFCs das partes removidas.
- **Segregação de metais ferrosos, não-ferrosos e plásticos:** essa separação é normalmente feita por processo de fragmentação e, posteriormente, um separador magnético remove a fração ferrosa presente no fluxo de materiais. Potencial de emissão para o meio ambiente: depende do material a ser triado, mas tem-se o risco de emissão de componentes voláteis.
- **Reciclagem/recuperação dos materiais de valor:** nesta etapa os materiais ferrosos, não-ferrosos e contendo metais preciosos são destinados a plantas específicas para recuperação. Potencial de emissão para o meio ambiente: as plantas de recuperação desses materiais podem emitir dioxinas, metais pesados, dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio para atmosfera, dependendo das condições de operação.
- **Tratamento/disposição de materiais e resíduos perigosos:** a fração do material não recuperado pode ser depositada em aterros ou, em alguns casos, incinerada; os CFCs são tratados termicamente e os PCBs são incinerados ou depositados em locais subterrâneos, sendo o mercúrio (Hg) reciclado.

Os materiais presentes nos REEEs não são de fácil reciclagem, uma vez que podem estar contaminados com substâncias perigosas ao ambiente e à saúde humana. Essas substâncias encontram-se associadas a diferentes componentes dos EEEs, como demonstrado na listagem elaborada por Luízio (2004).

- tubos de raios catódicos contendo chumbo;

- semicondutores de gálio e arsênio;
- plásticos com retardantes de chama;
- plásticos estabilizados com metais;
- interruptores com mercúrio;
- lâmpadas com mercúrio;
- sistema de refrigeração e congelamento com CFC e HCFC;
- sistemas de isolamentos de equipamentos de refrigeração e congelamento contendo CFC e HCFC;
- condensadores contendo PCB;
- cilindros de fotocopiadoras e impressoras a *laser* com capa de selênio;
- equipamentos médicos com fonte de radiação;
- ecrãs de cristais líquidos contendo benzeno;
- material de isolamento a base de asbestos e
- placas de circuito impresso contendo metais pesados.

Entretanto, uma vez coletados dos geradores, esses componentes podem ter destinos variados, como reuso do produto ou de suas peças, reciclagem dos materiais e disposição em locais apropriados dos resíduos. É vedado a disposição em aterros sanitários devido ao elevado potencial tóxico. O fluxo simplificado de reciclagem pode ser verificado na FIG. 3.7 .

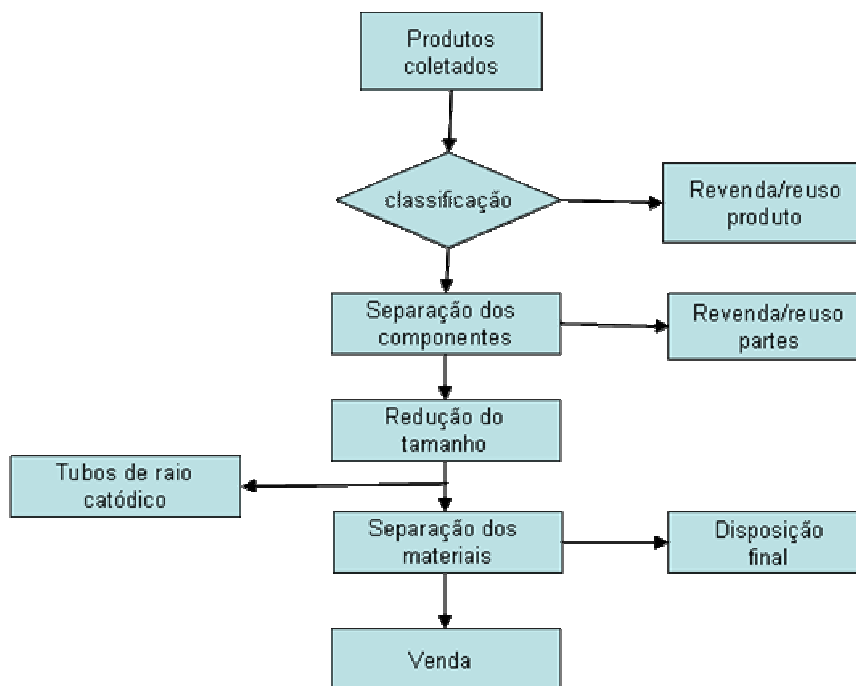


FIGURA 3.7 - Fluxograma simplificado para reciclagem de produtos eletrônicos.

Fonte: Kang e Shoenung (2005).

As plantas de triagem e reciclagem desses materiais devem contar com equipamentos adequados. Se o armazenamento e a descaracterização forem incorretos, existe o risco de contaminação do solo e do ar, como vazamentos de óleo ou escape de CFC (CROWE *et al*, 2003).

Os tubos de raios catódicos presentes em televisores e computadores, as placas de circuito impresso presentes em diversos EEEs, os metais e os plásticos possuem processos de reciclagem específicos, como demonstrados nos subitens a seguir.

3.2.4.1 Reciclagem de tubos de raios catódicos

Os tubos de raios catódicos ou cinescópio constituem-se nos componentes mais importantes dos receptores de televisão e dos monitores de vídeo utilizados em informática e apresentam mais complexidade na reciclagem de eletrônicos devido ao seu volume, custo elevado de reciclagem e restrição na disposição (KANG; SHOENUNG, 2005). Segundo

esses autores, para o processo de reciclagem do CRT é necessária a divisão em dois tipos de materiais, os componentes de vidro (funil, painel, solda e pescoço) e os componentes não-vidro (plástico, aço, cobre, canhão de elétrons e revestimento de fósforo). O vidro do CRT consiste de SiO_2 , NaO , CaO e outros componentes para dar coloração, oxidação e proteção ao Raio-X, que são K_2O , MgO , ZnO , BaO , PbO .

Devido à presença do chumbo na composição do vidro, são necessários cuidados especiais na sua manipulação, a fim de evitar contaminação do ar, solo e águas subterrâneas e danos à saúde do trabalhador.

Existem duas tecnologias de reciclagem do CRT, a vidro-a-vidro (*glass-to-glass*), na qual o vidro reciclado pode ser transformado novamente em matéria-prima para um novo vidro do CRT, e o processo vidro-a-chumbo (*glass-to-lead*), no qual o chumbo metálico e o cobre são separados e recuperados por meio de um processo de fusão. Esse processo apresenta custo mais alto quando comparado com o vidro-a-vidro, sendo, portanto, menos usual (KANG; SHOENUNG, 2005).

Embora, em 2006, o Brasil possuía a maior planta industrial de CRT do mundo, localizada em São José dos Campos, a tecnologia do cinescópio apresentando pouca inovação e taxa de crescimento em declínio (GUITIERRES *et al.*, 2006).

O setor produtivo de cinescópio necessita do uso de resíduos de vidros na fabricação de telas e cones, o que correspondendo a 25 e 7,5%, respectivamente, como apresentado na TAB. 3.6.

TABELA 3.6

Composição da matéria-prima para produção de telas e cones

ITENS	TELAS (%)	CONES (%)
Cacos ou resíduos	25%	7,50%
Matéria-prima virgem	75%	92,50%
Total.....	100%	100%
Volume diário produção (t)	180	130

Fonte: Miguez, Mendonça e Valle (2007).

No entanto, o mercado de resíduos de cacos de vidros no Brasil é escasso, levando as empresas a importarem esse material:

Cabe ressaltar que as fontes de fornecimento de cacos variam muito, podendo ser grandes organizações, que possuem áreas estruturadas para o envio de partes retornadas; oficinas de conserto de televisões e monitores, que não têm estrutura suficiente para o envio dos equipamentos, sendo, portanto, necessária a ajuda da empresa fabricante para o transporte e; em maior volume, de países estrangeiros – principalmente os Estados Unidos e países da Europa – por meio do processo de importação. Muitas das empresas desses países recebem apoio de seus governos para darem uma destinação adequada para estes produtos, e o envio para um fabricante do material, é considerada uma decisão ambientalmente aceita. Em 2006 o volume de importação desse material chegou a 40 mil toneladas (MIGUEZ; MENDONÇA; VALLE, 2007, p.5).

Segundo Miguez, Mendonça e Valle (2007), que elaboraram uma pesquisa sobre logística reversa em uma fábrica de televisão, todo o material coletado passa por um processo de descontaminação, separação dos materiais indesejáveis, análise laboratorial e adição ou subtração de substâncias para adequação às exigências para composição da matéria-prima. Os benefícios gerados, decorrentes da utilização de resíduos de vidro na produção de telas e cones, podem ser divididos em três grupos: ambientais, sociais e econômicos. Ambientais: economia de recursos minerais, diminuição de processos químicos que utilizam substâncias nocivas ao ambiente, redução de materiais nos aterros sanitários e geração de conhecimento; sociais: as substâncias tóxicas presentes encontram-se “aprisionadas nos cacos”, reduzindo o risco de contaminação do trabalhador; e os benefícios econômicos como aumento da vida útil do forno e redução do custo de matéria-prima e energia elétrica (MIGUEZ; MENDONÇA; VALLE, 2007).

3.2.4.2 Reciclagem de placas de circuito impresso

A placa de circuito impresso (PCI) é um componente essencial, amplamente utilizado na indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos, onde são impressas ou depositadas trilhas de cobre. É classificada considerando-se o material de que são formadas, designados de laminados. Quando a base do laminado é de um aglomerado de papel e resina fenólica, adota-se a nomenclatura FR-2, sendo utilizada em aparelhos de televisão, sistema de som, receptores de sinais abertos de TV, jogos eletrônicos, máquinas de lavar roupa, etc. A outra classe de placa é a FR-4, na qual o laminado é de fibra-de-vidro, o que a torna mais resistente, podendo ser usada em setores que necessitam de especificações mais rígidas,

como informática, telecomunicações, controles industriais, automatização bancária, entre outros (ANDRADE, 2002). Para esse autor:

Essas placas são formadas por unidades isoladas e integradas e sua sucata contém cobre, chumbo, cádmio, zinco, estanho, bem como os metais preciosos, ouro, prata e platina. Além de metais e ligas metálicas, as placas de circuito impresso contêm vários compostos orgânicos e inorgânicos que de alguma forma prejudicam o ambiente (ANDRADE, 2002).

A placa classificada como FR-2, feita de papel e resina fenólica, é denominada pelos sucateiros de “placa marron”, não sendo atrativa, isoladamente, na indústria de reciclagem. As placas FR-4, denominadas no mercado de sucatas de “placas verdes”, são feitas tipicamente de resina epóxi (com retardantes de chama), fibra-de-vidro e cobre e possuem alto valor comercial.



a)

b)

FIGURA 3.8 - Placas de circuito impresso.

a) Placa marron b) Placa verde.

A TAB. 3.7 apresenta a composição típica de um resíduo de PCI. O cobre e os metais preciosos são potencialmente recicláveis, no entanto, o chumbo presente na solda e os bromatos da resina necessitam de tratamento próprio durante a recuperação da placa (LEE *et al.*, 2004).

TABELA 3.7
Composição típica de um resíduo de PCI

MATERIAL	% em PESO
Ouro	0,035
Cobre	22,0
Estanho (solda)	1,5
Chumbo (solda)	2,6
Fibra de vidro	30,0
Resina Epóxi	15,0
Outros (Fe, Ni, Si, etc.)	29,0

Fonte: Lee *et al.* (2004).

3.2.4.3 Reciclagem dos polímeros (plásticos) presentes nos equipamentos elétricos e eletrônicos

Segundo Mano e Mendes (1999), os polímeros são macromoléculas caracterizadas por seu tamanho, estrutura química e interações intra e intermoleculares e resina é o termo empregado para designar polímeros sintéticos. Ambos são conceituados nesta pesquisa como “plásticos”.

Os plásticos são divididos em dois subgrupos, os termoplásticos, que se fundem por aquecimento e solidificam por resfriamento em um processo reversível, e os termorrígidos que por aquecimento ou outras formas de tratamento assumem estrutura reticulada, com ligações cruzadas, tornando-se infusíveis (MANO; MENDES, 1999).

Geralmente, os termorrígidos são fragmentados no processo de reciclagem porque não podem ser aproveitados para novos produtos; e os termoplásticos são transformados em nova matéria-prima. Esses dois subgrupos constituem o maior uso na indústria de eletroeletrônicos. Segundo a Associação de Fabricantes de Plástico da Europa, somente em 2002 foram produzidos 2,78 milhões de toneladas de resinas plásticas destinadas a equipamentos eletrônicos (KANG; SHOENUNG, 2005).

Os equipamentos elétricos e eletrônicos são constituídos por uma variedade de plásticos, como mostrado no QUADRO 3.8. Esses plásticos podem estar aparentes, compondo as armações ou na parte interna do aparelho.

QUADRO 3.8

Resinas usadas em vários produtos eletrônicos

EQUIPAMENTOS	RESINAS
Televisores	HIPS, ABS, PPE, PVC, PC
Computadores	ABS, HIPS, PPO, PPE, PVC, PC/ABS
Diversos	HIPS, ABS, PVC, PPE, PC/ABS, PC

HIPS: poliéster de alto-impacto; ABS: acrilonitrila butadieno estireno; PPE: polietileno éter; PVC: cloreto de vinila; PC: policarbonato; PPO: óxido polietileno; diversos: fax, telefone, refrigerador, etc.

Fonte: Kang e Shoening (2005, p.385).

Os retardantes de chama são aditivos adicionados aos plásticos para aumentar a resistência à inflamabilidade; são classes de compostos que incluem halogenados orgânicos (bromados e clorados), compostos de fósforo, nitrogênio e alguns inorgânicos. Usados em grande quantidade pela indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos, os plásticos contendo esses aditivos possuem menor valor comercial no mercado de reciclagem e elevado potencial tóxico quando incinerados ou enviados para aterramento. Os retardantes de chama bromados são usados em vários componentes dos EEs; as aplicações mais representativas estão demonstradas na FIG. 3.9.

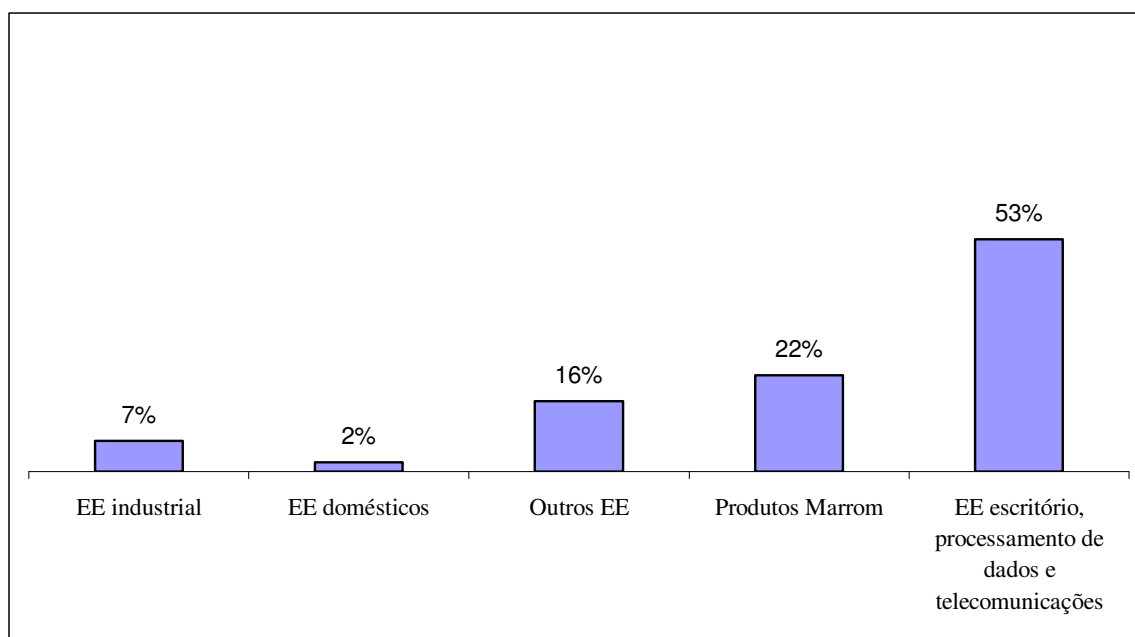


FIGURA 3.9 - Equipamentos eletrônicos que usam retardantes de chama bromados.

Fonte: Vehlow *et al.* (2002?).

O estudo realizado por McPherson, Thorpe e Black (2004) indicam que a exposição a determinados retardantes de chama, principalmente o difenil éteres polibromados, chamados de PBDEs, são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, por serem compostos bioacumulativos.

A toxicidade de PBDEs tem indicado muitas semelhanças com as bifenilas policloradas (PCBs) e outros poluentes orgânicos persistentes (POPs), o que sugere que esses novos poluentes sejam um desafio ambiental no futuro. Uma das razões que explica esse aumento nos níveis de PBDEs no ambiente é o consumo cada vez maior de produtos eletrônicos contendo esses poluentes o que gera o chamado lixo tecnológico (BOTARO; TORRES, 2007).

Dos plásticos usados em equipamentos eletrônicos, aproximadamente 30% contêm retardantes de chama halogenados ou não-halogenados. No ano de 2000, das 450.000 toneladas de plásticos usados nos EEEs na Europa, 264.000 continham retardantes de chama não-halogenados e 186.000 eram do grupo dos halogenados (VEHLOW *et al.*, 2002?).

A FIG. 3.10 exhibe os três métodos de reciclagem de plásticos: o processo químico, no qual o resíduo de plástico é usado como matéria-prima para o processo petroquímico ou como catalisador na fusão de metais; o processo mecânico, no qual ocorrem a separação e a fragmentação do resíduo para eventualmente ser transformado em matéria-prima para um novo produto; e a reciclagem térmica, em que os plásticos são usados como combustível alternativo (KANG; SHOENUNG, 2005).

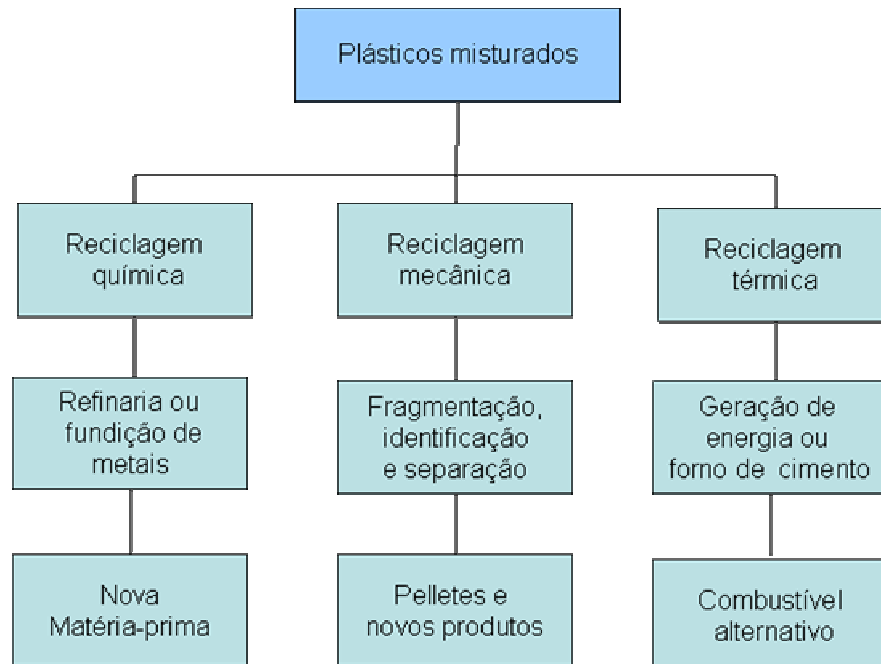


FIGURA 3.10 – Opções de reciclagem para plásticos de resíduos EEEs.

Fonte: Kang e Shoening (2005).

Reciclagem, incineração e aterramento são os métodos usados atualmente para o destino final dos plásticos. Eles desempenham um papel vital em aterros, sendo amplamente utilizados para drenagem, tornando os aterros mais estáveis (MENAD, 1998). No entanto, a reciclagem é o destino mais recomendado e, embora a diversidade dos tipos de plásticos dificulte a triagem e a identificação, este processo se encontra em amplo desenvolvimento tecnológico.

3.2.4.4 Reciclagem dos metais e não-metais presentes nos equipamentos elétricos e eletrônicos

Como demonstrado na FIG.3.1, equipamentos eletrônicos como refrigeradores, televisores e computadores possuem, em sua constituição, respectivamente, 64, 11 e 18% de metais. Esses metais encontram-se em diferentes peças dos EEEs, podendo estar envoltos em materiais não-ferrosos que dificultam sua recuperação.

Em 1998, acima de 29.000 toneladas de metal foram recuperadas nos Estados Unidos a partir da reciclagem de EEE, sendo 4.500 t de alumínio; 19.900 t de aço; 4.600 t de cobre e 1 tonelada de metais preciosos como ouro, platina, prata e paládio (USGS, 2001).

A USGS (2001) afirma que “uma tonelada métrica⁵ de REEE de computadores pessoais contém mais ouro que 17 toneladas métricas de minério de ouro”. Os metais preciosos estão contidos nas PCIs e são recuperados por meio de processos químicos.

Em estudo elaborado por Morf *et al.* (2006), na Suíça, com REEEs domésticos de pequeno porte (s-WEEE), foram encontrados 360.000 mg/kg de ferro, 41.000 mg/kg de cobre e 49.000 mg/kg de alumínio, entre outros metais, como demonstrado na TAB. 3.2.

As etapas básicas para uma planta de reciclagem de metais e não-metais nos Estados Unidos consistem em um separador magnético, um separador por densidade (*Eddy Current*) e processos de recuperação química (KANG; SHOENUNG, 2005), como exemplificado a seguir:

- Separador magnético

O separador magnético usa um eletro-ímã para separar materiais ferrosos. Depois de retalhadas, as partículas são transportadas em uma esteira ao longo do cinto com ímã. Os materiais ferrosos aderem ao cinto devido à atração magnética e os não-ferrosos seguem para um separador por gravidade.

- Separador de metais não-ferrosos (separador *Eddy Current*)

O separador *Eddy Current* remove metais não-ferrosos, como alumínio e cobre, de materiais não-metálicos. O princípio de funcionamento consiste basicamente de uma pequena correia transportadora acionada pelo tambor de retorno e um sistema veloz de rotação de ímãs permanentes que geram campos magnéticos variáveis, de alta frequência, através do tambor de cabeceira. Esses campos criam forte correntes de *Foucault* nas partículas de metais não-ferrosos que os atravessam, induzindo nas mesmas campos magnéticos opostos aos campos externos, sendo lançados para fora do fluxo de material transportado⁶. A FIG. 3.11 apresenta o modelo de separador *Eddy Current* modelo *Steinert*.

⁵ 1 tonelada = 1.016 tonelada métrica.

⁶ Disponível em www.steinert.com.br. Acesso em 20.abr.2008



FIGURA 3.11 – Separador *Eddy Current* modelo *Steinert*.

Fonte: www.steinert.com.br. Acesso em 20.abr.2008

A FIG. 3.12 traz um típico esquema de reciclagem de televisores no Japão, no qual é apresentada a disposição dos separadores de metais ferrosos e não-ferrosos.

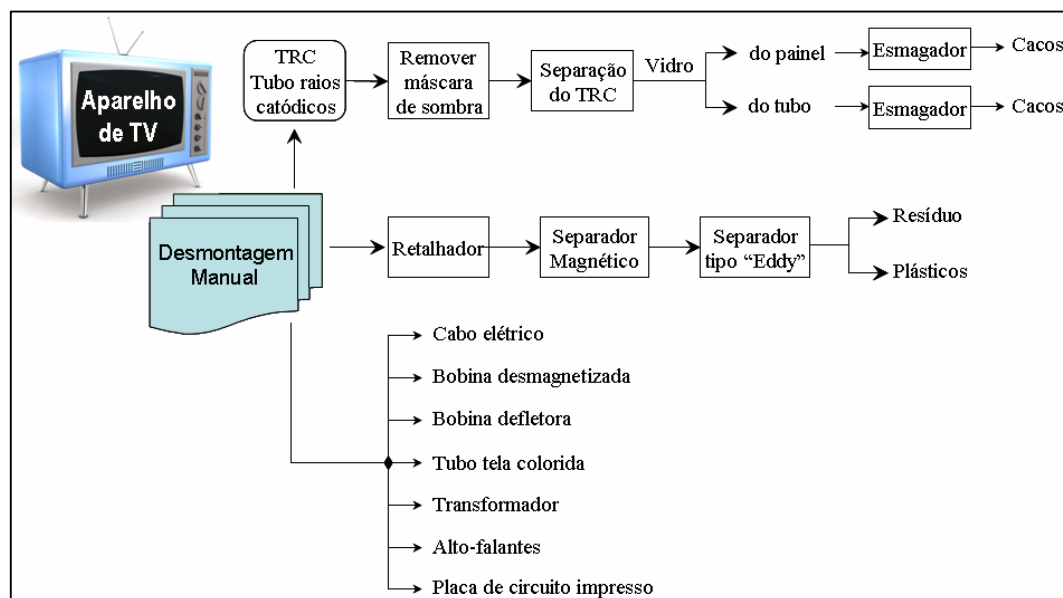


FIGURA 3.12 - Esquema de reciclagem de televisores no Japão.

Fonte: Matsuto *et al.* (apud RODRIGUES, 2003).

- Processo de separação química

Os processos químicos são os mais complexos e variados, pois dependem do tipo de metal e não-metal e em que parte do equipamento estão localizados. Geralmente, são usados para recuperação de metais em pequenas quantidades como, por exemplo, o chumbo contido nas soldas das PCIs. Segundo Kang e Shoening (2005), a reciclagem química é o processo usado para recuperação de metais preciosos como ouro, prata, paládio e platina presentes nos EEEs. Trata-se de um processo de eletrólise como o demonstrado na FIG. 3.13.

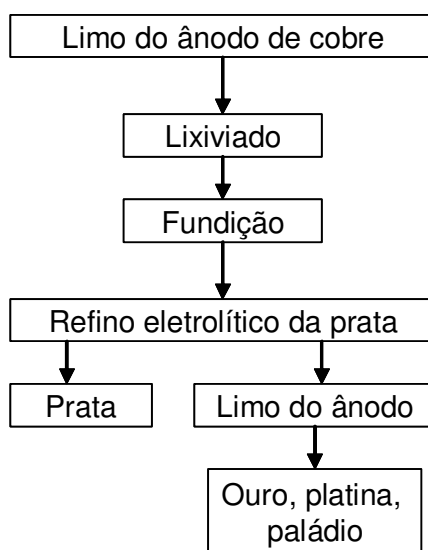


FIGURA 3.13 – Processo de recuperação de metais preciosos.

Fonte: Kang e Shoening (2005).

Tem-se notado que a recuperação de metais preciosos por meio da sucata eletrônica é um dos maiores benefícios econômicos para a indústria de reciclagem.

3.2.5 Valorização energética

A valorização energética é um método de tratamento de resíduos que consiste na sua combustão, sendo que a energia calorífica resultante é transformada em energia elétrica. Apresenta como principais vantagens a redução significativa do volume de REEE e a utilização da energia produzida pelos materiais combustíveis. A partir da incineração,

algumas substâncias orgânicas nocivas ao meio ambiente e presentes nos REEs são convertidas em compostos menos perigosos (CROWE *et al.*, 2003).

No entanto, são muitas as desvantagens da incineração desses resíduos, pois são formados por substâncias altamente heterogêneas e de poder calorífico bem diferenciado. Devido à elevada concentração de metais pesados nos EEEs, o resíduo da incineração deve ser enviado para aterros especiais e os gases da combustão devem ter tratamentos especiais, tornando o processo inviável economicamente (CROWE *et al.*, 2003).

Segundo dados da Comissão Européia (*apud* LUÍZIO, 2004), a incineração de REEE contribui decisivamente para o total de emissões de chumbo do incinerador. O chumbo presente no fluxo de REEE apresenta cerca de 50% do *input* no incinerador. O cobre aumenta o risco de formação de dioxinas, funcionando como um catalisador quando plásticos com retardantes de chama são incinerados.

3.2.6 Disposição em aterros

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.

Em estudo realizado por Andrade (2002) com placas de circuito impresso (PCI), a autora conclui que, de acordo com a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as PCIs devem ser classificadas como resíduos perigosos e dispostas em locais adequados devido principalmente à presença de chumbo e cádmio no lixiviado.

A análise do lixiviado indica grande potencial de contaminação do solo, águas subterrâneas e superficiais, por metais pesados (chumbo e cádmio), se a sucata de placas e componentes for disposta em aterros ou lixões. Nestes casos, a percolação do chorume, o ambiente de baixo pH e o grande tempo de exposição propiciam alto risco de lixiviação de metais pesados (ANDRADE, 2002).

Outro componente comum nos computadores e televisores são os tubos de raio catódico que, de acordo com Hedemalm *et al.* (*apud* MENAD, 1998), os CRTs de monitores e TVs podem conter 0,4 e 1 kg de chumbo, respectivamente, na forma de óxido de chumbo.

A disposição dos CRTs em aterros deve ser evitada devido à lixiviação ácida da alta concentração de metais pesados. Estes devem ser eliminados em áreas licenciadas para resíduos perigosos e o custo para disposição nessas áreas vem aumentando de 20 a 25% ao ano (MENAD, 1998).

3.2.7 Ferramentas de valorização ambiental do produto (ecodesign, ciclo de vida, logística reversa e responsabilidade estendida do produtor)

Para que ocorra a valorização do produto pós-consumo, algumas diretrizes em sua concepção devem ser analisadas, como a matéria-prima a ser usada e o impacto desta no meio ambiente; seu potencial de reciclabilidade e toxicidade; potencial de descaracterização do produto, ou seja, se o produto é fácil de ser desmontado; sua vida útil, entre outros fatores que tornam esse produto menos impactante ao ambiente.

Para tanto, ferramentas como o *ecodesign*, análise do ciclo de vida, logística reversa e responsabilidade estendida do produtor foram desenvolvidas com o propósito de atender à necessidade de valorização dos produtos após o término da sua vida útil.

Entende-se como *ecodesign* “o projeto orientado por critérios ambientais, que engloba um conjunto de atividades com o objetivo de enfrentar os problemas ambientais, sendo uma maneira eficaz de se agir preventivamente, na fase de concepção dos produtos, de modo a evitar, ou melhor, limitar os impactos ambientais futuros ao longo de todo o ciclo de vida” (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

Rodrigues (2007) apresenta vários termos para projetos orientados por critérios ambientais, entre eles Projeto Verde (*Green Design*), Projeto Sustentável (*Sustainable Design*), Projeto do Ciclo de Vida (*Life Cycle Design*), Engenharia do Ciclo de Vida (*Life Cycle Engineering*) e Projeto Limpo (*Clean Design*), todos com um conceito comum: a

fabricação de produtos que visem ao menor impacto possível no meio ambiente. Nesta pesquisa adota-se o termo *ecodesign*, por ser o mais encontrado na literatura brasileira.

A análise do ciclo de vida está diretamente relacionada com o *ecodesign*, uma vez que esta ferramenta analisa o produto do “berço-ao-berço”, ou seja, desde a escolha da matéria-prima, passando pelo projeto e finalizando com o destino do produto pós-consumo (tornando-se matéria-prima novamente).

Para Manzini e Vezzoli (2005), a análise do ciclo de vida é uma metodologia usada para avaliação dos impactos ambientais associados a determinado produto ou serviço em todo o seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima virgem, passando por todos os elos de sua cadeia produtiva, transporte, distribuição, uso, manutenção, reutilização, reciclagem, até a eliminação.

Para que as ferramentas de *ecodesign* e análise de ciclo de vida sejam realmente eficientes, necessita-se que esse produto, ao final de sua vida útil, tenha um destino adequado. Para tanto, ele deve ser incluído novamente no ciclo produtivo para que obtenha sua valorização. Nesse momento entra a ferramenta logística reversa. Uma definição bem abrangente do que se trata a logística reversa é a expressa por Leite (2003):

A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2003).

Nota-se que no conceito dado por Leite (2003) o retorno dos bens/produtos podem ocorrer de duas formas: pós-venda, que são os produtos devolvidos logo após a venda, por diferentes motivos, como erros no processamento de pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou falhas de funcionamento, avarias no transporte, entre outros. Esses produtos são classificados como sem uso ou com pouco uso, os quais retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição. A segunda forma de retorno dos produtos é denominada de pós-consumo, que corresponde aos produtos descartados pela sociedade em geral, após o término de sua vida útil. Esses produtos de pós-consumo poderão se originar de bens duráveis ou descartáveis e fluir por canais reversos de reuso, desmanche, reciclagem, até a destinação final. A FIG. 3.14 demonstra de maneira sucinta esses fluxos.

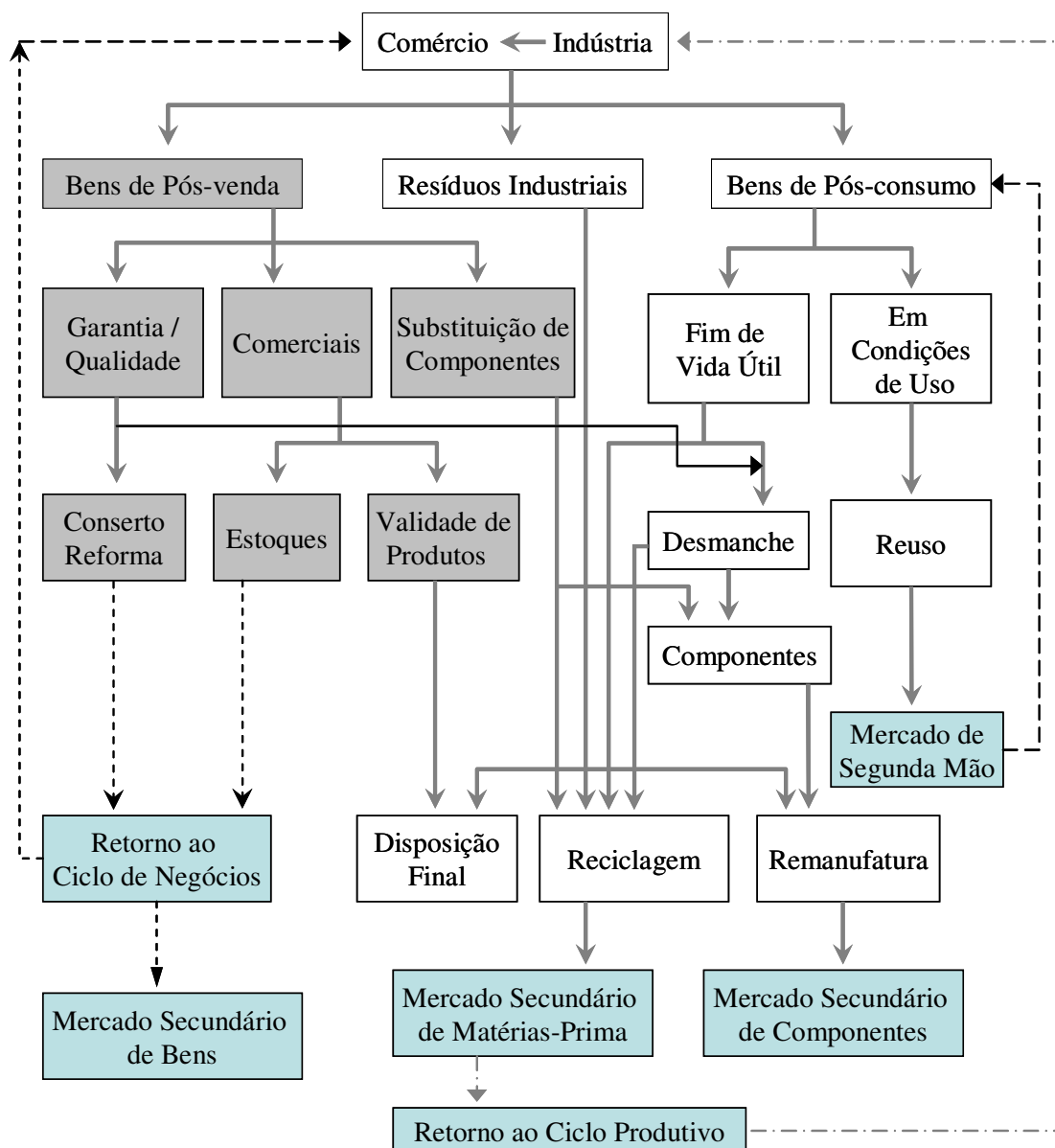


FIGURA 3.14 – Foco de atuação da logística reversa.

Fonte: Leite (2003).

A responsabilidade estendida do produtor (REP, *Extended Producer Responsibility-EPR*) define-se com a idéia de que a cadeia industrial produtora ou o próprio produtor, que de certa forma agride o meio ambiente, deve se responsabilizar pelo seu produto até a decisão correta do seu destino após o uso original (LEITE, 2003).

O conceito de REP foi definido primeiramente por Thomas Lindhqvist, em 1992, para descrever uma política então emergente na Europa, como a extensão da responsabilidade dos produtores para os impactos ambientais dos seus produtos para todo o ciclo de vida do produto e, especialmente, para a sua garantia de retorno, reciclagem e eliminação (KHETRIWAL *et al.*, 2007).

Atualmente o termo tem sido usado principalmente para descrever a responsabilidade dos produtos “pós-consumo”, ou seja, depois que os produtos tenham sido devolvidos no final da sua vida útil. Como tal, a REP transfere a responsabilidade de materiais descartados que de outra forma seriam geridos pelo governo local e pelos consumidores para a indústria privada, integrando, assim, aos custos do produto a eliminação ou reciclagem do mesmo (KHETRIWAL *et al.*, 2007).

A Diretiva 2002/96/CE considera o EPR como princípio básico de gestão dos REEEs, bem como responsabiliza esses produtores sobre os resíduos órfãos, ou seja, aqueles produzidos no passado ou por empresas que já não estão mais no mercado, definindo no seu item 20 a responsabilidade do produtor:

Os consumidores de EEE do setor eletrodomésticos devem ter a possibilidade de entregar os REEEs pelo menos sem encargos. Os produtores devem, por conseguinte, financiar a coleta nos postos de entrega e o tratamento, valorização e eliminação dos REEEs. A fim de dar ao conceito de responsabilidade dos produtores o maior efeito, cada produtor deve ser responsável pelo financiamento da gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos. Os produtores deverão poder optar por cumprir esta obrigação, quer ainda individualmente quer aderindo a um regime coletivo. Cada produtor, ao colocar seu produto no mercado, deverá prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão dos REEEs provenientes de produtos órfãos (histórico) recaiam sobre a sociedade ou sobre os produtores remanescentes (PARLAMENTO EUROPEU, 2003b).

3.3 Levantamento da situação internacional

3.3.1 União Européia (UE)

Na Europa, um dos setores industriais em maior crescimento é os do EEE (CUI; FORSSBERG, 2003). Assim, a quantidade de REEE está aumentando rapidamente e a taxa

esperada de crescimento dos REEEs é de, pelo menos, 3 a 5% ao ano (HISCHIER; WAEGER; GAUGLHOFER, 2005).

A quantidade de REEEs produzidos durante 1990-1999 foi de 3,3-3,6 kg *per capita*, com projeções para chegar a 3,9-4,3 kg *per capita* no período de 2000-2010 (CROWE *et al.*, 2003). De acordo com esse estudo (que avaliou apenas cinco aparelhos: geladeiras, computadores pessoais, televisores, fotocopiadoras e pequenos aparelhos domésticos), esses itens são responsáveis por apenas 25% de todo o fluxo de REEE na UE. Outra previsão da geração de REEE por habitante na UE é 4-20 kg ano⁻¹ (WIDMER *et al.*, 2005). O intervalo de incerteza diz respeito principalmente às diferenças na forma como os REEEs são definidos.

O aumento crescente da geração de REEE na UE suscitou, em 2002, pelo Parlamento Europeu, duas diretivas para EEE: “*Waste Electrical and Electronic Equipment*” - WEEE (PARLAMENTO EUROPEU, 2003b) e outra para substâncias perigosas, “*Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*” - RoHs (PARLAMENTO EUROPEU, 2003a).

A Diretiva 2002/95/CE tem como objetivo unificar as legislações dos estados-membros em matéria de restrições ao uso de substâncias perigosas em EEE e contribuir para a proteção da saúde humana e para a valorização e eliminação dos REEEs.

A Diretiva 2002/96/CE é relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e baseia-se no princípio da precaução e nos princípios de ação preventiva, da correção prioritariamente na fonte, dos danos causados ao meio ambiente e no poluidor-pagador.

Com o objetivo de atender às diretivas estabelecidas pelo Parlamento Europeu sobre REEE, a Bélgica criou a organização sem fins lucrativos denominada Recupel⁷. A Recupel foi criada em 2001 pelos produtores e importadores de EEE e tem como missão organizar, na Bélgica, o sistema de coleta, triagem e processamento ambientalmente correto dos REEEs. Encontra-se subdividida em:

- BW-REC - grandes eletrodomésticos;

⁷ Disponível em www.recupel.be. Consultado em 07.jul.2008.

- Recupel AV - para equipamentos de áudio e vídeo;
- Recupel SDA - pequenos aparelhos;
- Recupel ICT - aparelhos de escritório, de informação tecnológica e telecomunicação, máquinas de venda automática;
- Recupel ET & G - para equipamentos de jardinagem domésticos e profissionais;
- LightRec - para equipamentos de iluminação;
- MeLaRec - dispositivos médicos e de laboratórios, equipamentos esportivos.

Embora apresente subdivisões por diferentes equipamentos, o sistema de coleta é comum, como ilustrado na FIG. 3.15.

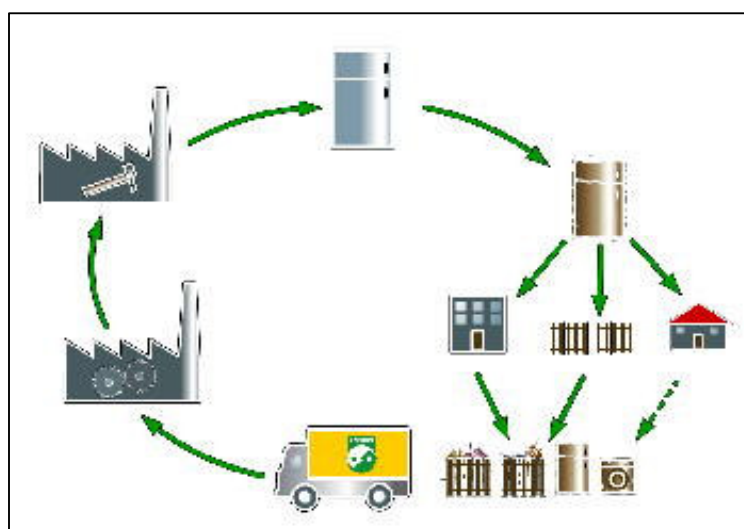


FIGURA 3.15 -Sistema de coleta de REEE na Bélgica.

Fonte: www.recupel.be. Consultado 07.jul.2008

O sistema funciona da seguinte forma: ao comprar um aparelho novo, é paga uma taxa para a Recupel, que é usada, em parte, para custear os sistemas de coleta, triagem, transporte e processamento e os custos operacionais e de comunicação da Recupel (relatórios de controle, informações para sociedade, etc.). A taxa de reciclagem é diferenciada do preço do produto, possibilitando ao consumidor ter ciência desse valor.

Os importadores e fabricantes de EEE são responsáveis por financiar parte dos custos de transporte e dos coletores de REEE, enquanto que os municípios se responsabilizam pelos encargos financeiros de armazenamento e classificação dos REEEs.

Segundo o Relatório Anual de 2007 (BELGICA, 2007), somente nesse ano a Recupel coletou 7,7 kg/habitantes de REEE em 3.652 pontos de coleta.

Na Suíça, há dois sistemas distintos de reciclagem de REEE: o SWICO *Recycling Guarantee* (SWICO Garantia de Reciclagem) e o S.EN.S., cada um sendo responsável por diferentes categorias de REEE.

A associação de fabricantes e importadores de equipamentos eletrônicos de escritório e de informação tecnológica - *Swiss Association for Information, Communication and Organization Technology* (SWICO) - criou em 1993 o SWICO - Garantia de Reciclagem para gerenciar os REEEs, abrangendo os equipamentos eletrônicos de escritório, informações tecnológicas, indústria gráfica, telefones e sistema central de telefonia, eletrônicos de consumo, bem como equipamentos dentários (HISCHIER; WAEGER; GAUGLHOFER, 2005).

A Fundação Suíça para Gestão de Resíduos (*Swiss Foundation for Waste Management – S.EN.S*), criada em 1990 como uma organização sem fins lucrativos, atua em nome dos fabricantes, importadores e retalhistas. Atuava inicialmente com refrigeradores e congeladores e a partir de 2005 tornou-se também, responsável por aparelhos eletrodomésticos, ferramentas e brinquedos elétricos bem como equipamentos de iluminação (HISCHIER; WAEGER; GAUGLHOFER, 2005).

No sistema SWICO, o consumidor pode entregar gratuitamente os seus REEEs aos retalhistas ou em postos de coleta. As empresas podem estabelecer parcerias com os Centros Oficiais de Coleta da SWICO. O sistema é financiado por taxas de deposição cobradas na compra de novos EEEs e estabelecidas conforme o produto (LUÍZIO, 2004).

No sistema S.EN.S, devido ao tamanho do equipamento, o consumidor pode solicitar a coleta domiciliar sob pagamento de uma taxa ou entregar gratuitamente nos Centros Oficiais de Coleta da S.EN.S. Ambos os sistemas são financiados pela taxa de reciclagem (*Advanced Recycling Fee-ARF*) que o cliente paga ao comprar os respectivos EEEs (HISCHIER; WAEGER; GAUGLHOFER, 2005). A FIG. 3.16 representa o sistema de coleta até a transformação em matéria-prima secundária dos REEEs na Suíça.

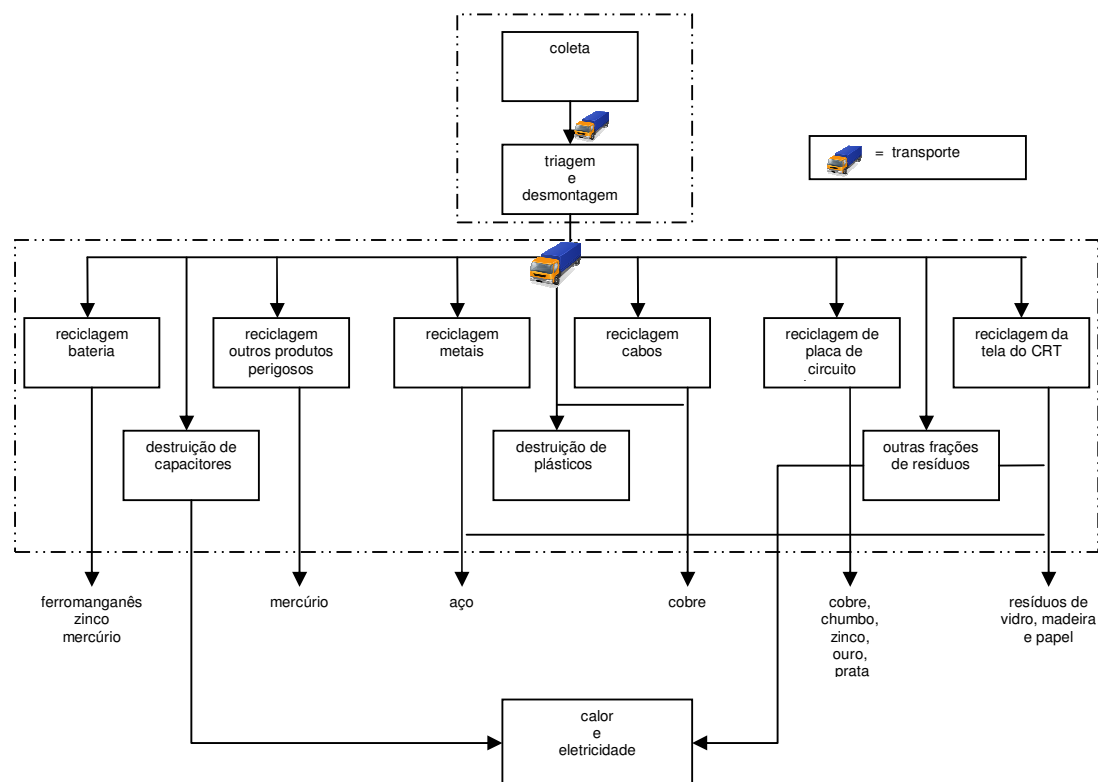


FIGURA 3.16 – Sistema de coleta até a transformação em matéria-prima secundária dos REEEs na Suíça.

Fonte: Hischier, Waeger e Gauglhofer (2005).

Segundo Hischier, Waeger e Gauglhofer (2005), os dois sistemas possibilitaram, no ano de 2004, a reciclagem de 75.000 toneladas de REEE, o que corresponde a aproximadamente 11 kg/habitante, excedendo o valor estabelecido pela Diretiva da União Européia de 4 kg/habitante.ano.

Na Espanha, os REEEs são recolhidos junto com os resíduos sólidos urbanos em aproximadamente 600 pontos de coleta, que não são distribuídos uniformemente por todo o país. Existem algumas empresas recicladoras, mas não atendem à demanda e os REEEs acabam sendo aterrados ou somente os metais sofrem reciclagem. Para atender à meta estabelecida de coleta para a UE, deveriam ser reciclados 151.000 t de REEE, porém a capacidade total das empresas recicladoras em 2006 era de 97.500 t por ano. Por isso, novas empresas deverão ser instaladas ou ocorrer a ampliação das já existentes (QUEIRUGA *et al.*, 2006).

De acordo com a Diretiva (PARLAMENTO EUROPEU, 2003b), os custos de coleta, tratamento, valorização e eliminação ambientalmente segura dos REEEs devem ser pagos pelos fabricantes e importadores. Na Espanha, os fabricantes e importadores criaram uma fundação, a ECOLEC, que realiza a gestão dos REEEs por duas formas: a instalação de empresas próprias de reciclagem ou a instalação de novas unidades de reciclagem em outros locais da Espanha (QUEIRUGA *et al.*, 2006). No ano de 2007, a fundação ECOLEC recolheu 56 mil toneladas de REEE, o que representa 7,7 kg/habitante.ano⁸.

3.3.2 Estados Unidos

De acordo com o *Electronics Waste Management in the United States - Approach 1*, nos Estados Unidos da América (EUA) foram gerados aproximadamente 2,2 milhões de toneladas de resíduos de TVs, telefones celulares e computadores pessoais, em 2005 - o equivalente a 6,8 kg/capita. Desta quantidade, 345.000 toneladas foram recicladas (1 kg/capita), ou seja, apenas 15% dos EEEs descartados tiveram como destino a reciclagem (US-EPA, 2007).

A diversidade de iniciativas políticas sobre REEEs nos EUA reforça a complexidade da relação entre Federação-estado. Alguns estados estão mais adiantados com a legislação local, proibindo o aterramento e incineração desses resíduos ou elaborando políticas sobre a responsabilidade estendida do produtor, principalmente para equipamentos de informação tecnológica, TVs e grandes eletrodomésticos. Como mostrado a seguir:

- **Arkansas:** *Arkansas Department of Environmental Quality* estabeleceu regulamentações proibindo a disposição de EEEs e computadores em aterros, a partir de 1º de janeiro de 2008.
- **Califórnia:** o *Electronic Waste Recycling Act* define importantes ações como redução do uso de substâncias perigosas usadas em EEEs vendidos na Califórnia; cobrança de taxa de reciclagem na venda de alguns produtos; distribuição do valor arrecadado com a taxa de coleta e reciclagem para entidades qualificadas em coleta e reciclagem de REEE e diretrizes para compra de EEE para as agências do estado por produtos ambientalmente corretos.

⁸ Disponível em www.ecolec.eswcol. Consultado em 07.jul.2008

- **Maryland:** requer das empresas que fabricam computadores planos que descrevam ações que priorizem a facilidade de desmonte e a reciclabilidade de componentes, bem como a redução de uso de substâncias perigosas; e incluem a taxa de reciclagem de computadores no estado para ser cobrada por varejistas no local de venda.
- **Washington:** exige das fábricas um registro com o *Department of Ecology* a partir de janeiro 2007 e a implementação a partir de janeiro de 2009 de uma taxa para recolhimento, transporte e reciclagem de EEE. Inclui-se a criação de uma entidade pública para desenvolver e implementar o programa de taxa e reciclagem para o fabricante participante no plano de normas. Atende os equipamentos de informação tecnológica (IT) e televisores.

3.3.3 Coréia

Em 1992, foi introduzido na Coréia o sistema de depósito de resíduos. Nesse sistema é imposta uma taxa constante sobre produtos e embalagens que são facilmente recicláveis, que é devolvida após a reciclagem dos produtos. Em 1992, somente as máquinas de lavar e os televisores eram taxados; posteriormente, estendeu-se para geladeiras e aparelhos de ar-condicionado. Em 2003, foi implementado o sistema REP, fazendo com que os produtores passassem a ser responsáveis pelo ciclo de vida de seus produtos, iniciando por televisores, geladeiras, máquinas de lavar, ar-condicionado e computadores. Em 2005, foram incluídos os equipamentos de áudio, telefones celulares, telefax e impressoras (LEE; SONG; YOO, 2007). Segundo Lee, Song e Yoo (2007), a taxa de coleta ainda não é satisfatória em comparação com a rápida geração desses resíduos. Isso pode ser atribuído à insuficiência de infra-estrutura no sistema de coleta, falta de informação dos consumidores, bem como deficiência nas tecnologias de reciclagem dos REEEs.

Em 1998 a Coréia possuía três centros de reciclagem de REEE em pleno funcionamento, para televisores, geladeiras, máquinas de lavar roupa e aparelhos de ar-condicionado, com capacidade total de 880.000 unidades/ano. A reciclagem de computadores e telefones móveis, no entanto, é recente e insignificante em comparação com o montante gerado (LEE; SONG; YOO, 2007).

Os REEEs são recolhidos por entidades locais autônomas, por distribuidores e, ou, recicladores e posteriormente encaminhados para reciclagem, reutilização, incineração, aterramento, etc. Em 2000, foram coletados na Coreia 1,3 milhão de resíduos e 2,3 milhões em 2003, um aumento de 75%. A razão desse aumento é a influência do REP, implementado em janeiro de 2003 (KNCPC, 2004a, *apud* LEE; SONG; YOO, 2007). Várias iniciativas para resolução dos problemas relacionados ao gerenciamento correto dos REEEs estão sendo implementadas nos países desenvolvidos. O QUADRO 3.9 resume essas iniciativas.

QUADRO 3.9

Iniciativas que tentam resolver os problemas relacionados aos REEEs

INICIATIVAS	DESCRIÇÃO
Convenção de Basiléia e <i>Basel Ban</i>	Um acordo global que regulamenta a circulação de resíduos perigosos, incluindo REEE, entre os países, em vigor desde 1992. O <i>Basel Ban</i> é uma emenda na Convenção de Basiléia que proíbe a exportação de resíduos perigosos de países membros da OCDE para países não-membros.
StEP (<i>Solving the e-waste problem</i>)	Uma iniciativa da ONU iniciada em 2004, no " <i>Electronic Goes Green</i> " em Berlim, para construir uma plataforma internacional para o desenvolvimento e intercâmbio de conhecimentos sobre logística reversa em sistemas de REEE entre todos os países.
<i>Basel Action Network</i> (BAN), <i>Silicon Valley Toxics Coalition</i> (SVTC) e campanha de coleta de computadores	Uma rede de ONGs nos EUA que trabalha em conjunto sobre questões de REEE, incluindo advocacia internacional para o <i>Basel Ban</i> coleta doméstica e eventos de reciclagem, bem como, pesquisas para promover soluções nacionais para os resíduos perigosos.
Fórum REEE	Fundado em 2002, o Fórum para REEE é um grupo de representantes voluntários que estimulam a REP na Europa
<i>National Electronics Product Stewardship Initiative</i> (NEPSI)	Um diálogo multilateral para desenvolver uma metodologia para o sistema nacional de gestão de REEE nos EUA. O NEPSI inclui representantes dos fabricantes de produtos EE, retalhistas, governos estaduais e locais, recicladores, grupos ambientalistas e outros.
<i>Electronics Product Stewardship Canada</i> (EPS Canada)	EPS Canadá foi criado para desenvolver uma estrutura flexível de soluções junto às indústrias e o governo. Constituído por 16 líderes das indústrias fabricantes de EE.
ERP (<i>European Recycling Platform</i>)	Criado no final de 2002 por <i>Hewlett Packard, Sony, Braun e Electrolux</i> para ajudar os produtores a cumprir as diretivas sobre REEE. Destina-se a avaliar, planejar e operar um rede pan-européia para reciclagem e gestão dos resíduos e serviços.
SECO/EMPA programa e-lixo	Um projeto criado em 2003 pela SECO (<i>Swiss State Secretariat for Economic Affairs</i> /Secretaria de Estado Suíço de Assuntos Econômicos) e executado por EMPA (<i>Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research</i> /Laboratório Federal Suíço de Ensaio e Pesquisa em Materiais), em cooperação com vários parceiros locais e autoridades, a fim de avaliar e melhorar os sistemas de reciclagem dos REEE em diferentes partes do mundo por meio de intercâmbios de conhecimento sobre técnicas de reciclagem.

Fonte: Widmer *et al.* (2005).

3.3.4 Mercado Comum do Sul (MERCOSUL)

Em março de 1991, a Argentina, o Brasil, o Paraguai e o Uruguai firmaram o Tratado de Assunção, constituindo o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL). Esse tratado é de

caráter basicamente comercial e seu principal objetivo é a constituição de um mercado comum visando a dinamizar a economia regional, movimentando entre si mercadorias, pessoas, força de trabalho e capitais, estabelecendo-se que o mesmo deva ser alcançado preservando-se o meio ambiente (ARGENTINA, 2008).

O Grupo de Mercado Comum (GMC) pertencente ao MERCOSUL criou a Reunião Especializada em Meio Ambiente (REMA) para discutir as temáticas ambientais. A REMA estabelece as diretrizes básicas de política ambiental que definem um conjunto de princípios orientadores, objetivos mínimos e ações que deve ser seguido em matéria de política ambiental pelos países membros (ARGENTINA, 2008).

Os ministros de Meio Ambiente dos países membros do MERCOSUL, em sua III Reunião, realizada em 30 de junho de 2005, aprovaram o Acordo 01/05 sobre “Diretrizes para o Desenvolvimento de uma Política MERCOSUL de Gestão Ambiental de Resíduos Especiais de Geração Universal e Responsabilidade Pós-consumo”. Em reunião extraordinária, promulgaram a “Política Mercosul de Gestão Ambiental de Resíduos Especiais de Geração Universal e Responsabilidade Pós-Consumo”, aqui denominada “Política” (MERCOSUL, 2006).

Sobre a “Política”, os fabricantes e importadores de produtos eletrônicos, pilhas, telefones celulares, lâmpadas fluorescentes e de mercúrio e outros equipamentos que contenham mercúrio, listados em seu Anexo I, são responsáveis pelo produto pós-consumo a partir de programas de devolução e campanhas de sensibilização do consumidor.

QUADRO 3.10

Lista de resíduos especiais de geração universal (Anexo I)

Azeites usados vegetais e minerais domésticos, de gastronomia e de pequenos geradores.
Baterias e pilhas
Eletroeletrônicos
Recipientes de biocidas e biocidas fora de especificação
Luminárias (Lâmpadas de mercúrio e tubos fluorescentes), termômetros, manômetros e outros. Equipamentos com uso de mercúrio.
Pneumáticos usados.
Telefonia celular

Fonte: MERCOSUL (2006).

A partir da vigência da “Política”, os países membros deverão notificar a Secretária de Convênio de Basiléia sobre Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e incorporar a presente decisão a seus órgãos jurídicos nacionais. São abordados na “Política”:

- **Cobertura dos produtos**

O objetivo geral da “Política” é estabelecer as bases para uma plataforma regional para a gestão ambiental de resíduos especiais de geração universal incorporando a responsabilidade pós-consumo. Seu artigo 4 define:

RESÍDUOS ESPECIAIS DE GERAÇÃO UNIVERSAL: consideram-se resíduos especiais de geração universal todo aquele que sua geração ocorrer de maneira massiva ou universal e que por sua consequência ambiental, característica de periculosidade, risco e potencial efetivo nocivo para o meio ambiente, requer uma gestão ambiental adequada e diferenciada dos outros resíduos (MERCOSUL, 2006).

A lista dos equipamentos eletroeletrônicos poderá ser atualizada, revisada e ampliada por meio de um acordo prévio dos países membros, conforme a identificação de prioridades e mediante o procedimento previsto pelo MERCOSUL (2006).

- **Responsabilidade do fabricante e do importador**

Os fabricantes e importadores são responsáveis pelo fim-de-vida dos produtos do Anexo I. A responsabilidade pós-consumidor envolve, como determinado em cada caso particular, assegurar: a) que os produtos do Anexo I sejam coletados, reusados, reciclados, recuperados ou eliminados de maneira ambientalmente adequada; b) que os consumidores sejam informados dos sistemas de coletas e segregação dos produtos (art. 8).

- **Responsabilidades dos países membros**

A “Política” exige que países membros estabeleçam critérios comuns para a gestão ambiental de resíduos especiais universais por esquemas de responsabilidade de pós-consumidor (art. 3), incluindo o desenvolvimento de: a) critérios comuns de gestão ambiental para os resíduos previstos no Anexo I; b) normas e guias técnicos sobre a constituição de determinados produtos a respeito de requisitos ambientais mínimos e que contemplem especialmente a minimização e a geração de resíduos e seu aproveitamento dentro de um ciclo produtivo, considerando, para este último, as melhores técnicas disponíveis, tecnologias limpas e melhores práticas ambientais (art. 16).

- **Outros atores**

Com o objetivo de alcançar o perfeito funcionamento da “Política”, os países membros estimulam conduta dos seguintes atores: a) comerciantes e distribuidores a promoverem normas de recepção de produtos pós-consumo; b) comunidade em geral, a estabelecer normas de segregação, devolução e disposição dos resíduos do Anexo I; c) meios de comunicação e estabelecimentos educativos, a apoiar e incentivar por meio da informação e da educação o cumprimento da gestão programada; d) governos locais, a apoiar em sua respectiva jurisdição a implementação dos sistemas de cobrança, armazenamento e gestão dos resíduos para sucesso de uma gestão ambientalmente adequada dos mesmos. Finalmente, a “Política” fará uso de instrumentos diferentes para alcançar essas metas, incluindo plano de gestão de resíduos, inventários de resíduos, um sistema de armazenamento, devolução e retorno pós-consumo, normas técnicas e legislações, investigação científica e tecnológica, educação ambiental e capacitação, sistema de informação ambiental do MERCOSUL (SIAM), ecoeficiência e produção limpa,

entre outros (art. 6). Segundo a *Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación* (SayDS)⁹, aproximadamente 20.000 toneladas de “*resíduos de aparatos eléctricos y electrónicos*” (RAEE) foram descartados na Argentina no ano de 2006, sendo que em 2004 foram descartadas 1.850 toneladas de resíduos, o que comprova o significativo crescimento desses resíduos. A SAYDS considera o REEE um resíduo perigoso e, portanto, está regido pelas Leis Nacionais nº. 24.051 (de Resíduos Perigosos) e 25.612 (de Resíduos Industriais e Atividades Comerciais). Portanto, devem ser coletados e tratados por operadores devidamente registrados nos organismos ambientais.

A Argentina não possui legislação específica e, portanto, adota como modelo a Diretiva REEE da EU (PROTOMASTRO, 2007). Outros países da América Latina estão pesquisando sobre a geração e impactos dos REEEs, bem como desenvolvendo ações para o seu gerenciamento, como demonstrado a seguir:

- **Colômbia:** somente no ano de 2007 foram gerados entre 6.000 e 9.000 toneladas de computadores, monitores e componentes (45 milhões de habitantes). A quantidade de resíduo acumulado até 2007 era de 40.000 a 50.000 toneladas; nota-se que somente no ano de 2007 foi gerado um quinto de todos os resíduos de computadores da Colômbia. No ano em questão não existia infra-estrutura para reciclar esse tipo de resíduo no país, havendo poucas empresas formais e verificando-se aumento nas atividades artesanais de recuperação (OTT, 2008).
- **Peru:** no Peru não existem mecanismos corretos para disposição dos REEEs. O manejo se dá de maneira formal e informal, não existindo registros de dados sistematizados que sustentem as quantidades de resíduos processados. Somente em 2007 foram geradas 7.300 toneladas de resíduos de equipamentos de informática (acumulado = 21.166t) e 989 toneladas de resíduos de celulares (acumulado = 2.922t) para uma população de 29 milhões de habitantes. Há leis como Lei Geral sobre Resíduos (2000) e seus regulamentos (2004) e outros regulamentos sobre os procedimentos administrativos de mercadorias de Estado Imóvel (2001), mas os principais utilizados não têm pleno conhecimento dessas regras (ESPINOZA *et al.*, 2008).

⁹ Disponível em: www.ambiente.gov.ar. Acesso em 22.jul.2008

- **Chile:** mais de 300.000 *desktops* e *notebooks* tornaram-se obsoletos no Chile em 2007 (população de 16 milhões). Há estimativas de que esse número chegue a 1,7 milhões de computadores obsoletos no ano de 2020. As instituições públicas e privadas já estão promovendo ações para o descarte correto dos ITs. A reciclagem ocorre por intermédio do mercado formal e informal. As empresas formais já estão sendo legalizadas e os custos revistos de modo a torná-las mais competitivas. Em 2007, apenas 1,5 a 3% dos resíduos gerados de computador foram reciclados adequadamente. Há necessidades de leis específicas para REEE e que seja introduzido o conceito de responsabilidade estendida do produtor (STEUBING, 2007).
- **México:** estima-se que o México tenha produzido, no ano de 2006, 257.021 toneladas de REEE, sendo 28.000 de resíduos de informação tecnológica para uma população de 103 milhões de habitantes (ROMAM, 2007).

3.4 Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no Brasil

O Brasil não possui política para resíduos sólidos. Uma das primeiras tentativas para uma regulamentação nacional de resíduos sólidos se deu por meio do Projeto de Lei 203/91 (BRASIL, 2002), cujo relator foi o Deputado Émerson Kapaz, porém, passados 17 anos, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil ainda não foi votada.

Em consulta ao *web site* da Câmara dos Deputados, em dezembro de 2008, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Projeto Lei 1991/07, apensado ao Projeto Lei 203/91, se encontrava à apreciação do Plenário com regime de tramitação urgente¹⁰.

A questão é bastante preocupante, sobretudo se for considerada a precariedade da atual gestão dos resíduos urbanos no tocante às condições da destinação final e ao alto grau de informalidade do setor de reciclagem no país.

Entre os resíduos considerados especiais, somente os de pilhas e baterias têm seu gerenciamento pós-consumo determinado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente

¹⁰ Disponível em <http://www2.camara.gov.br/proposicoes>. Acesso em 10.dez.2008

(CONAMA), por meio da Resolução CONAMA nº 401 de 04 de novembro de 2008, que revoga a Resolução CONAMA nº 257 de 1999, que determina a responsabilidade dos fabricantes nacionais e importadores na gestão da coleta, classificação e transporte dos produtos descartados, assim como o tratamento prévio dos mesmos (BRASIL, 2008).

O Brasil é dividido em 27 unidades federativas, sendo 26 estados e um distrito federal, e em junho de 2008, somente nove estados possuíam política estadual de resíduos sólidos; e em nenhuma dessas Políticas há referência direta aos REEEs, como demonstrado no QUADRO 3.11.

QUADRO 3.11		
Análise da abordagem de REEE nas Políticas de Resíduos Sólidos de nove Estados Brasileiros		
ESTADO	LEI	COMENTÁRIO
Rio Grande do Sul	Lei 9.921 de 27/07/1993	Extremamente simples. Não aborda REEE.
Paraná	Lei 12.493 de 22/01/1999	Aborda a responsabilidade de fabricantes, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos radioativos. Não aborda REEE.
Mato Grosso do Sul	Lei 2.080 de 13/01/2000	Aborda a responsabilidade de fabricantes, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos radioativos. Não aborda REEE.
Ceará	Lei 13.103 de 24/01/2001	Adota o Princípio do Poluidor Pagador (PPP); responsabilidade pós-consumo do fabricante e/ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Classifica pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, vapor de mercúrio e luz mista como resíduos especiais. Responsabiliza fabricante e importadores de resíduos classificados como especiais sobre seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEE.
Pernambuco	Lei 12.008 de 01/06/2001	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados; responsabiliza os fabricantes e importadores de produtos classificados como especiais sobre o seu gerenciamento. No entanto não especifica o que são resíduos especiais. Não aborda REEE.
Goiás	Lei 14.248 de 29/07/2002	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados. Classifica pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes de vapor de mercúrio, vapor de sódio e luz mista; disquetes e CD-rom's como resíduos especiais e responsabiliza os fabricantes, importadores e representantes pelo seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEE.
Rio de Janeiro	Lei 4.191 de 30/09/2003	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados; incentiva a prática e implantação de "selos verdes" por produtores e seus produtos. Não define conceito de resíduos adotados pela Lei. Não aborda REEE.
Santa Catarina	Lei 13.557 de 17/11/2005	Estabelece a responsabilidade pós-consumo do fabricante e/ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Define resíduos especiais mas não especifica. Adota o PPP. Não aborda REEE.
São Paulo	Lei 12.300 de 16/03/2006	Adota o PPP. Estabelece a responsabilidade pós-consumo do fabricante e/ou importador pelos produtos e respectivos embalagens ofertadas ao consumidor final. Não aborda REEE.
Minas Gerais	PL 1.269 de 16/06/2007	Estabelece a responsabilidade sócio-ambiental compartilhada entre poder público, produtor, transportadores, distribuidores, consumidores e geradores no fluxo RS. Define RS especiais e RS pós-consumo, mas não especifica. Adota o PPP. Não aborda REEE.
POLÍTICA NACIONAL RESÍDUOS SÓLIDOS		Define resíduos sólidos especiais ou diferenciados, mas não especifica. Cita resíduos sólidos reversos mas não define. Estabelece a responsabilidade do consumidor, do serviço público de limpeza urbana, do fabricante e importador, dos revendedores, comerciantes e distribuidores por meio da logística reversa. Não aborda REEE.

Fonte: Ce, 2001; Go, 2002; MG, 2007; MGS, 2000; Pe, 2001; Pr, 1999; RGS, 1993; RJ, 2003; SC, 2005; SP, 2006

Tramita na Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais, desde maio de 2008, o Projeto Lei nº. 2131, de autoria do deputado Walter Tosta, que “dispõe sobre diretrizes e procedimentos para reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico”. O PL estabelece a responsabilidade solidária entre produtores, comerciantes e importadores pela destinação final adequada de produtos e componentes eletroeletrônicos. No entanto, essa responsabilidade se limita à instalação de pontos de coleta para receber o lixo tecnológico e não aborda a reciclagem, o *ecodesing* ou o limite de uso de substâncias tóxicas na fabricação do produto.

A falta de regulamentação específica para esse resíduo faz com que fabricantes e importadores não tenham responsabilidade sobre o gerenciamento pós-consumo de seus produtos, tornando o processo de coleta e reciclagem à mercê do mercado informal.

Segundo levantamento feito por Rodrigues (2007) estimando o potencial de geração dos REEEs no Brasil entre 2002 e 2016, chegou-se à média anual de geração de 493.400 toneladas de REEE, representando média *per capita* de 2,6 kg/ano. A autora conclui que, embora esses resíduos apresentem substâncias tóxicas e perigosas, listadas no Anexo C da NBR 10.004 da ABNT, são atualmente considerados resíduos comuns, uma vez que têm sua origem nos domicílios e comércios:

Pode-se afirmar que uma infra-estrutura de coleta desses resíduos é inexistente no país, uma vez que não há atualmente legislação que considere suas peculiaridades tóxicas ou que obrigue ao estabelecimento de sistemas de coletas específicos. Em consequência, as alternativas existentes para o descarte dos equipamentos elétricos e eletrônicos ao final de sua vida útil são: a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares; as operações especiais dos serviços de limpeza urbana, para coleta de grandes eletrodomésticos; a doação direta a catadores ou então a disposição junto a outros materiais recicláveis, em pontos de entrega voluntário, quando existentes (RODRIGUES, 2007 p.251).

Essa situação é preocupante considerando-se que os mesmos não são referenciados na legislação ambiental nacional.

3.5 Gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Belo Horizonte

A gestão de resíduos sólidos no município de Belo Horizonte é de responsabilidade da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), criada em 1973 sob a forma jurídica de

autarquia municipal, que tem como objetivo coordenar, planejar, executar e fiscalizar os serviços de limpeza pública de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 2000).

A SLU atua de forma descentralizada, fazendo parte da sua estrutura quatro diretorias, ligadas diretamente ao cargo de superintendente, e as assessorias, sendo: 1) operacional, responsável por todo o processo de limpeza no dia-a-dia; 2) de planejamento e gestão, na qual são elaboradas todas as estratégias adotadas para otimizar a limpeza; 3) jurídica, que cuida das licitações; 4) administrativo-financeiro, responsável pelo fluxo financeiro de todas as atividades. Cada diretoria possui diversos departamentos, cada qual com sua função definida (QUINTILIANO; COSTA, 2006).

As atividades de limpeza urbana executadas pela SLU consistem em: coleta domiciliar convencional usando caminhão compactador; coleta por caçambas; coletas diferenciadas em vilas, favelas e locais de difícil acesso; coleta manual e mecânica de deposição clandestina; coleta de resíduos das unidades de serviços de saúde; coleta seletiva de resíduos orgânicos em feiras e sacolões; coleta seletiva de papel, metal e plástico; coleta seletiva de vidro; reciclagem de entulho da construção civil; compostagem simplificada; aterragem de resíduos; serviços de varrição e capina; serviços de lavagem de vias e serviços multitarefa (BELO HORIZONTE, 2008).

De acordo com o Relatório Anual de Atividades da Limpeza Urbana de 2007 a SLU presta seu serviço ao município de Belo Horizonte de modo direto ou por meio de empresas contratadas, conforme demonstrado na TAB. 3.8.

TABELA 3.8
Participação na execução de serviços PBH/SLU e contratadas

Atividades de Limpeza Urbana	PBH/SLU (%)	Contratadas (%)
Coleta domiciliar convencional (com caminhão compactador)	14	86
Coleta por caçambas	7	93
Coletas diferenciadas		
- Coleta domiciliar em vilas, favelas e locais de difícil acesso	0	100
- Resíduos coleta manual deposição clandestina	0	100
- Resíduos coleta mecânica dep. clandestina	0	100
Coletas de Resíduos das Unidades de Serviços de Saúde	100	0
Coleta Seletiva de Resíduos Orgânicos em Feiras e Sacolões	100	0
Coleta Seletiva de Papel, Metal e Plástico	29	71
Coleta Seletiva de Vidro	100	0
Reciclagem de Entulho da Construção Civil	100	0
Compostagem Simplificada	100	0
Aterragem de Resíduos	78	22
Serviços de Varrição e Capina	7	93
Serviços de Lavação de Vias	100	0
Serviço de Multitarefa	3	97

Fonte: Belo Horizonte (2008).

A coleta de resíduos sólidos em Belo Horizonte atinge 95% da população (2.292.290 habitantes) e os resíduos coletados no município são destinados a aterramento ou para reciclagem. Somente no ano de 2007 foram aterrados 4.433,45 t/dia de resíduos diversos e destinados à reciclagem 276,82 t/dia, incluindo os resíduos de construção civil (BELO HORIZONTE, 2008). A TAB. 3.9 mostra a quantidade em massa e os tipos de resíduos destinados à reciclagem no ano de 2007.

TABELA 3.9

Resíduos destinados à reciclagem em Belo Horizonte no ano de 2007

Tipos de Resíduos	acumulado/ano (toneladas)	%	t/mês	t/dia
Resíduos da Coleta Seletiva de Orgânicos em Feiras e Sacolões	1.492,08	0,09	124,34	4,09
Resíduos da Construção Civil	91.378,80	5,32	7.614,90	250,35
Resíduos das Coletas Seletivas de Materiais Recicláveis: papel, metal, plástico e vidro	8.167,82	0,48	680,65	22,38
Total.....	101.038,70	5,89	8.419,89	276,82

Fonte: Belo Horizonte (2008).

A reciclagem de resíduos consiste em duas categorias: os resíduos provenientes da construção civil e os resíduos denominados “secos”, em que se incluem os papéis, plásticos, metais e vidros. Para a coleta de papéis, plásticos, metais e vidros existem espalhados pela cidade de Belo Horizonte contêineres para o recebimento desse material (os chamados locais de entrega voluntária - LEVs), localizados em pontos estratégicos como praças, parques e centros importantes, para a população sensibilizada com a reciclagem depositar o material separado.



FIGURA 3.17 – Locais de entrega voluntária no município de Belo Horizonte.

Outro meio para coletar esse material reciclável é a coleta porta-a-porta, da mesma forma como é feita a coleta domiciliar: em dia preestabelecido o caminhão da coleta seletiva

passa coletando o material já separado pela população e encaminhando esse material para as cooperativas de materiais recicláveis.



FIGURA 3.18 – Caminhão da coleta porta-a-porta no município de Belo Horizonte

Desde 1990 a SLU estabelece parcerias com as cooperativas de beneficiamento de materiais recicláveis. O principal vínculo dessa parceria é a concessão do material da coleta seletiva feita pela prefeitura tanto por meio dos LEVs quanto via coleta porta-a-porta (QUINTILIANO; COSTA, 2006). Os materiais são entregues para seis cooperativas distribuídas nas regionais de Belo Horizonte, as quais fazem a triagem e comercialização do material, sem que nenhum repasse seja transferido ao poder público.

A TAB. 3.10 mostra as seis cooperativas de beneficiamento de materiais recicláveis, bem como a quantidade de materiais destinados às mesmas, oriundos de diversas fontes.

TABELA 3.10
Coleta seletiva de papel, metal, plástico e vidro, segundo a origem e em massa
(tonelada/ano de 2007)

Origem	ASMARE	COOPER-SOLI BARREIRO	COOPER-SOL VENDA NOVA	COMARP	ASSOCI-RECICL E	COOPE-MAR OESTE	COLETA SELETIVA VIDRO
Catadores	2.784,80	1,04	–	–	–	–	–
Doações	2.075,20	398,21	–	–	–	–	–
Aquisição de terceiros	260,98	–	41,52	–	–	–	–
SLU LEVs	147,64	77,76	–	329,53	111,33	–	577,27
SLU PP	783,96	69,78	–	82,87	19,08	211,83	55,44
Contratada PP	–	43,22	–	44,11	–	50,17	–
Mutirão Dengue	–	–	–	–	–	–	2,08
Total	6.052,58	590,01	41,52	456,51	130,41	262,00	634,79

Fonte: Belo Horizonte (2008).

Para a coleta do vidro, dois meios são usados, o da coleta seletiva porta-a-porta, em que o vidro é encaminhado para as cooperativas, e os depositados nos contêineres apropriados (LEVs), de onde os vidros são encaminhados para uma empresa de beneficiamentos, que comercializa esse material e repassa a verba para a Santa Casa de Misericórdia. No ano de 2007, das 634,78 toneladas coletadas, 577,27 foram provenientes dos LEVs (BELO HORIZONTE, 2008).

O município de Belo Horizonte possui um programa de reciclagem de entulho da construção civil, que é considerado um exemplo nacional. O Programa de Reciclagem de Entulho objetiva promover a recuperação da qualidade do meio ambiente urbano e gerar material de construção, reaproveitando o entulho. O material reciclado é aplicado na construção civil, em substituição à areia e à brita ou ao minério de ferro, na execução de sub-base de vias de trânsito.

Para recolhimento do entulho da construção civil, bem como de podas e de “bagulhos volumosos”, os quais são caracterizados pela SLU como colchões, eletrodomésticos e

mobiliário, são disponibilizados, nas nove regionais do município, as Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs), onde a população pode depositar gratuitamente pequenas quantidades desses materiais.

Os resíduos sólidos destinados ao aterramento são dispostos em dois locais distintos: a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040 (CTRS-BR-040) de propriedade do município e na Central de Tratamentos de Resíduos Macaúbas de propriedade particular e situada no município de Sabará.

A CTRS-BR 040 iniciou suas atividades em fevereiro de 1975 e teve seu encerramento em 25 de dezembro de 2007. A partir de dezembro de 2007 os resíduos produzidos pelo município de Belo Horizonte com destino ao aterramento são coletados, encaminhados para a CRTS-BR 040 e repassados aos caminhões de transbordo para serem enviados à CTR-Macaúbas, no município de Sabará, onde são aterrados.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da pesquisa

Tendo como objetivo de estudo a elaboração de um protocolo de referência para o gerenciamento dos REEEs para o município de Belo Horizonte, fez-se necessário um extenso levantamento de dados. Como recursos à pesquisa quantitativa, adotaram-se a pesquisa qualitativa exploratória e a pesquisa qualitativa descritiva.

Para estimar a geração de REEES, utilizou-se o método quantitativo; a pesquisa exploratória foi empregada para proporcionar ao pesquisador mais familiaridade com o problema em estudo; e a pesquisa descritiva objetivou conhecer e interpretar a realidade sem nela interferir para modificá-la.

Para Vieira (2002), a pesquisa exploratória visa a proporcionar ao pesquisador mais familiaridade com o problema em estudo, possibilitando a compreensão do problema. Caracteriza-se também como descritiva, pois os fatos serão observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira neles (ANDRADE, 1997).

4.2 Desenho da pesquisa

A metodologia aplicada no desenvolvimento da presente pesquisa subdividiu-se em três fases, conforme a FIG. 4.1, delineadas de acordo com o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, ou seja:

- Fase 1: estimar a geração de REEE, a quantidade e o peso dos materiais recicláveis e de substâncias tóxicas presentes;
- Fase 2: diagnosticar o fluxo dos REEEs no município de Belo Horizonte;
- Fase 3: elaborar o protocolo de referência para o gerenciamento de REEEs domésticos para o município de Belo Horizonte.

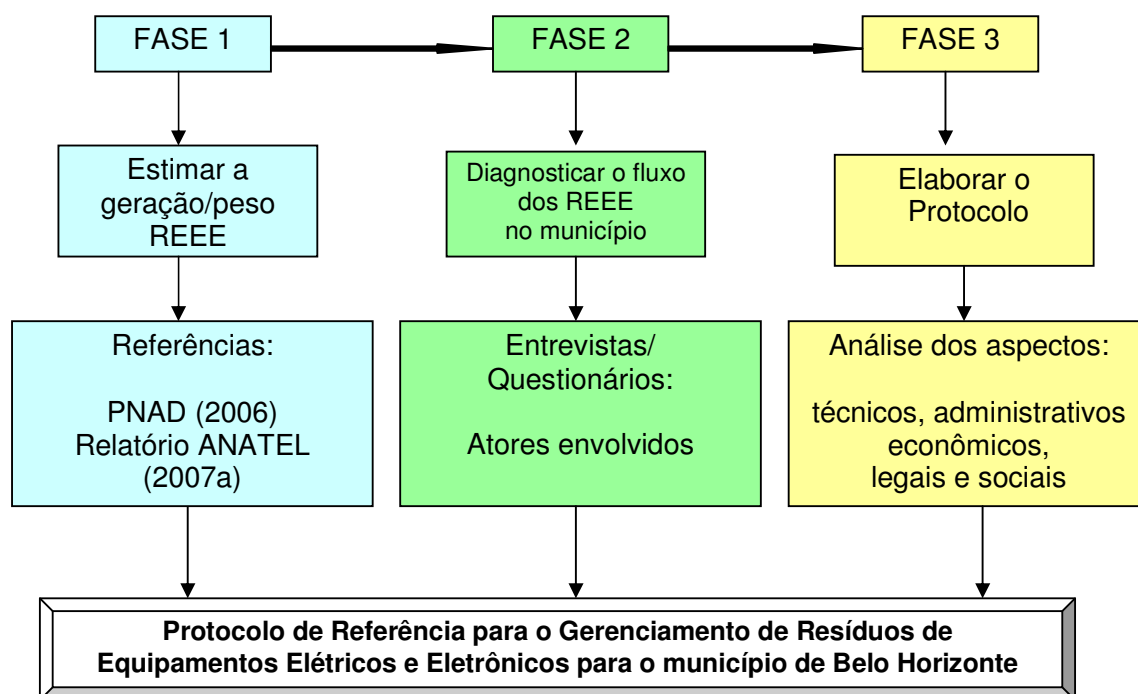


FIGURA 4.1 – Desenho da pesquisa.

Antes do início da fase 2 da pesquisa, o projeto inicial foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG), sendo aprovado em julho de 2008 sob o número de registro CAAE – 0261.0.203.000-8. Após a aprovação, iniciou-se a coleta de dados.

A primeira fase correspondeu à estimativa da geração de REEE no município de Belo Horizonte. Para tanto, foram usados os dados obtidos por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (IBGE, 2006) para os refrigeradores e congeladores, aparelhos de televisão e computadores. Para os telefones celulares, foram adotados os dados fornecidos pelo Relatório Anual da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2007a).

A segunda fase objetivou diagnosticar o fluxo dos REEEs no município de Belo Horizonte. Primeiramente, delimitou-se a área de estudo; posteriormente, identificaram-se os atores envolvidos na cadeia pós-consumo desses equipamentos, que foram submetidos a entrevistas e/ou aplicação de questionários e os dados foram analisados, determinando-se, assim, o fluxo dos REEEs no município.

A partir dos dados consolidados da primeira e segunda fases, iniciou-se a terceira fase, que constou da elaboração do protocolo de referência para gerenciamento dos REEEs domésticos para o município de Belo Horizonte. Nesta fase foram analisados os aspectos técnicos, econômicos, administrativos, legais e sociais para implementação do plano de gerenciamento.

4.3 Unidades de estudo – equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos

Como mostrado no QUADRO 4.1, as categorias de EEE são abrangentes, portanto, para esta pesquisa foram adotadas unidades de análise de estudo. O QUADRO 13 apresenta as categorias, os respectivos equipamentos selecionados e as substâncias perigosas presentes em cada equipamento.

QUADRO 4.1

Equipamentos selecionados para estudo

CATEGORIAS	EQUIPAMENTOS SELECIONADOS	SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS
Grandes Eletrodomésticos	Refrigerador e congeladores	CFCs
Equipamentos de informática e de telecomunicações	Computadores e Telefones celulares	Pb, PbO, Hg, Cd, PCB, PVC, retardantes de chama
Equipamentos de consumo	Aparelhos de televisão	Pb, PbO, Cd, PCB, PVC, retardantes de chama

A seleção desses equipamentos deu-se de acordo com os seguintes critérios:

- Equipamentos para os quais existem dados disponíveis de domicílios brasileiros que possuem tais equipamentos.
- Equipamentos com crescentes volumes de vendas nos últimos anos.
- Equipamentos que são rapidamente substituídos por outros de novas tecnologias.
- Equipamentos que apresentam potencial tóxico quando descartados indevidamente.

Por falta de dados nacionais sobre a vida útil média dos equipamentos elétricos e eletrônicos, adotaram-se como padrão os prazos estabelecidos no estudo realizado pela Agência Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA, 2007), sendo: refrigerador e

freezer – 15 anos; computadores pessoais – cinco anos; telefones celulares – dois anos; e aparelhos de televisão – 13 anos.

4.4 Diagnóstico do fluxo de REEEs domésticos no município de BH

4.4.1 Caracterização do município de BH

O município de Belo Horizonte está situado no centro-sul do estado de Minas Gerais, com extensão territorial de 335 km² e população de 2.412.937 habitantes, segundo dados do IBGE de 2007. A qualidade de vida de sua população, se vista pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), 0,839, é acima da média brasileira (0,775) - (BRASIL, 2000b), o que se traduz no desenvolvimento de um mercado de consumo com elevado potencial de geração de resíduo.

Sendo a primeira cidade planejada do Brasil, foi criada em 1897 para ser a capital do estado de Minas Gerais. Com o êxodo rural em Minas Gerais, nos anos de 1950, sua população duplicou, passando de 350 mil para 700 mil habitantes, ocasionando um acelerado crescimento urbano em que casas e áreas verdes foram substituídas por altos edifícios. Esse crescimento não ocorreu de forma homogênea, desenvolvendo regiões como características distintas, subdividindo-se em áreas industriais, residenciais, de comércio, de serviços, lazer e outras (BELO HORIZONTE, 2003).

O acelerado e desordenado crescimento levou a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte a criar nove administrações regionais no município (Venda Nova e Barreiro em 1973; Leste, Nordeste, Oeste, Pampulha, Centro-Sul, Noroeste e Norte em 1985), como demonstrado na FIG. 4.2. Com a reforma administrativa de dezembro de 2000, as regionais foram designadas Secretarias Municipais da Coordenação de Gestão Regional (BELO HORIZONTE, 2003).

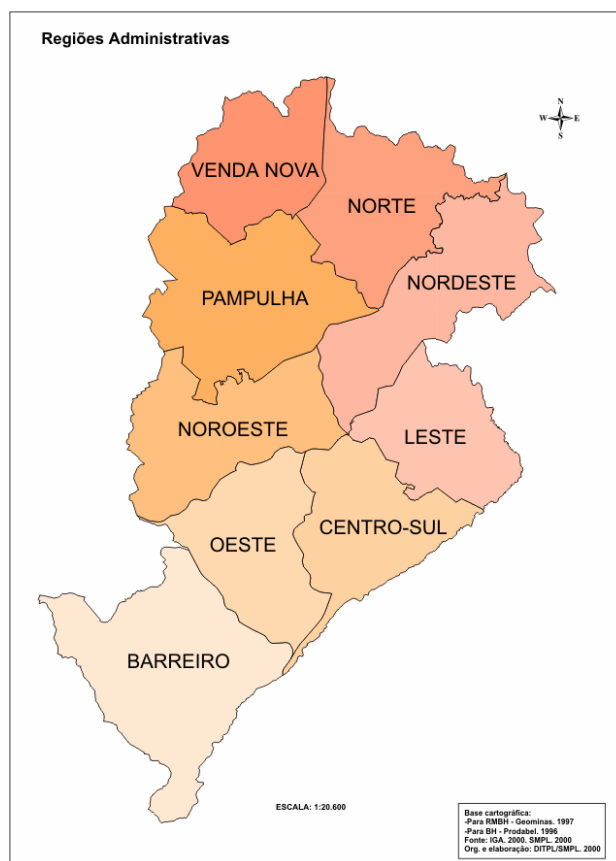


FIGURA 4.2 – Regiões administrativas de Belo Horizonte.

Fonte: <http://portal2.pbh.gov.br>. Consultado em 22.ago.2008

Segundo os dados do Anuário Estatístico de Belo Horizonte (2003), a região noroeste é a mais populosa, com 338.100 habitantes ocupando uma área de 38,21 km²; em segundo lugar, a região nordeste, com 274.060 habitantes; e em terceiro a região oeste, com 268.124 habitantes. Nota-se também a predominância de residências do tipo casa, como no Barreiro, onde 90% da população residem nesse tipo de moradia. O QUADRO 4.2 demonstra de forma sintética o perfil das regiões administrativas.

A região do Barreiro, distante 18 km do centro da capital, possui dois distritos industriais e participa com mais de 38% do valor agregado fiscal (VAF) municipal. Sua economia gera em torno de 28 mil postos de trabalho, conta com 10 agências bancárias e uma estrutura de serviços e comércio de porte significativo (BELO HORIZONTE, 2003).

Os agentes econômicos da região da Pampulha são, basicamente, turismo, turismo ecológico e comercial (formal e informal). Embora seja acesso para várias cidades como Vespasiano, Santa Luzia e Pedro Leopoldo, na grande BH a Pampulha não é uma região

industrializada, não havendo espaço para construção de grandes unidades industriais. A região de Venda Nova tem como perfil econômico o comércio e prestadores de serviços.

QUADRO 4.2

Perfil das regiões administrativas

Região administrativa	Área (km ²)	População	Densidade demográfica (hab/km ²)	Unidade de Planejamento	Domicílios particulares permanentes	Moradia tipo casa	Faixa rendimento maior parte (em S.M. ¹)
Barreiro	53,58	262.194	4.893,32	Bairro das Indústrias, Iindéia, Barreiro de Baixo, Barreiro de Cima, Jatobá, Cardoso, Olhos d'água e Barreiro-Sul	69.746	90	49,6% de ½ a 3
Centro-sul	32,49	260.524	8.018,34	Barro Preto, Centro, Francisco Sales, Savassi, Prudente de Moraes, Santo Antonio, Anchieta/Sion, Serra, Mangabeiras, São Bento/Santa Lúcia, Belvedere, Alomerado da Barragem e Serra.	82.833	26,8	72% + de 5 S.M e 33,43% ganham + de 20 S.M.
Leste	27,95	254.573	9.109,94	Instituto Agrônômico, Boa Vista, Floresta/Santa Tereza, Pompéias, Taquaril, Santa Efigênia, Baleia, Mariano de Abreu e Santa Inês.	72.191	76	36,97% ganham de ½ a 3
Nordeste	39,59	274.060	6.922,28	Capitão Eduardo, Ribeiro de Abreu, Belmonte, Gorduras, São Paulo, Goiânia, Cristiano Machado, Cachoeira e Concordia.	75.465	78	42,74% ganham de ½ a 3
Noroeste	38,21	338.100	8.848,70	Glória, Abilio Machado, Jardim Montanhês, Caiçara, Antônio Carlos, Padre Eustáquio, Camargos, PUC, Santa Maria e Pradro Lopes.	95.916	76	38,86% ganham de ½ a 3
Norte	33,69	193.764	5.750,87	Jaqueline, Isidoro Norte, Furquim Wemeck, Planalto, São Bernardo, Tupi/Floramar, Primeiro de Maio e Jardim Felicidade.	50.780	90	51,83% ganham de ½ a 3
Oeste	31,27	268.124	8.573,38	Cabana, Jardim América, Barroca, Morro das Pedras, Betânia, Estoril, Buritis e Pilar Oeste.	76.949	60	35,11 % ganham de ½ a 3
Pampulha	45,9	141.853	3.090,75	Garças/Braúnas, Santa Amélia, Pampulha, Jaraguá, Sarandi, Castelo, Ouro Preto, UFMG, São Francisco e Confisco.	39.668	70	36,53% ganham de ½ a 3
Venda Nova	28,3	245.334	8.670,58	Mantiqueira/Sesc, Serra Verde, Piratininga, Jd. Europa, Venda Nova/Centro, Céu Azul, Copacabana e João Batista.	64.894	89	50,19% ganham de ½ a 3

1 Censo Demográfico, 2000 (Salário minio = R\$ 151,00)

Fonte: Elaborado a partir de BELO HORIZONTE, 2003

Por possuírem perfil econômico diferenciado, as regionais podem apresentar potencial de geração de REEE também diferente. Esta pesquisa não identificou a geração por região, porém recomenda uma análise mais detalhada para implementação dos pontos de coleta.

4.4.2 Identificação dos atores envolvidos no fluxo de REEE

A segunda fase teve como objetivo diagnosticar o fluxo dos REEEs no município de Belo Horizonte. Primeiramente, delimitou-se a área de estudo e, posteriormente, foram identificados os atores envolvidos na cadeia pós-consumo desses equipamentos.

Assim, o universo a ser estudado delimitou-se aos diretamente envolvidos no assunto em tela, sendo: consumidores particulares; empresas que comercializam materiais recicláveis; cooperativas de catadores de materiais recicláveis; organizações assistenciais que trabalham com inclusão digital; empresas de triagem e descaracterização; locais de disposição final e órgãos gestores municipais, estaduais e federais.

Para amostragem dos consumidores particulares, optou-se por amostras não-probabilísticas, que são selecionadas por critérios subjetivos do pesquisador de acordo com sua experiência e com os objetivos do estudo, não sendo obtidas a partir de conceitos estatísticos (SAMARA; BARROS, 2002).

Não tendo esta pesquisa como objetivo principal a determinação da atitude dos consumidores de Belo Horizonte frente ao descarte dos equipamentos eletrônicos e, sim, propor um plano de gestão para esse resíduo, no qual o consumidor, um dos elos da cadeia, está inserido. O critério de acessibilidade pode ser usado, pois, segundo Gil (1999), na amostragem por acessibilidade o pesquisador “seleciona os elementos a que tem acesso, admitindo que estes possam, de alguma forma, representar o universo. Aplica-se esse tipo de amostragem em estudos exploratórios ou qualitativos, em que não é requerido elevado nível de precisão”.

Para amostragem das empresas que comercializam materiais recicláveis (sucateiros), delimitaram-se as localizadas no município de Belo Horizonte cadastradas no *website* do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). Em outubro de 2008 estavam

cadastradas quatro empresas que comercializam sucatas de metal e uma empresa de sucata de resíduos eletrônicos. Para diagnosticar os procedimentos adotados na gestão dos resíduos neste segmento, optou-se por visita ao local e entrevistas com os responsáveis pelo empreendimento.

Para o diagnóstico da gestão dos REEEs nas cooperativas de catadores de materiais recicláveis foram feitas visitas com entrevistas aos responsáveis, nas sete cooperativas cadastradas no Fórum Municipal Lixo e Cidadania.

Para melhor caracterização do ciclo de vida pós-consumo dos computadores, necessitou-se de entrevistar as organizações que trabalham com inclusão digital e, para isso, identificaram-se no município tais instituições: Prodabel Programa de Desenvolvimento de Informática, Informação e Dados do Município de Belo Horizonte (PRODABEL), responsável pelo projeto do Centro de Recondicionamento de Computadores; e o Comitê para Democratização da Informática (CDI).

As empresas de triagem e descaracterização de REEE foram obtidas no *website* do CEMPRE, onde estavam cadastradas, em junho de 2008, nove empresas no setor de reciclagem de eletrônicos. O contato foi feito via *email* ou telefone, ocasião em que o pesquisador solicitou uma visita; das nove empresas contatadas, apenas duas permitiram a visita do pesquisador, definindo-se, assim, a amostragem. Todas as empresas estão localizadas no estado de São Paulo. Em Minas Gerais, depois de exaustiva pesquisa em diversas fontes, não foi encontrada nenhuma empresa que oferecia esse serviço.

Para identificar o fluxo dos REEEs em locais de disposição final, visitou-se a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040, único local de disposição final dos resíduos sólidos do município de Belo Horizonte.

Os órgãos gestores foram escolhidos por estarem relacionados diretamente com a gestão de resíduos sólidos do município de Belo Horizonte e/ou do estado de Minas Gerais, a seguir: Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR) e Superintendência de Limpeza Urbana (SLU).

A partir dos dados consolidados da primeira e segunda fases, teve início a terceira fase, que é a elaboração do protocolo de referência para gerenciamento dos REEEs domésticos para o município de Belo Horizonte. Nessa etapa foram analisados os aspectos técnicos, econômicos, administrativos, legais e sociais para implementação do plano de gerenciamento.

4.5 Coleta de dados

Como método de coleta de dados, optou-se por entrevista pessoal e questionário estruturado, não disfarçado, com perguntas abertas, semi-abertas e fechadas. Para Samara e Barros (2002), nas perguntas abertas o entrevistado responde livremente o que pensa sobre o assunto; as semi-abertas são a junção de uma pergunta fechada com outra em que, num primeiro momento, o entrevistado responde a uma das opções e depois justifica ou explica a sua resposta; e as perguntas fechadas têm como resposta do entrevistado apenas uma alternativa.

Com o objetivo de conhecer os procedimentos adotados pelos consumidores particulares quanto ao tempo que os mesmos levam para trocar esses aparelhos, bem como ao destino dado aos EEEs estudados após o descarte, foi aplicado um questionário nas nove regionais do município. Foram distribuídos 150 questionários e retornados 90.

Para coleta de dados dos demais atores envolvidos no ciclo pós-consumo dos EEEs, como empresas que comercializam materiais recicláveis; cooperativas de catadores de materiais recicláveis; organizações assistenciais que trabalham com inclusão digital; empresas de triagem e descaracterização; locais de disposição final; e órgãos gestores municipais, estaduais e federais, a pesquisadora visitou os locais e aplicou as entrevistas (APÊNDICE A).

O QUADRO 4.3 apresenta uma síntese dos instrumentos usados para coleta de dados e a amostragem por atores.

QUADRO 4.3
Síntese dos métodos de coleta de dados

Atores	Instrumento	Amostra
Consumidores Particulares	Questionário	90
Empresas que comercializam materiais recicláveis (sucateiros)	Entrevista pessoal com questões abertas e registro fotográfico	05 (1 com REEE e 4 com sucatas de metais)
Cooperativas de catadores de materiais recicláveis	Entrevista pessoal com questões abertas e registro fotográfico	6 cooperativas
Organizações assistenciais de inclusão digital	Entrevista pessoal com questões abertas e registro fotográfico	2 organizações
Empresa de triagem e descaracterização	Entrevista pessoal com questões abertas e registro fotográfico	2 empresas
Local de disposição final de resíduos sólidos	Entrevista pessoal com questões abertas	1 local
Órgão gestores municipais e estaduais	Entrevista pessoal com questões abertas	4 entidades

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Quantidade estimada de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos

A presente avaliação abrange as categorias selecionadas como unidade de estudo para estimativa de geração de REEE, os quais: geladeiras e congeladores, televisores, aparelhos de telefonia móvel e computadores pessoais. Não foi possível realizá-la com precisão, devido às diversas limitações existentes, destacando-se:

- a falta de dados históricos de vendas por região de EEE;
- a falta de dados sobre a vida útil dos equipamentos em países em desenvolvimentos;
- ausência de dados de reciclagem desses equipamentos, por ser uma prática recente e feita por meios informais;
- descarte desse resíduo junto com a coleta de resíduo domiciliar;
- ausência de dados precisos sobre as quantidades de materiais que compõem os EEEs em função da diversidade de modelos;
- armazenagem desses produtos em residências;
- variação da massa e da composição dos materiais presentes nos EEEs em função da introdução de novas tecnologias no mercado.

Somente a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS) disponibilizava os dados históricos de vendas nacionais por produto para os equipamentos da linha branca e marrom, no período de 1994 a 2002. Após esse período, os dados passaram a ser fornecidos por linha e não mais por produto, inviabilizando o uso dessa fonte de pesquisa para os cálculos de geração de REEE.

Por essas razões, para a estimativa de geração de REEE no município de Belo Horizonte foram utilizados os dados obtidos por meio de pesquisas nos relatórios da ANATEL (2007b) - telefones celulares no município, do IBGE (2006) - refrigeradores, congeladores, televisores e computadores pessoais para a região metropolitana. A TAB. 5.1 apresenta esses resultados.

TABELA 5.1
Estimativa do potencial geral dos REEEs

EQUIPAMENTOS	VIDA ÚTIL (anos)	PESO MÉDIO ¹ (kg)	No. APARELHOS (milhões)	RELAÇÃO DE DOMICÍLIOS ² (%)	REEE GERADOS (toneladas)	ANO PROVALVEL FVU
Refrigerador	15	53	1,44 ³	97	87.980	2.023
Freezer			0,22 ³	14		
Televisores	13	25	1,5 ³	97	37.500	2.021
Computadores	5	22	0,48 ³	32	10.560	2.013
Telefones celulares	2	0,1	2,32 ⁴		232	2.010

(1) média calculada a partir de pesquisa na internet.

(2) em relação ao total de domicílios, 1,490 milhões.

(3) Fonte: IBGE (2006);

(4) Fonte: Relatório ANATEL (2007b).

Para calcular-se o potencial de geração dos REEEs de refrigeradores, congeladores, televisores e computadores, adotaram-se os dados da Pesquisa Nacional por Amostras em Domicílios (IBGE, 2006). Essa pesquisa apresenta limitações, uma vez que os valores apresentados são para regiões metropolitanas e não para municípios e são considerados somente um aparelho por domicílio e para computadores pessoais salientam somente os domiciliares.

Para obtenção do potencial de REEEs gerados, multiplicou-se o peso médio por aparelho pelo número de aparelhos estimados pelo IBGE nos domicílios particulares. Como os dados disponibilizados são referentes ao número de domicílios particulares que possuem tais equipamentos, no ano de 2006, e não fornece o ano de compra desses equipamentos, considerando-se a vida útil pode-se estimar um passivo ambiental na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) de:

- refrigeradores e congeladores – 87.980 t até o ano de 2023;
- televisores – 54.000 t até o ano de 2021;
- computadores – 10.560 t até o ano de 2013;
- telefones celulares – 232 t até o ano de 2010;

Considerando que a vida útil de um aparelho de refrigeração (congelador + refrigerador) é de aproximadamente 15 anos, pode-se considerar que até o ano de 2023 haverá, somente na RMBH, aproximadamente 1,66 milhão de aparelhos a serem descartados. Isto implicará, como demonstrado na TAB. 5.2, o total de 87.980 t de resíduos de

equipamentos de refrigeração, o que corresponderia a 58.835 t de metal, 56.835 t, 537 t de CFC-11 e 12, conforme demonstrado na TAB. 5.3

TABELA 5.2

Peso dos materiais presentes nos resíduos de aparelhos de refrigeração

MATERIAL	% em PESO¹	TOTAL em TONELADAS²
Metal	64,6	56.835
Plástico	30,5	26.834
Vidro	4,04	3.555
Óleo	0,19	168
CFC-11	0,4	352
CFC-12	0,21	185
Mercúrio	0,001	1
Total.....	99,941	87.930

(1) Fonte: US-EPA (2008).

(2) Fonte: dados da pesquisa.

Segundo o IBGE (2006), a RMBH possui 1,5 milhão de domicílios com pelo menos um aparelho de televisão. Considerando o peso médio de um aparelho de 36 kg e vida útil de 13 anos, existirá, até o ano de 2021, um passivo ambiental de aproximadamente 54.000 t de materiais, como demonstrado na TAB. 5.3.

TABELA 5.3

Peso dos materiais presentes nos resíduos de aparelhos de televisão

MATERIAL	% em PESO¹	TOTAL em TONELADAS²
Vidro	47,6	25.704
Plásticos	14,7	7.938
PCI	5,6	3.024
Metais Preciosos	27,1	14.634
Cobre	4,8	2.592
Total	99,8	53.892

(1) Fonte: Kang e Schoenung (2005).

(2) Fonte: dados da pesquisa.

Segundo o IBGE (2006), a RMBH possui 0,48 milhão de domicílios com pelo menos um computador pessoal. Considerando o peso médio de um aparelho de 22 kg e vida útil de

cinco anos até o ano de 2013 haverá um passivo ambiental de aproximadamente 10.560 t de materiais, como demonstrado na TAB. 5.4.

TABELA 5.4

Peso dos materiais presentes nos resíduos de computadores pessoais

MATERIAL	% em PESO¹	TOTAL em TONELADAS²
Vidro	24,8	2.619,0
Plásticos	23	2.429,0
PCI	**	**
Metais preciosos	0,02	2,1
Ferro	20,47	2.161,6
Chumbo	6,3	665,3
Alumínio	14,17	1.496,3
Cobre	6,93	732,0
Outros	4,3	454,1
Total	100	10.560

(1) Fonte: Kang e Schoenung (2005).

(2) Fonte: dados da pesquisa.

Destaca-se que não foram considerados para cálculo os computadores pessoais de uso nas empresas, pois esses dados são contabilizados, atualmente, pela Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV/EAESP) somente em nível nacional. Segundo estimativa da FGV/EAESP (2007) para os anos de 2009/2010, o Brasil terá, aproximadamente, 60 milhões de computadores de uso doméstico e empresarial.

5.2 Situação do fluxo dos REEEs no município de Belo Horizonte

5.2.1 Consumidores particulares

Não se pretendeu, com este levantamento, fazer uma análise representativa, mas, sim, indicar de forma ilustrativa alguns comportamentos dos consumidores particulares em relação ao descarte de alguns de seus aparelhos eletrônicos.

Para tanto, foi aplicado um questionário com o objetivo de conhecer os procedimentos adotados pelos consumidores particulares quanto ao tempo que os mesmos levam para

trocar esses aparelhos, período este denominado vida útil, bem como ao destino dado aos EEEs estudados após o descarte. Obteve-se o retorno positivo de 90 respondentes de um total de 150 questionários.

O perfil dos respondentes é de 52% que moram em apartamentos, 47% possuem lares constituídos até 20 anos e 59% estão compreendidos na faixa salarial entre R\$ 412,00 e 6.180,00. O que caracteriza um grupo com potencial para troca de equipamentos eletrônicos devido à faixa salarial e ao tempo de constituição do lar.

Para conhecer com que frequência os consumidores particulares trocam os aparelhos de telefonia celular, computadores pessoais, refrigeradores e televisores, foram feitas quatro perguntas. Os resultados estão apresentados na TAB. 5.5.

TABELA 5.5

Frequência com que os consumidores particulares trocam os aparelhos de telefonia celular, computadores pessoais, refrigeradores e televisores

PERGUNTA	RESPOSTAS	(%)
Com que frequência você troca de celular?		
Antes de 1 ano	6	7
Entre 1 e 2 anos	24	27
Mais de 2 anos	48	53
Não tenho celular	4	4
Nunca troquei	8	9
TOTAL	90	100
Com que frequência você troca de computador?		
Antes de 1 ano	2	2
Entre 1 e 2 anos	8	9
Mais de 2 anos	51	57
Não tenho computador	8	9
Nunca troquei	21	23
TOTAL	90	100
Com que frequência você troca de geladeira?		
Antes de 5 anos	5	6
Entre 6 e 10 anos	22	24
Entre 11 e 15 anos	19	21
Mais de 15 anos	21	23
Não tenho geladeira	0	0
Nunca troquei	23	26
TOTAL	90	100
Com que frequência você troca de televisor?		
Antes de 5 anos	10	11
Entre 6 e 10 anos	33	37
Entre 11 e 15 anos	19	21
Mais de 15 anos	7	8
Não tenho televisor	0	0
Nunca troquei	21	23
TOTAL	90	100

Fonte: dados da pesquisa.

Os dados revelaram período de troca superior a dois anos para a maioria dos respondentes, sendo 53% a incidência no caso do telefone celular e 57% para os computadores.

Já em relação às geladeiras, os resultados indicaram que 51% dos entrevistados trocam de aparelho num período de até 15 anos e 23% acima de 15 anos. Quanto aos televisores, para

69% dos respondentes a vida útil desses aparelhos situa-se no período de até 15 anos, sendo somente para 8% acima de 15 anos.

Esses resultados mostraram-se compatíveis com os padrões de vida útil da EPA, adotados nesta pesquisa para o cálculo da estimativa de geração de REEE, sendo dois anos para celulares, cinco anos para computadores, 15 anos para refrigeradores e 13 anos para televisores.

O GRÁF. 5.1 apresenta os dados obtidos na pesquisa sobre os procedimentos adotados pelos consumidores particulares quanto ao destino dado aos aparelhos de telefonia celular, computadores pessoais, refrigeradores e televisores ao final da vida útil.

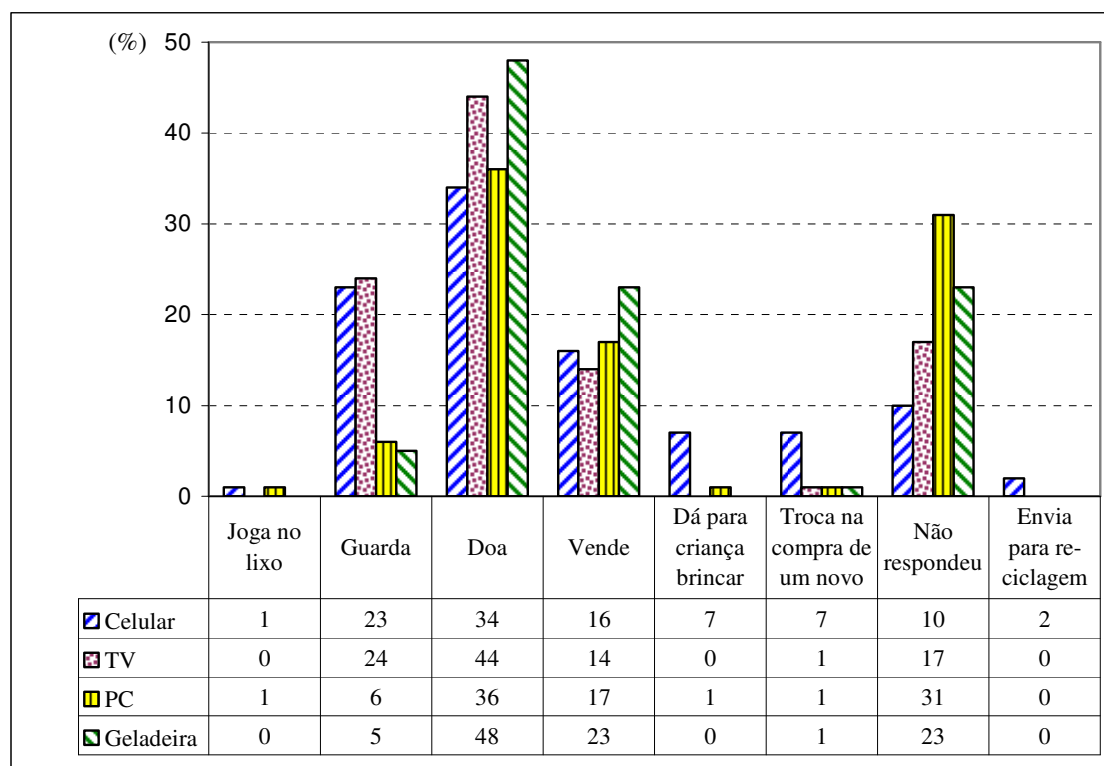


GRÁFICO 5.1 – Destino dado aos aparelhos eletrodomésticos ao final da primeira vida útil.

Fonte: dados da pesquisa.

Verifica-se que o destino mais utilizado pelos entrevistados para descartar seu aparelho de celular, TV, PC e geladeira após o final da primeira vida útil é a doação (34, 44, 36 e 48%, respectivamente). A doação não implica o reuso do aparelho pela outra parte, pois as condições de uso do aparelho não foram consideradas na entrevista. Essa atitude pode ser avaliada como uma forma de o consumidor se desfazer do equipamento de maneira adequada, transferindo, assim, o problema de descarte para outro.

O hábito de guardar foi percebido para televisores (24%) e celulares (23%), provavelmente porque os aparelhos de celular são de pequeno porte, ocupando pouco espaço e os televisores devido ao hábito de se colocar os aparelhos antigos em outras dependências da residência. Essa afirmativa pode ser comprovada com a pergunta sobre quantos aparelhos de televisão em uso o mesmo possui em sua residência. O resultado é mostrado na TAB. 5.6.

TABELA 5.6

Quantidade de televisores em uso por domicílio entrevistado

Quantos televisores, em uso, você tem em casa?	RESPOSTAS	(%)
Um	9	10
Dois	30	33
Três	22	25
Quatro	15	17
Cinco	2	2
Mais de cinco	2	2
Sem respostas	10	11
Total.....	90	100

Os resultados demonstram que 10% dos entrevistados possuem apenas um aparelho de televisão em casa, 33% dois aparelhos e 25% três aparelhos, o que leva a concluir que os valores adotados pela pesquisa estão subestimados. Adotaram-se como parâmetro para cálculo de quantidade de materiais os dados fornecidos pelo IBGE (2006), sendo apenas mensurado se o domicílio tem ou não aparelho de televisão e não a quantidade de aparelhos por residência.

Um fator que merece destaque, embora numericamente não seja representativo, é o encaminhamento dos aparelhos de telefones celulares descartados para criança brincar

(7%). Esses apresentam potencial tóxico, principalmente nas baterias; e o manuseio pode acarretar riscos à saúde.

Para definição da amostragem dos consumidores, optou-se pela divisão nas nove regionais do município. Como cada regional possui características diferentes, presume-se que haveria diferenciação representativa nas respostas, no entanto, na apuração dos resultados não se caracterizaram essas diferenças, sendo, então, os resultados tabelados desconsiderando-se a regional do respondente.

5.2.2 Empresas que comercializam materiais recicláveis (sucateiros)

O mercado de sucatas no município de Belo Horizonte ocorre de modo formal e informal. Considerou-se na presente pesquisa o mercado formal como as empresas de sucatas cadastrados na *web* página do CEMPRE, em outubro de 2008, que comercializam resíduos eletrônicos e resíduos de metal.

Existe somente uma empresa cadastrada no município como comerciante de resíduos de equipamentos eletrônicos e três cadastradas para o mercado de resíduos de metal.

Para diagnosticar os procedimentos adotados na gestão dos REEEs nesse segmento, optou-se por entrevistas com os responsáveis pelo empreendimento.

Na empresa que trabalha diretamente com resíduo eletrônico, o contato foi feito via telefone solicitando uma visita e, mediante autorização, foi realizada a visita e a entrevista que foi feita com o responsável pelo empreendimento.

A pesquisadora foi recebida, em outubro de 2008, pelo sócio da empresa, que relatou serem os resíduos mais recebidos: placas de computadores, reatores, motores elétricos, computadores inteiros, máquinas de lavar roupa, tanques elétricos, geladeira e televisão. Quando questionado sobre a procedência desse material o mesmo informou que são recebidos de empresas, catadores, consumidores particulares e leilões: “somos procurados por esse pessoal que deseja vender o material, pagamos, em média, R\$ 0,10 por quilo de

sucata”. A FIG. 5.1 mostra placas de circuito impresso separadas e embaladas para serem comercializadas.



FIGURA 5.1 – Placas de circuito impresso embaladas para comercialização.

Fonte: Rosana Franco.

O responsável informou que quando esse material chega ao depósito, é feita a seleção, isto é, são desmontados e separados por tipo de material, exemplo: no computador são separados o plástico, o material ferroso e a placa; na geladeira, o plástico, o alumínio e o motor, que é vendido para recondicionamento ou para separar o óleo e o cobre. Quando questionado sobre o “gás da geladeira”, o mesmo relatou que estas já chegam sem o gás. O material que não consegue ser comercializado, como os plásticos dos monitores, é descartado junto ao resíduo comum.

Para o diagnóstico nas empresas que trabalham com sucata de metal, fez-se contato telefônico com as três empresas cadastradas, sendo que uma está desativada, de uma obteve-se permissão para visita e a outra respondeu a entrevista por telefone, alegando não ter tempo para o atendimento ao entrevistador.

A empresa que permitiu a visita trabalha com materiais ferrosos e não-ferrosos, não comercializando sucatas eletrônicas. Quando questionado do porquê de não trabalhar com

este resíduo, o responsável relatou tratar-se de material de difícil captação, “que não aparece ninguém vendendo e ninguém querendo comprar”.

A empresa que atendeu via contato telefônico informou que esporadicamente aparecem computadores e geladeiras, geralmente quando as empresas com que eles já trabalham precisam se desfazer desse material e os mesmo são revendidos inteiros, sem desmontagem.

Para melhor identificação do fluxo dos REEEs, foi visitada uma empresa que trabalha com condicionamento de geladeiras e congeladores e dois “sucateiros” que trabalham no mercado informal, isto é, seus depósitos não possuem alvará de funcionamento.

O responsável pela empresa de condicionamento de geladeiras e congeladores relatou que o aparelho que não pode ser consertado é desmontado e vendido como sucata. A FIG. 5.2 mostra o desmonte de motores elétricos para venda do material, constatando-se que é notória a falta de medidas preventivas tanto na parte ambiental como na saúde do trabalhador.



FIGURA 5.2 – Motores elétricos desmontados.

Fonte: Rosana Franco.

Os dois depósitos informais visitados informaram que recebem todos os tipos de resíduos eletrônicos. Os procedimentos de descaracterização são os mesmos, ou seja, desmontam o

aparelho para retirada do material de valor comercial e o restante é depositado junto aos resíduos sólidos urbanos.

Como exemplo, foi descrita por um dos responsáveis a desmontagem do aparelho de televisão: “a TV a gente separa de acordo com o material, pois tem valor diferente, o tubo da TV manda inteiro para a coleta da SLU, pois tem um gás que faz mal, então a gente manda inteiro”. Quando questionado sobre o “gás das geladeiras”, ele informou que corta o tubinho para o gás não vazar, lacra e manda para o cliente; e o restante da geladeira é vendido para a sucata.

Os relatos das entrevistas e os registros fotográficos (FIG. 5.3) revelaram que mesmo as empresas que trabalham com o mercado formal de sucatas estão despreparadas para a gestão adequada desses equipamentos, desconhecendo o potencial tóxico de algumas peças e descartando o material sem valor comercial junto com os resíduos sólidos domiciliares.



FIGURA 5.3 – Resíduos eletrônicos em sucateiros.

Fonte: Rosana Franco.

5.2.3 Cooperativas de catadores de materiais recicláveis

Tendo como objetivo conhecer os procedimentos adotados pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis em relação aos REEEs, optou-se pelo método de entrevista e visita

ao local. No período de agosto de 2008, a pesquisadora visitou as sete cooperativas de catadores de materiais recicláveis cadastradas no Fórum Municipal Lixo e Cidadania de Belo Horizonte (APÊNDICE B).

As sete cooperativas informaram que recebem todo tipo de equipamento eletrônico e que a quantidade recebida é muito variável. No entanto, a pesquisadora notou dificuldades dos entrevistados quanto ao conhecimento do que é considerado um REEE, uma vez que teve que citar exemplos de aparelhos eletrônicos para o entrevistado se posicionar. Um dos entrevistados declarou que “tem material que a gente nem conhece, depois que desmonta é que vê o que é”.

Constatou-se que esses materiais chegam às cooperativas por meio de doações de empresas, muitas vezes sem identificação, como demonstrado na FIG. 5.4; por catadores porta a porta; pela coleta seletiva do município; e por doações de particulares diretamente às cooperativas.



FIGURA 5.4 – Material doado por empresas a cooperativas de catadores.

Fonte: Rosana Franco.

Quando questionados sobre o que fazem com o material, houve certa padronização nos relatos, sendo o seguinte procedimento adotado: verifica-se se estão funcionando ou não, caso estejam são doados para os cooperativados ou usados na própria cooperativa, como no

caso de geladeiras, fogões e computadores. Quando não estão funcionando, são desmontados e as peças separadas conforme o tipo de material (FIG. 5.5). O plástico é vendido para as empresas denominadas por eles de “plastiqueiros” e o resíduo de metal vendido como sucata de ferro. O cobre e o alumínio são vendidos separadamente, devido ao alto valor comercial.



FIGURA 5.5 – Desmonte de EEE para retirada do cobre do motor elétrico.

Fonte: Rosana Franco.

Somente uma cooperativa comentou que contrata terceiros para fazer a desmontagem desse material: “no sábado vêm dois rapazes que fazem a desmontagem para mim”. Essa cooperativa é a única que possui uma “caçamba” somente para sucata de ferro, sendo a que tem maior quantidade de resíduos eletrônicos. O entrevistado afirmou que recebe doações de caixas eletrônicos de agências bancárias para desmontagem: “chega época que tem 10 caixas aqui” (FIG. 5.6).



FIGURA 5.6 – Caixas eletrônicas aguardando desmonte em cooperativa de catadores.

Fonte: Rosana Franco.

As placas de circuito impresso são revendidas para as pessoas que procuram diretamente esse tipo de material. Um dos entrevistados ressaltou que vende a R\$ 8,00 o quilo, para uma empresa em Belo Horizonte e esta repassa para São Paulo pelo dobro do preço. Salientou que sabe que está vendendo o material abaixo do preço de mercado, manifestando conhecimento sobre a existência de metal precioso contido nesse tipo de sucata: “eu sei que tem ouro dentro”.



FIGURA 5.7 – Placas de circuito impresso separadas nas cooperativas de catadores.

Fonte: Rosana Franco.

Um dos entrevistados relatou que para retirar o cobre contido no tubo de CRT, coloca o tubo dentro de um saco plástico, envolto em um saco de pano e coberto com uma lona, quebra o vidro e espera “baixar a poeira, pois faz mal para saúde”. Em seguida, tira o cobre para vender e coloca o caco de vidro no recipiente de reciclagem de vidro da SLU. Relatou também que usa equipamentos de segurança como óculos e luvas para proteção. Nota-se um conhecimento do teor tóxico, porém, ao colocar o vidro para reciclagem, não há preocupação com a contaminação do restante do material contido no recipiente.

Outra cooperativa não demonstrou o mesmo cuidado com o tubo de CRT. Um dos catadores deu o seguinte depoimento: “quando a gente se corta com este vidro é danado para cicatrizar”, mostrando total desconhecimento sobre o potencial tóxico desse tipo de resíduo.

Quando questionados sobre o que é feito com o material que não pode ser vendido, seis cooperativas enfatizaram que tudo tem valor comercial e somente um falou que coloca na “caçamba da SLU”, ou seja, encaminha para o aterro.

Das sete cooperativas, somente uma não manifestou interesse em trabalhar com esse tipo de resíduo; as outras seis demonstraram total interesse, ressaltando que esse material deveria ter um tipo de coleta separada e que a quantidade enviada às cooperativas devia aumentar.

Identificou-se, com as entrevistas e visitas às cooperativas, total desconhecimento de como manipular esses resíduos e da responsabilidade em recebê-los. As empresas “doam” esse material para as cooperativas, repassando um passivo ambiental sem qualquer responsabilidade. A desmontagem para retirada do material de valor comercial é feita de forma precária e as pessoas que manipulam desconhecem o potencial tóxico de algumas peças.

5.2.4 Organizações assistenciais de inclusão digital

Foram identificados no município de Belo Horizonte dois centros de inclusão digital, o Centro de Recondicionamento de Computadores de Belo Horizonte (CRC) e o Comitê para Democratização da Informática (CDI).

O CRC-BH é parte integrante do Projeto Computadores para Inclusão do Governo Federal - Projeto CI em parceria com o Ministério do Planejamento e Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte - Prodabel (BRASIL, 2008).

O Projeto CI consiste em uma rede nacional de reaproveitamento de equipamentos de informática, formação profissional e inclusão digital e é coordenado pela Secretária de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI) do Ministério do Planejamento, que estabelece parcerias locais para a manutenção e funcionamento das unidades de recondicionamento. Essa parceria inclui repasse de verbas ao órgão responsável para cessão do espaço, além de bens e serviços aplicados na implantação e operação do centro (BRASIL, 2008).

Os CRCs são instalados em regiões periféricas de grandes cidades, possibilitando aos jovens em situação de vulnerabilidade a inclusão digital, por meio de oficinas onde os mesmos aprendem a testar, consertar, limpar, configurar e embalar os computadores que serão doados às escolas, telecentros e bibliotecas de todo o país (BRASIL, 2008).

No mês de agosto de 2008, período em que ocorreu a presente pesquisa, o CRC-BH localizava-se no Bairro Ipiranga, em um prédio de 897 m² com capacidade de formação de 125 jovens (FIG. 5.8). O CRC-BH foi inaugurado em nove de junho de 2008.

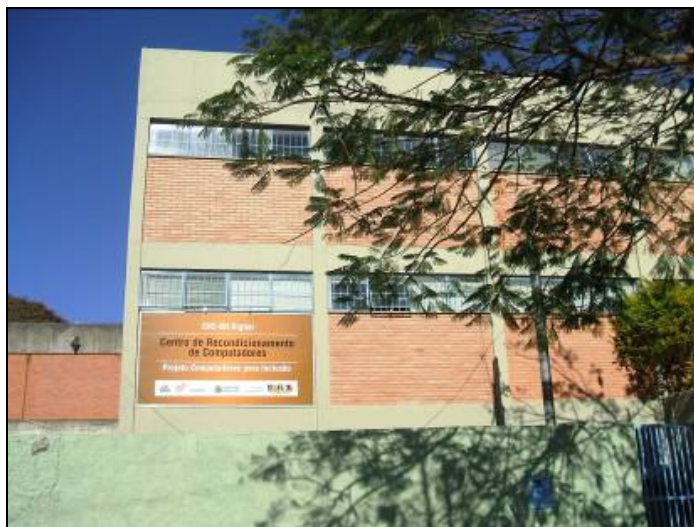


FIGURA 5.8 – Centro de Recondicionamento de Computadores de Belo Horizonte.

Fonte: Rosana Franco.

Conforme o entrevistado, as "máquinas" chegam por meio de doações de órgãos do governo federal, estadual e municipal, pessoas físicas, empresas privadas, universidades, entre outros. Qualquer entidade, seja pública ou privada, pode doar material para os CRCs. Ao recebê-la, é feita uma triagem para testar as máquinas a fim de verificar as condições de uso (FIG. 5.9). Máquinas muito antigas já são encaminhadas para reciclagem e as mais novas seguem para o processo de manutenção.



FIGURA 5.9 – Máquinas aguardando vistoria.

Fonte: Rosana Franco.

Após essa pré-triagem, as máquinas em condições de reaproveitamento são encaminhadas para as bancadas, onde entram em processo de manutenção (FIG. 5.10).



FIGURA 5.10 – Sala de manutenção de computadores.

Fonte: Rosana Franco.

Os *softwares* que possibilitam o uso da máquina são instalados após o processo de manutenção (FIG. 5.11).



FIGURA 5.11 – Sala de instalação dos *softwares* e jovens aprendizes.

Fonte: Rosana Franco.

O processo final consiste na limpeza das máquinas, montagem e embalagem dos *kits*, sendo: um computador pessoal, 10 estações de trabalho e uma impressora, que serão distribuídos às entidades cadastradas no Projeto CI. A FIG. 5.12 apresenta os alunos do CRC na limpeza dos materiais para formação dos *kits*.



FIGURA 5.12 – Limpeza e montagem dos *kits*.

Fonte: Rosana Franco.

Segundo o entrevistado, os resíduos gerados no início do projeto tinham o seguinte destino após o condicionamento dos computadores: os CRTs eram mandados para uma empresa situada no estado de São Paulo, onde a mesma os exportava para o Japão; as carcaças dos gabinetes, que são predominantemente de ferro, eram doadas para catadores da região. No entanto, esse fluxo mudou e, no período da presente pesquisa, o CRC-BH estava armazenando todos os resíduos oriundos dos equipamentos de informática no galpão da Associação Municipal de Assistência Social (AMAS), aguardando informações dos órgãos competentes sobre a destinação correta dos mesmos.

O outro centro de inclusão digital identificado no município foi o Comitê para Democratização da Informática de Belo Horizonte (CDI-BH). Trata-se de uma organização não-governamental, sem fins lucrativos, que tem como objetivo promover a inclusão digital visando à inclusão social. Foi fundado em 1995 por meio de uma campanha para arrecadação e reciclagem de computadores e, posteriormente, criou as Escolas de Informática e Cidadania (EICs) - (CDI, 2005).

A Rede CDI abrange todas as regiões do Brasil e possui comitês regionais nos estados de Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e no Distrito Federal.

No estado de Minas Gerais, os comitês regionais estão localizados nas cidades de Além Paraíba, Belo Horizonte, Leopoldina e Poços de Caldas. Em Belo Horizonte, situa-se na regional oeste, no Bairro de Nova Granada.

Na entrevista com o responsável, apurou-se que a unidade recebe todo o tipo de EEE, como televisores, aparelhos de som, telefones celulares, telefones fixos, aparelhos de fax, entre outros. Feita a triagem, constata-se o seu potencial de reaproveitamento.

O CDI-BH disponibiliza cursos para população de baixa renda na área de Tecnologia da Informação, com duração de 180 horas, o qual qualifica o participante como “Auxiliar Técnico de Manutenção de Microcomputador”.



FIGURA 5.13 – Sala de aula do CDI-BH.

Fonte: Rosana Franco.

Como verificado, o CDI-BH se diferencia dos outros por possuir uma linha de conserto de CPUs, ou seja, o equipamento é consertado no próprio comitê por jovens que são treinados para o serviço de manutenção. A bancada de conserto dos computadores está demonstrada

na FIG. 5.14. As demais peças dos computadores, quando com defeitos, são enviadas a terceiros para serem reparadas.



FIGURA 5.14 – Bancada de conserto de computadores.

Fonte: Rosana Franco.

Depois dos equipamentos consertados, são montados os *kits*, que são encaminhados para os Centros de Inclusão Digital e, ou, doados a pessoas carentes que fazem os cursos do CDI-BH.



FIGURA 5.15 - Material pronto para serem disponibilizados para inclusão digital no CDI-BH.

Fonte: Rosana Franco.

Quando questionado sobre o que fazia com os resíduos eletrônicos, o entrevistado relatou que há uma parceria entre o CDI-BH e um sucateiro da região, funcionando da seguinte maneira: como o CDI-BH não tem como retirar determinadas doações, pois não tem veículo próprio, o “sucateiro” retira essa mercadoria do doador e leva até o CDI, onde é feita a triagem. O material não utilizado, bem como as peças que não são reparáveis, é vendido a preço simbólico ao sucateiro. O sucateiro informou que separa os metais da fiação, “descasca” o *mouse* para retirar o alumínio e tritura o plástico, sendo o material revendido a outras empresas. Sobre o que o sucateiro fazia com os CRTs, o entrevistado não soube responder com precisão, informou que “acha” que os mesmos são quebrados para retirada do material de valor e o restante vai para o aterro.

O entrevistado enfatizou que “tudo é enviado para reciclagem, até o papelão é doado para os catadores da região”. Ressaltou que a FEAM procurou o CDI-BH em julho, comprometendo-se a ajudá-los a dar a destinação correta aos resíduos, inclusive com a aquisição de um triturador para placa-mãe (placa de circuito impresso).

5.2.5 Empresas de triagem e descaracterização de equipamentos eletrônicos

As empresas de triagem e descaracterização de REEEs foram obtidas no *website* do CEMPRE. Em julho de 2008 estavam cadastradas nove empresas no setor de reciclagem de eletrônicos, conforme ANEXO A. O contato foi feito via *e-mail* ou telefone, quando o pesquisador solicitou uma visita. Das nove empresas contatadas, apenas duas permitiram a visita do pesquisador, definindo-se, assim, a amostragem. Vale ressaltar que todas as empresas estavam localizadas no estado de São Paulo. No estado de Minas Gerais, depois de exaustiva pesquisa em diversas fontes, não foi encontrada nenhuma empresa que oferecesse esse serviço.

A coleta de dados se deu por meio de entrevista com os responsáveis pelo setor de reciclagem e visita às empresas. Adotou-se a simbologia R-1 e R-2 como referência das empresas, pois as mesmas solicitaram à pesquisadora que não fosse revelada a sua razão social.

A R-1 é uma das duas filiais da empresa especializada em gerenciamento de resíduo pós-consumo, tendo como produto principal os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. A matriz está localizada nos Estados Unidos e possui filial no Brasil e no Paraguai. Atua há mais de 10 anos no mercado de reciclagem. A entrevista foi realizada com o gerente comercial e de meio ambiente e ocorreu em julho de 2008, na sua sede, localizada na região metropolitana do estado de São Paulo.

Suas instalações consistem em um galpão industrial e instalações administrativas. O galpão industrial possui como infra-estrutura mesas para separação manual dos componentes, áreas de armazenamento, um maquinário para retirada de resíduos de tóner de cartuchos de impressoras e tesoura para corte de metal e placas de circuito impresso. Conta com um serviço externo de descaracterização, isto é, além de atuar no próprio galpão, os funcionários são deslocados para os clientes, quando se tratar de um lote grande de peças.

Conforme informações do respondente, a empresa trabalha com todos os tipos de sucata eletrônica, de pequenos eletrodomésticos a equipamentos médicos, porém, a pesquisadora observou a predominância de sucata de computadores, conforme mostrado na FIG. 5.16. Seu foco no mercado são os fabricantes de equipamentos eletrônicos, organizações privadas e públicas e, a partir de 2008, as prefeituras, que estão implantando sistema de gerenciamento de REEE. Não recebe material de pessoas físicas, indicando, quando solicitado, as organizações não-governamentais.



FIGURA 5.16 – Material aguardando descaracterização.

Fonte: Rosana Franco.

Para o entrevistado, a quantidade de material recebido é de aproximadamente duas toneladas por mês, porém há expectativa de que esse número aumente nos próximos meses devido à pressão da mídia, pois esses resíduos começam a ser notados.

O fluxo do material se estabelece nos seguintes procedimentos: mediante solicitação do cliente, a R-1 envia um representante ao local para fazer a análise do produto/lote. Esse material pode ser retirado no cliente ou entregue diretamente à R-1. Quando esse material chega à R-1 ocorre a conferência da documentação e o registro fotográfico do mesmo, sendo então desmontados e os itens separados de acordo com o tipo (plástico, ferro, alumínio, entre outros), retirando-se a marca, modelo e nome fantasia. São separadas as peças consideradas tóxicas como baterias e pilhas e dadas a elas a destinação específica. Depois de triturado, o material fica em pedaços bem pequenos e são encaminhados aos parceiros/sucateiros.

Os plásticos são recolocados no mercado em torno de 96%, os materiais ferrosos e não-ferrosos em sua totalidade, bem como o papelão e o isopor usados nas embalagens.

Materiais como fibra de vidro e plásticos contendo retardantes de chama são destinados ao aterro industrial por serem considerados resíduos classe I. Os CRTs são encaminhados para uma empresa de gerenciamento de resíduos, localizada em Paulínia, São Paulo, após juntarem 50 peças, o que leva aproximadamente três meses. Segundo o entrevistado, a empresa Oxil possui o processo de reciclagem dessas peças, só aceitando o CRT completo (tubo e invólucro plástico) sem desmontar, sendo assim, a R-1 assume os custos pela reciclagem.

As placas de circuito impresso são enviadas a uma empresa na Alemanha, pois o Brasil não possui tecnologia para sua reciclagem, no entanto, precisam ser separadas por “cor”. Existem dois tipos de placas nos EEEs: as “marrons” e as “verdes”, sendo que as “placas marrons” existentes nos televisores não possuem valor comercial e precisam ser descaracterizadas e enviadas ao aterro industrial. O entrevistado afirmou ter conhecimento de empresas no Brasil que estão desenvolvendo processos para reciclagem dos materiais presentes nas “placas verdes”.

A empresa R-1 possui um banco de dados que armazena todo o histórico do equipamento a partir de número de série, evitando que peças sejam importadas ilegalmente. No final do processo, é entregue um relatório técnico-fotográfico, certificados de destruição e destinação, laudos, cópias das notas fiscais e relação de peças, atendendo todas as exigências fiscais e ambientais, obedecendo a normas internacionais de qualidade. Há casos em que o cliente envia um responsável para acompanhar todo o processo de descaracterização dos equipamentos.

Quando questionado sobre qual medida poderia auxiliar o mercado dos REEEs, o entrevistado foi bem enfático quanto ao processo de legislação e normalização. Destacou que não há uma legislação específica sobre descarte desses produtos e somente as empresas que têm preocupação com sua imagem os procuram para um destino correto. Esclareceu também que o estado de São Paulo está montando um Conselho Estadual sobre Logística Reversa, o que muito contribuirá para a destinação correta dos resíduos pós-consumo.

Para o funcionamento da empresa R-1, é exigido todo o aparato legal e o processo de licenciamento ambiental da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), entre eles o Certificado de Aprovação para Destinação de Resíduos Industriais (CADRI), “instrumento que aprova o encaminhamento de resíduos industriais a locais de reprocessamento, armazenamento, tratamento ou disposição final, licenciados ou autorizados pela CETESB¹¹”. A empresa não possui certificação *International Standard Organization* (ISO) 14001.

A Empresa R-2 está localizada no ABC paulista, sendo uma empresa nacional especializada na desmontagem, descaracterização e destruição de produtos inservíveis ou fora de linha, bem como na destinação final dos resíduos de diversas naturezas. Suas instalações consistem em um galpão industrial e instalações administrativas, ocupando área de aproximadamente 9.000m². Possui área de estocagem para o equipamento completo e para o material triado; 28 bancadas para desmonte dos equipamentos e quatro unidades trituradoras para descaracterização do produto. A empresa também processa o material *in*

¹¹ Disponível em www.cetesb.sp.gov.br. Consultado em 03.ago.2008

loco, dispendo de uma equipe de trabalhadores para este serviço. Somente no setor de descaracterização a empresa conta com 30 funcionários.



FIGURA 5.17 – Trituradores para descaracterização dos materiais.

Fonte: Rosana Franco.

A entrevista foi realizada com o gerente comercial e o responsável pelo setor de reciclagem e ocorreu em julho de 2008, na sede da empresa, localizada na região do ABC paulista. Conforme suas informações, a empresa atua com todos os tipos de REEE, não lhe sendo permitido recusar nenhum tipo de resíduo, o que foi realmente observado pela pesquisadora, devido aos diversos tipos de materiais armazenados aguardando descaracterização.

O volume mensal processado informado fica entre 40 e 50 toneladas somente na área de REEE, uma vez que a empresa trabalha com diversos tipos de resíduos pós-consumo.

O fluxo do material se estabelece nos seguintes procedimentos: retirada do material no cliente; controle de peso na entrada do caminhão lacrado; descarregamento; registro fotográfico do lote; desmontagem; caracterização por tipo de material; descaracterização/trituração, enfardamento e pesagem. Dependendo do material, ele deve ser prensado.

Todos os materiais processados são vendidos para empresas que comercializam materiais recicláveis no intuito de centralização, para posteriormente serem encaminhados para reciclagem. Esse fluxo é necessário para que ocorra mais aproveitamento do produto, como comentado pelo entrevistado: com esse tipo de esquema até mesmo os plásticos com retardantes de chama conseguem ser reaproveitados, pois são misturados aos demais na proporção de 10%.

As placas de circuito impresso são enviadas para reciclagem no exterior. Os materiais que não possuem reciclagem ou não possuem compradores, como os CRTs, são enviados ao aterro industrial ou incinerados, sendo o cliente responsável pela escolha do processo.

Assim como a empresa R-1, a empresa R-2 também mantém um banco de dados que armazena todo o histórico do equipamento, sendo emitido no final do processo um relatório técnico-fotográfico, certificados de destruição e destinação, laudos, cópias das notas fiscais e relação de peças, atendendo a todas as exigências fiscais e ambientais.

Notou-se, na empresa R-2, um forte esquema de monitoramento das instalações por câmeras de vídeo. Quando questionado, o respondente informou se tratar de uma exigência dos fornecedores para contratarem empresas que gerenciam seus resíduos. Entre as exigências encontra-se também a altura dos muros, sistema de controle de entrada e saída de pessoas e registro fotográfico de todas as etapas do processo, sendo enviado um sistema de auditoria para fiscalizar as exigências.

Quando questionado sobre qual medida poderia auxiliar o mercado dos REEEs, respondeu que na sua vivência profissional a falta de informação sobre o descarte correto e sobre a periculosidade desses equipamentos quando descartados incorretamente; a falta de legislação; e a falta de educação ambiental nas instituições educacionais são os principais fatores para esses resíduos não chegarem ao destino correto, que seriam as empresas de triagem/reciclagem.

A empresa R-2 possui todo o aparato legal para seu funcionamento, sendo certificada pelas Normas ABNT ISO 9001:2000 e 14001:2004, o que a torna responsável pelo compromisso ambiental dos seus compradores.

A pesquisadora notou, na sua visita à empresa R-2, um forte comprometimento por parte da equipe de administradores no ciclo de gerenciamento e nos fatores ambientais.

Um depoimento que chamou a atenção da pesquisadora foi sobre a responsabilidade dos clientes, que é comum começarem a desenvolver um projeto de gerenciamento correto para os resíduos de uma empresa, mas a mesma, ao deparar com o valor a ser pago, resolve destinar o material para leilão, alegando que vai receber e não pagar pelo resíduo, porém, o material encaminhado para leilão nem sempre será destinado corretamente, não há um controle sobre o lote. Na maioria das vezes, há uma política gerencial e não uma política da empresa de gestão correta dos REEEs.

5.2.6 Local de disposição final

Para identificar o fluxo dos REEEs em locais de disposição final, visitou-se a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos da BR-040 (CTRS-BH), único local de disposição final dos resíduos sólidos do município de Belo Horizonte. Foi solicitada uma visita via contato telefônico, a qual ocorreu em agosto de 2008. A entrevistadora foi recebida pelo engenheiro sanitário da CTRS-BH.

Ao ser questionado sobre o recebimento ou não de REEEs junto com a coleta diária de resíduos sólidos domésticos, o mesmo informou que “pode ser que cheguem” os REEEs, mas estes não são de fácil identificação por não serem coletados separadamente e, sim, misturados aos demais resíduos.

Com esta negativa, as demais perguntas da entrevista não seriam aplicáveis, no entanto, a pesquisadora continuou com uma conversa informal em que o entrevistado participou que recebem partes internas de geladeiras e fogões, embora seja bem raro. Ocorre grande demanda quando a prefeitura faz campanhas contra a dengue e as pessoas “limpam” seus terrenos e são identificados na frente de trabalho telefones e pequenos eletrodomésticos que são compactados junto com os demais resíduos.

Quando questionado sobre a identificação desse tipo de resíduo junto aos demais, o entrevistado informou que a última caracterização de resíduo foi feita no ano de 2004 e

somente as pilhas e baterias foram identificadas, mas não quantificadas, pois as mesmas aparecem junto com a denominação “outros” e estão caracterizadas como resíduos perigosos.

O entrevistado esclareceu que aproximadamente duas vezes ao ano a Polícia Federal chega ao CTRS-BH com caça-níqueis “inteiros” para serem destruídos: “o trator compactador passa por cima desse material, toda a operação envolve um complexo sistema de segurança e é acompanhada pelos policiais federais, no ano passado chegaram 10 caminhões.”

5.2.7 Órgãos gestores federais, estaduais e municipais

Os órgãos gestores foram escolhidos por estarem relacionados diretamente com a gestão de resíduos sólidos do município de Belo Horizonte e, ou, do estado de Minas Gerais, a seguir: FEAM, SEMAD, SLU e o CMRR. Foram feitos contatos telefônicos para solicitação de entrevista com o responsável pela área de gestão de resíduos. Mediante autorização, a entrevistadora foi até o local estabelecido, procedendo à entrevista cujo roteiro encontra-se no APÊNDICE A.

Na FEAM, fomos recebidos pela consultora ambiental que está responsável em estudar sistemas de gerenciamento para REEE para a FEAM, SEMAD e CMRR. A mesma salientou que a preocupação do órgão frente aos REEEs é recente e que atualmente estão trabalhando em um projeto para condicionamento de computadores, que será lançado oficialmente em agosto de 2008, não podendo, naquele momento, ser disponibilizado para pesquisa.

Quando questionada se já houve demanda sobre este tema junto ao órgão, ela informou que a mídia (redes de televisão e jornais) tem procurado saber a posição do órgão e somente uma empresa os procurou para saber que destino dar aos seus EEEs obsoletos, os quais são direcionados para empresas no estado de São Paulo que a entrevistada havia visitado.

A respondente classifica este assunto como de extrema importância e ressalta a falta de legislação no Brasil e no estado de Minas Gerais para os REEEs, o que dificulta o andamento de projetos na área. E, também, a necessidade imediata de discussões entre o setor produtivo de equipamentos eletrônicos e os órgãos gestores ambientais.

Em setembro de 2008, no decorrer da pesquisa, foi implementado no CMRR o Projeto 3RsPCs – Resíduos Eletroeletrônicos, que tem como objetivo estimular a prática da redução, reutilização e reciclagem dos REEs, fomentando a formulação de uma política pública e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao tema.

A fim de obterem-se informações sobre procedimentos adotados pela SLU-BH sobre os REEs, inúmeros contatos telefônicos foram efetuados e duas visitas para pesquisa ao Centro de Memória e Pesquisa "Rosalina de Paula Barroso" (CEMP). No primeiro contato, em julho de 2008, para solicitação da entrevista, a assessoria de comunicação informou que a SLU-BH não possui nenhum trabalho referente a esse tipo de resíduo e que quando as pessoas ligam para saber que destino dar aos computadores obsoletos a SLU fornece o endereço da PRODABEL, não se disponibilizando a receber a pesquisadora.

Em agosto de 2008, via telefone, a diretora de planejamento e gestão da SLU-BH declarou que não existia coleta específica para esse material no município, pois não havia demanda e, até aquela data, na SLU-BH, não havia nenhum planejamento para esse resíduo.

Em visita ao CEMP, não foi encontrado nenhum documento referente ao assunto em questão.

A pesquisadora enviou um correio eletrônico para a SLU-BH perguntando como deveria proceder para descartar uma “geladeira velha” e a mesma foi informada para descartar o produto junto às URPVs.

Na *web* página da SLU-BH encontra-se a seguinte recomendação:

Se você quer se desfazer de entulho, podas e bagulhos volumosos (colchões, **eletrodomésticos**, mobiliário), não jogue na rua, nem contrate serviço inadequado. Procure as Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV). Os carroceiros e a população em geral podem depositar, gratuitamente, pequenas quantidades desses materiais (grifo nosso)¹².

¹² Disponível em www.portal1.pbh.gov.br Consultado em 25.ago.2008

5.3 Proposta para um protocolo de referência para gestão dos REEEs para o município de belo horizonte

5.3.1 Fatores a serem analisados em um plano de gerenciamento de resíduos sólidos

De acordo com Castilho Jr. *et al.* (2003), uma plano de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve contemplar as seguintes informações:

- Características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos.
- Identificação e análise das disposições legais existentes, incluindo contratos de execução de serviços de limpeza urbana municipal por terceiros.
- Identificação e descrição da estrutura administrativa dos serviços de limpeza urbana e respectivos recursos humanos.
- Identificação, levantamento e caracterização da estrutura operacional dos serviços prestados (infra-estrutura física, procedimentos e rotinas de trabalho).
- Identificação dos aspectos sociais (presença de catadores na disposição final, coleta informal, existência de cooperativas e associações).
- Identificação, levantamento e caracterização da estrutura financeira do serviço de limpeza urbana (remuneração e custeio, investimentos, controle de custos).
- Levantamento e caracterização de ações ou programas de educação ambiental em desenvolvimento no município.

Por ser a proposta desta pesquisa inédita no estado de Minas Gerais, as recomendações de Castilho Jr. *et al.* (2003) foram aqui adaptadas, conforme os próximos subitens:

5.3.1.1 Características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos

Com o objetivo de atender esta recomendação, identifica-se, primeiramente, a cadeia pós-consumo dos REEEs e, por meio de entrevistas e visita *in locu*, pode-se constatar a diversidade de REEEs presentes nos setores estudados. Constatou-se a presença de pequenos eletrodomésticos, grandes eletrodomésticos, equipamentos de informática e de telecomunicação, equipamentos de consumo, equipamentos de iluminação, brinquedos e equipamentos de esporte e lazer e distribuidores automáticos.

No entanto, não foi possível quantificar com precisão os REEEs presentes no município de Belo Horizonte, devido aos seguintes fatores:

- As cooperativas de catadores de materiais recicláveis, as empresas que comercializam sucatas e a CTRS-BR040 não possuem controle de recebimento desses resíduos.
- Os dados de vendas de EEE não são contabilizados pelos órgãos competentes por municípios e sim em nível nacional.
- Os dados do PNAD são fornecidos por regiões metropolitanas e contabilizam somente se o domicílio possui o equipamento eletrônico e não a quantidade de equipamentos por domicílio.
- A vida útil do equipamento e o peso médio foram baseados em padrões de países desenvolvidos.

Sendo assim, as estimativas feitas (Tabelas 5.2, 5.3, 5.4) não demonstram com precisão a quantidade dos REEEs presentes no município, no entanto, as visitas às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, às empresas que comercializam sucatas e ao local de disposição final comprovam que esse material existe em grande quantidade e o seu gerenciamento é inexistente.

5.3.1.2 Identificação e análise das disposições legais existentes (normas, regulamentações, etc.)

Para a concepção de um modelo de gestão de REEE, seria fundamental a existência de regulamentos referentes a esses resíduos. Contudo, foi feita exaustiva pesquisa na legislação ambiental brasileira e não se encontrou legislação em vigor que abordasse o assunto.

Sendo assim, este trabalho adotou como referência as recomendações da Diretiva 2002/96/CE e 2002/95/CE do Parlamento e do Conselho Europeu, em anexo, que nortearam a elaboração deste modelo de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte (GREEE-BH).

5.3.1.3 Identificação e descrição da estrutura administrativa dos serviços de limpeza urbana e respectivos recursos humanos

A limpeza urbana do município de Belo Horizonte já é realizada de forma eficiente pela SLU-BH, sendo que esta possui uma estrutura administrativa e recursos humanos necessários para a realização desta proposta. Torna-se necessária somente a capacitação dos trabalhadores envolvidos no processo de gestão específico dos REEEs.

5.3.1.4 Identificação, levantamento e caracterização da estrutura operacional dos serviços prestados

A SLU-BH conta com uma estrutura operacional que atende parcialmente as necessidades desta proposta, sendo necessárias algumas adaptações, como:

- Inserção nos locais de entrega voluntária de um contêiner específico para REEE.
- Inserção nas unidades de recebimento de pequenos volumes de uma caçamba específica para REEE protegida das intempéries.
- Transporte do REEE coletado para o Centro de Triagem de REEE (CT-REEE).
- Identificação dos aspectos sociais.

Os materiais oriundos da coleta seletiva do município já são encaminhados para as cooperativas de catadores de materiais recicláveis, assim, estas terão papel de centros de armazenamento. Os REEEs armazenados nas cooperativas serão encaminhados para o CT-REEE, que deverá ser implementado em parceria com as cooperativas de catadores. Nesta proposta as cooperativas de catadores de Belo Horizonte serão parceiras do município na gestão dos REEEs e terão como benefício direto a venda dos materiais triados.

5.3.1.5 Identificação, levantamento e caracterização da estrutura financeira

Não é possível fazer um levantamento dos custos para implementação da proposta, pois a SLU-BH já possui estrutura operacional que atende parcialmente às necessidades desta proposta, sendo necessárias adaptações, como a inserção de um contêiner específico para REEE nos LEVs e nas URPVs e adequação do caminhão da coleta seletiva dos resíduos.

Para a coleta dos REEEs existem muitas opções de recipientes; a escolha dependerá do local a ser colocado e do tipo de resíduo eletrônico a ser coletado, variando o tamanho e a resistência do contêiner e, conseqüentemente, o seu preço.

Para implementação do Centro de Triagem de REEE, recomenda-se no primeiro momento que seja usado um espaço já disponível nas cooperativas, evitando, assim, custos desnecessários. A partir da demanda dos resíduos, alterações deverão ser feitas para atender às necessidades de operação da CT-REEE.

5.3.1.6 Levantamento e caracterização de ações ou programas de educação ambiental em desenvolvimento no município

Para conscientização e divulgação do Programa de GREEE-BH, será necessário o estabelecimento de parcerias com os programas de educação ambiental já existentes no município.

A SLU-BH possui um trabalho de mobilização e educação para limpeza urbana, que tem como objetivo minimizar os impactos decorrentes da geração dos resíduos sólidos urbanos, por meio da redução da produção de resíduos do máximo aproveitamento dos materiais: reutilização e reciclagem¹³.

5.3.2 Protocolo de referência para o gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos para o município de Belo Horizonte

Como já discutido na revisão de literatura, para um efetivo sistema de GREEE, faz-se necessário o estabelecimento de responsabilidades do produto. A Diretiva 2002/96/CE estabelece a responsabilidade estendida do produtor, na qual o produtor é responsável pelo gerenciamento do seu produto pós-consumo, podendo optar por um sistema de gestão individual ou por um sistema de gestão compartilhada.

¹³ <http://www.pbh.gov.br>. Consultado 25.ago.2008.

No sistema de gestão individual, o produtor assume, a título individual, a responsabilidade pela organização e financiamento do seu próprio sistema de gestão dos REEEs. No sistema compartilhado, pressupõe a transferência da responsabilidade de gestão dos REEEs para uma entidade gestora devidamente licenciada. Por não termos no Brasil regulamentações que obriguem os fabricantes e importadores de EEE a se responsabilizarem por seus produtos pós-consumo, utilizamos uma adaptação do sistema de gestão compartilhada. Nesse Protocolo adota-se o sistema de gestão compartilhada, cujos fabricantes, município e consumidores são responsáveis pela gestão adequada dos REEEs, sendo de responsabilidade:

a) Fabricantes

- integrar nos novos produtos o conceito de *ecodesign*;
- estabelecer a redução ou eliminação de substâncias perigosas;
- incentivar programas nos quais a venda do produto novo é estimulada pela troca “novo por velho”;
- encaminhar os REEEs para os CT-REEE estabelecidos pelo município.
- estabelecer extensão divulgação dos procedimentos adequados para descarte dos REEEs.

b) Município

- estabelecer parceria com as cooperativas de catadores de materiais recicláveis (CCMR) para implementação de um CT-REEE;
- criar os “ecopontos” nas URPVs, nas CCMRs e instalação de contêineres apropriados para deposição dos REEEs nos LEVs;
- auxiliar no licenciamento para funcionamento do centro de triagem dos REEEs,
- capacitar mão-de-obra para correta triagem;
- encaminhar os resíduos depositados nos “ecopontos” para o CT-REEE;
- promover a sensibilização e divulgação de informações sobre os procedimentos ambientalmente adequados para o descarte dos REEEs.

c) Consumidores particulares e consumidores organizacionais

- entregar nos locais indicados pelo município os REEEs devidamente acondicionados, de forma a não causar impacto negativo no ambiente e na saúde humana.

A FIG. 5.18 apresenta o fluxograma para o Modelo de Gestão de REEE para o município de Belo Horizonte.

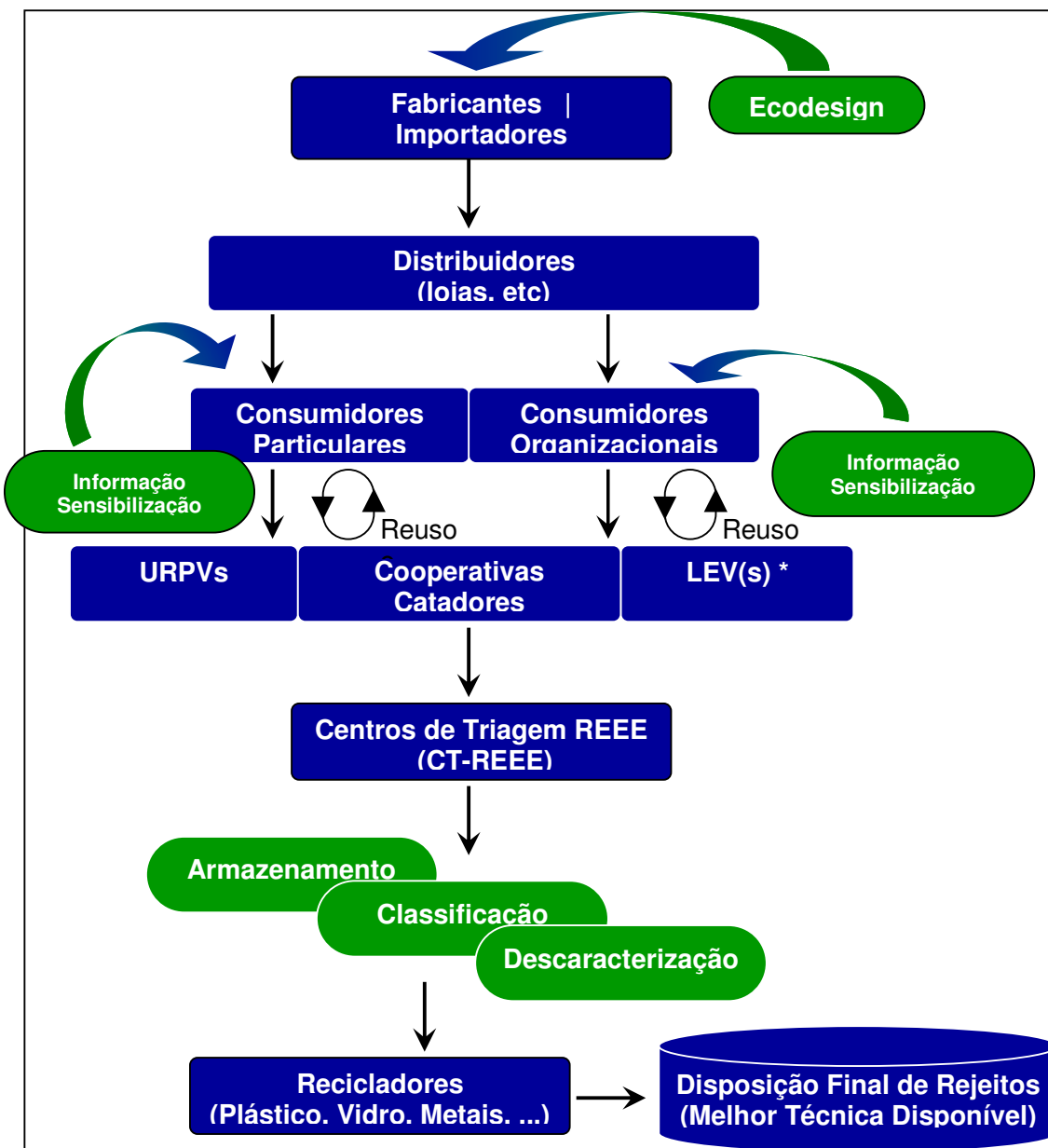


FIGURA 5.18 – Modelo de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos para o município de Belo Horizonte.

Nessa proposta os fabricantes/importadores transferem a responsabilidade de gestão dos REEEs para a entidade gestora. No entanto, cabe aos fabricantes integrar na concepção dos novos produtos os conceitos de *ecodesign*, como o uso sustentável de matérias-primas; a redução e/ou eliminação de substâncias perigosas; utilização de materiais recicláveis; aplicação de tecnologias e materiais que prolonguem a vida útil do EEE; facilidade de

desmonte para reutilização de peças ou das diferentes partes para envio à reciclagem.

Os distribuidores, em parceria com os fabricantes e importadores, deverão adotar o sistema “novo pelo velho”, encaminhando o material recolhido para os CT-REEEs. Em paralelo, orientar os consumidores sobre o destino ambientalmente correto desses resíduos.

Consumidores particulares e consumidores organizacionais devem assumir atitude ambientalmente sustentada, priorizando a reutilização dos EEEs, ou seja, verificando se o custo de reparo é inferior ao de um EEE novo; caso isto ocorra, fazer opção pelo conserto do equipamento.

Se o EEE estiver tecnologicamente obsoleto para o primeiro consumidor, o mesmo poderá optar por doações a entidades sociais, principalmente no item de informática e telecomunicações. Os demais EEEs deverão ser avaliados quanto ao consumo energético, para utilização em uma segunda-vida.

No caso de consumidores organizacionais quererem desfazer-se de grande quantidade de REEEs, deverão encaminhá-los diretamente ao CT-REEE.

Os ecopontos ou centros de recepção de REEE são os principais elos da rede de coleta dos REEEs, sendo fundamental promover a interação entre a infra-estrutura de gestão de resíduos sólidos municipal, os consumidores e os centros de triagem.

O sistema municipal de gestão de resíduos sólidos de Belo Horizonte apresenta a vantagem de já possuir as URPVs, os LEVs e o sistema de coleta porta a porta. Estes podem ser adaptados às especificidades dos REEEs de modo relativamente fácil e economicamente viável.

Para tanto, sugere-se que:

- Nas URPVs sejam colocados contêineres apropriados para coleta de REEE, uma vez que a SLU já recomenda em sua *web* página que a população encaminhe eletrodomésticos para esses locais. As URPVs estão localizadas nas nove regionais do município, facilitando a logística da coleta.
- Instalação de contêiner específico para REEEs nos LEVs situados em locais que evitem a depredação.

- Instalação de contêiner específico para REEE nas cooperativas de catadores de materiais recicláveis. As mesmas já estão distribuídas nas regionais do município e recebem materiais da coleta seletiva da prefeitura, bem como já é habitual a população doar EEEs obsoletos para esses locais.

As FIG. 5.19, 5.20 e 5.21 mostram alguns exemplos de recipientes para coleta de REEE em diferentes países.



FIGURA 5.19 – Recipiente para pequenos equipamentos.

Fonte: <http://lx0.taylor-ch.co.uk>. Consultado em 01.nov.2008.



FIGURA 5.20 – Recipiente usado em Portugal, “electrão”, para equipamentos com até 55 cm.

Fonte: <http://www.amb3e.pt>. Consultado em 01.nov.08.



FIGURA 5.21 – Recipientes para 90 e 450 Kg.

Fonte: <http://www.getrid.uk.com>. Consultado em 01.nov.08.

Sugere-se que o Centro de Triagem de REEE seja implementado em parceria com as cooperativas de catadores de materiais recicláveis do município de Belo Horizonte. A localização deve ser escolhida em comum acordo com as cooperativas.

O CT-REEE terá como função a separação dos materiais presentes nos REEEs, de acordo com o tipo específico de material (plástico, vidro, materiais não-ferrosos e ferrosos).

As FIG. 5.22, 5.23, 5.24 apresentam esquema da triagem de televisores e computadores, refrigeradores e ar-condicionado, telefones móveis e pequenos eletrodomésticos.

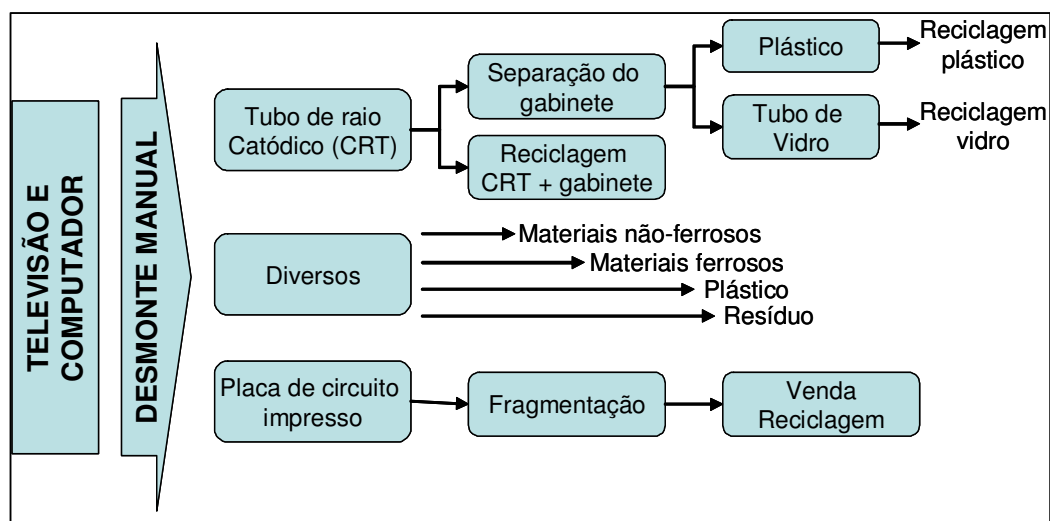


FIGURA 5.22 – Esquema de triagem de televisores e computadores.

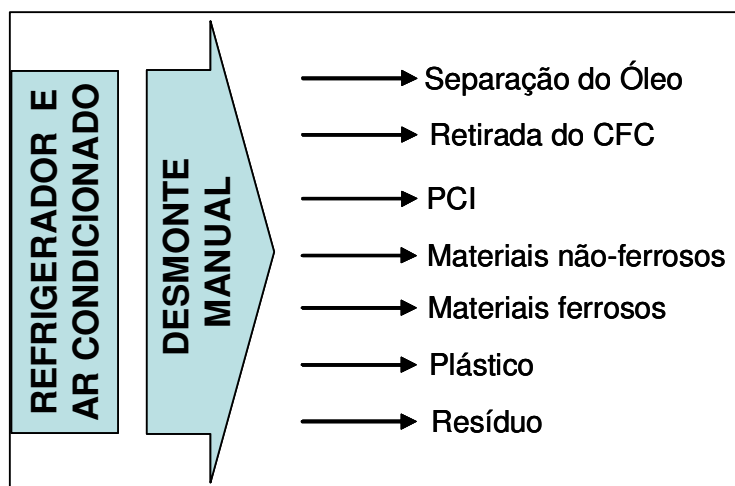


FIGURA 5.23 – Esquema de triagem de refrigerador e ar-condicionado.

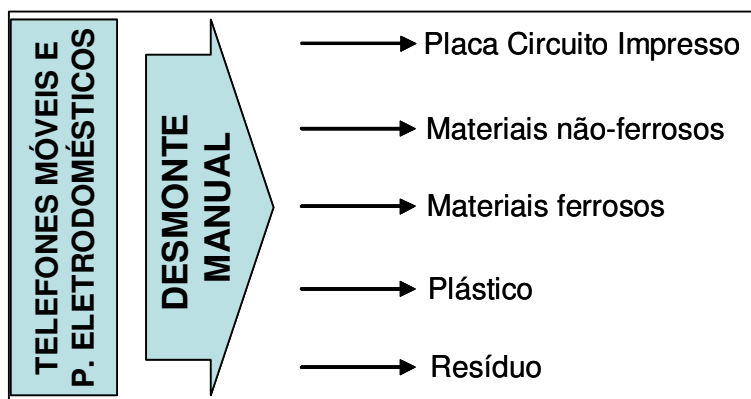


FIGURA 5.24 – Esquema de triagem de telefones móveis e pequenos eletrodomésticos.

A opção da não-separação dos componentes presentes no interior dos CRTs possibilita ao CT-REEE o seu funcionamento com um maquinário mais simplificado, sendo necessários:

- uma bancada para desmanufatura dos REEEs;
- uma faca industrial de corte e/ou um triturador para placas de circuito impresso;
- furadeira para retirada dos parafusos;
- ferramentas específicas para desmontagem de equipamentos;
- contêineres para cada tipo de material;
- equipamentos de proteção individual.

A FIG. 5.25 apresenta um modelo de bancada usado em uma das empresas visitadas, de descaracterização de resíduos eletrônicos no estado de São Paulo.



FIGURA 5.25 – Bancada de descaracterização de REEE.

Fonte: Rosana Franco.

A quantidade de cada maquinário/equipamento deve ser estabelecida de acordo com o volume de resíduo a ser triado.

A FIG. 5.26 mostra um fluxograma simplificado do processo de recebimento e descaracterização dos REEEs no CT-REEE/BH.

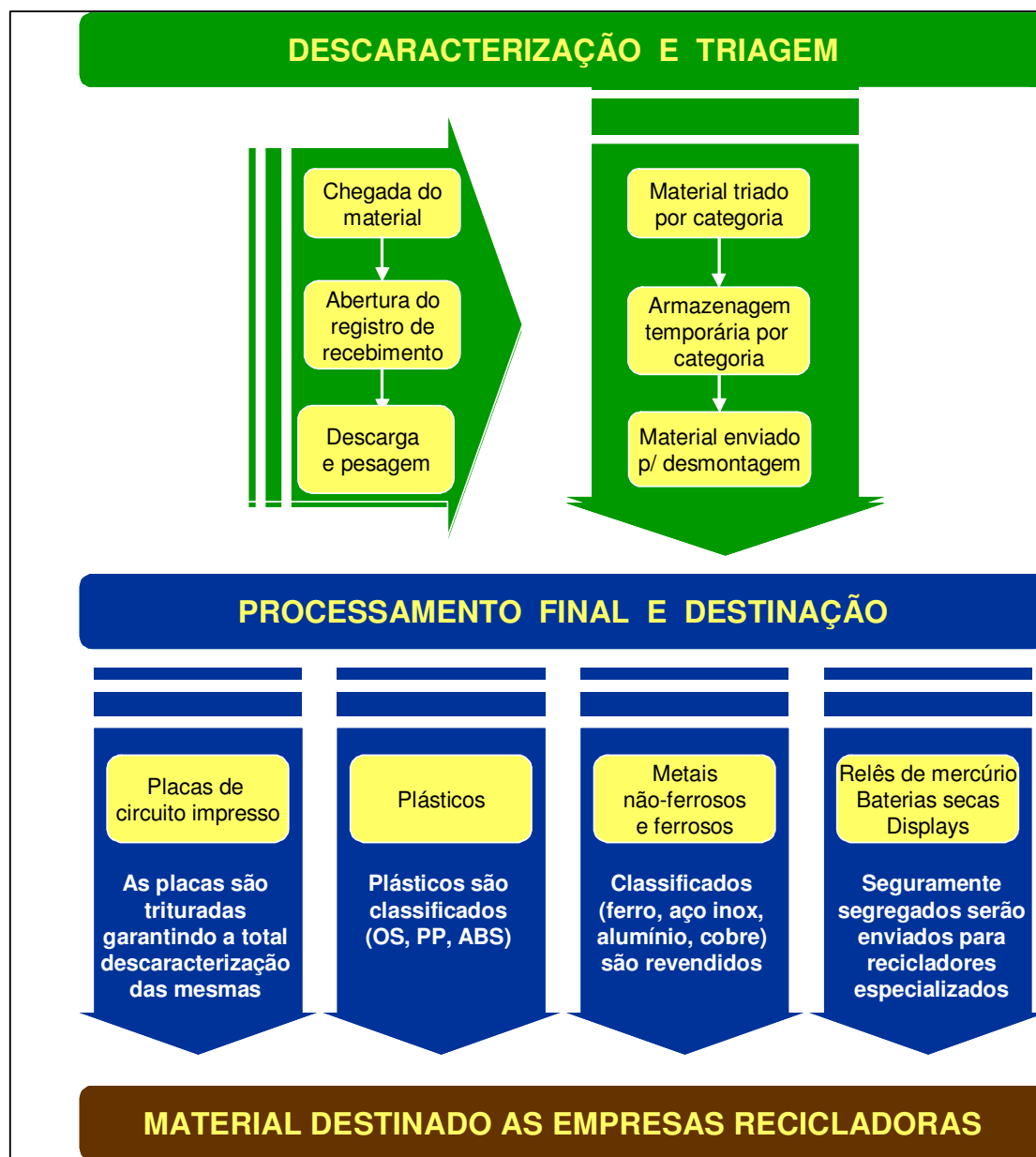


FIGURA 5.26 - Fluxograma simplificado do processo de recebimento e descaracterização dos REEEs.

Como demonstrado na revisão bibliográfica e comprovado nas visitas às empresas triadoras de REEE, produtos como CRTs, placas de circuito impresso e compressores de equipamentos de refrigeração necessitam de gestão diferenciada. Neste caso, sugere-se que esses materiais sejam manipulados da seguinte forma:

- CRT: sejam retirados dos PCs e dos televisores, sem quebrar o tubo e que sejam comercializados inteiros, ou seja, invólucro plástico e o tubo, agregando maior

valor de mercado e evitando danos ao meio ambiente e à saúde do trabalhador.

- Compressores de equipamentos de refrigeração: retirada do gás refrigerante por meio das Normas Técnicas cabíveis para seu reaproveitamento.
- Placas de circuito impresso: separadas por tipo e descaracterizadas (fragmentadas).

Para a proposta do GREEE fez-se necessário o estabelecimento de algumas definições:

CFC: sigla usada para clorofluorcarbono - substância química usada como gás refrigerante e controlada pelo Protocolo de Montreal por ser destruidora da camada de ozônio.

Desmanufatura: descaracterização de produtos eletroeletrônicos e de informática em geral, por meio de seu desmonte e separação de peças.

Distribuidor: qualquer pessoa que forneça comercialmente equipamentos elétricos ou eletrônicos aos consumidores particulares ou não-particulares.

Ecoponto: local de entrega de resíduos para reciclagem.

Entidade gestora: centro de triagem de REEE, devidamente licenciado e gerido por meio das cooperativas de catadores de materiais recicláveis (CCMR) do município.

Equipamentos elétricos e eletrônicos: ou EEE, são os equipamentos cujo adequado funcionamento depende de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte do produto para que haja o seu completo funcionamento.

PCBs: sigla usada para as bifenilas policloradas, líquido isolante conhecido genericamente como "Ascarel", de largo emprego em transformadores e capacitores. No Brasil, sua utilização e comercialização foi proibida a partir de 1981. Possui característica de bioacumulação em tecidos animais e vegetais.

Prevenção: as medidas destinadas a reduzir a quantidade e a nocividade para o ambiente dos REEEs, seus materiais e substâncias.

Fabricante: qualquer pessoa que, independente da técnica de venda, incluindo a venda a distância, proceda à fabricação e venda de EEE sob marca própria; proceda à revenda, sob marca própria, de equipamentos produzidos por outros fornecedores; proceda à importação ou exportação de EEE.

Reciclagem: o reprocessamento, na esfera de um processo de produção, dos materiais residuais como matéria-prima secundária para produção do produto semelhante ao inicial ou outro.

Resíduos de Equipamentos elétricos e eletrônicos ou REEE: os equipamentos elétricos ou eletrônicos que constituem resíduos, incluindo todos os componentes, subconjuntos

e materiais consumíveis que fazem parte do produto para que haja o seu completo funcionamento.

REEE provenientes de consumidores particulares: os REEEs provenientes do setor doméstico, fontes comerciais, industriais, institucionais e outras que, pela sua natureza e quantidade, sejam semelhantes aos REEEs provenientes do setor doméstico.

REEE provenientes de consumidores organizacionais: os REEEs provenientes do setor industrial, fontes comerciais, industriais, institucionais e outras que, pela sua natureza e quantidade, sejam superiores aos REEEs provenientes do setor doméstico.

Reuso ou reutilização: qualquer operação por meio das quais os REEEs ou seus componentes sejam utilizados para os mesmos fins que foram concebidos.

Tubo de raios catódicos ou CRT (*cathode ray tube*): também conhecido como cinescópio, é usado em alguns monitores de computadores pessoais e televisores. Os principais elementos de um cinescópio são um painel de vidro (tela); uma máscara de sombra; um cone de vidro; um canhão eletrônico; um cone metálico interno e uma bobina de deflexão.

A partir da proposta de gerenciamento de REEE para o município de Belo Horizonte apresentada neste trabalho e uma parceria com o programa Minas sem lixões do Governo do Estado de Minas Gerais, em novembro de 2008, elaborou-se um caderno temático direcionado a técnicos e agentes de prefeituras, sociedade civil organizada, empresas e outras organizações que desejam implementar um programa de coleta de REEE em seu município. O caderno temático “Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos” encontra-se em anexo.

6 CONCLUSÕES

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos estão em processo de plena expansão, inclusive nos países em desenvolvimento. A redução dos preços de venda, a crescente inovação tecnológica e a diminuição do tempo de vida útil são alguns dos fatores que contribuem para o seu descarte.

Nos países em desenvolvimento, são raras as pesquisas sobre o tema, principalmente no que diz respeito à gestão adequada para esses resíduos. Nos países desenvolvidos, este tema é bastante estudado, com a existência de regulamentações que incluem a responsabilidade do produtor sobre o gerenciamento dos seus produtos pós-consumo, assim como legislações sobre a restrição de uso de substâncias tóxicas na fabricação dos equipamentos eletrônicos.

Um dos fatores do sucesso dos sistemas de gerenciamento de REEE em países desenvolvidos se deve ao fato da legislação vigente adotar o princípio da responsabilidade estendida do produtor, o que leva o fabricante a desenvolver equipamentos a partir do conceito de *ecodesign*, investir em pesquisas de reciclagem dos materiais e adotar a logística reversa.

No Brasil, foram encontrados alguns sistemas pontuais de gestão formal para computadores e aparelhos de celular, bem como seus acessórios. Os demais aparelhos eletrônicos são descartados junto ao lixo domiciliar.

As empresas fornecedoras de telefones celulares no Brasil possuem canais reversos estruturados para o retorno da bateria, do aparelho celular e seus acessórios, por meio das lojas de assistência técnica e pontos de venda. Quando coletados, são enviados para empresas recicladoras, a fim de ser efetuado o retorno do material ao ciclo produtivo, porém a divulgação para os usuários ainda é deficiente.

As iniciativas de gestão para os computadores pessoais são pontuais e partem de organizações não-governamentais que incluem a capacitação de jovens com

vulnerabilidade social em projetos de condicionamento das máquinas para fomento da inclusão digital, no entanto, os resíduos eletrônicos gerados nesses projetos não possuem destinos ambientalmente adequados.

No estado de São Paulo existem empresas de gestão de resíduos e entre seus processos está inserida a descaracterização de equipamentos eletrônicos. Seus clientes são fabricantes de equipamentos eletrônicos que, por motivos diversos, precisam retirar do mercado equipamentos ainda sem uso ou empresas que possuem certificação ambiental e necessitam dar um destino ambientalmente correto para seus resíduos. As empresas visitadas não recebem esse material de pontos de coleta seletiva dos municípios ou de pequenos geradores.

Não foi localizada nenhuma empresa de gestão de resíduos eletrônicos no município de Belo Horizonte e, ou, no estado de Minas Gerais, o que caracteriza um campo para implantação desse setor empresarial no estado.

A estimativa de geração calculada mostra a necessidade de se programar um sistema de gerenciamento de REEE no município de Belo Horizonte. Considerando a vida útil dos aparelhos, tem-se: aparelho de refrigeração (congelador + refrigerador) - até o ano de 2023 haverá o total de 87.930 t de resíduos; aparelhos de televisão, até o ano de 2021 será um passivo ambiental de aproximadamente 54.000 t de materiais; computadores pessoais e telefones celulares - será de 10.560 t até o ano de 2013 e 232 t até o ano de 2010, respectivamente.

Os resultados indicaram que a principal destinação dada pelos consumidores particulares para o destino dos aparelhos celulares, TV, PC e geladeira, finda a primeira vida útil, é a doação (34, 44, 36 e 48%, respectivamente), o que não implica destinação adequada dos mesmos, uma vez que esta alternativa pode ser interpretada como uma maneira de transferir o problema de gestão para o outro usuário.

As visitas às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, às empresas que comercializam sucatas e no local de disposição final de resíduos comprovam que esse material existe em grande quantidade e o gerenciamento ambientalmente adequado é inexistente.

Os impactos ambientais negativos decorrentes da disposição inadequada dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, bem como a perda econômica, proveniente da não valorização dos materiais recicláveis presentes na sua composição, são questões vitais e que merecem especial atenção da sociedade civil, dos órgãos ambientais, do governo, dos acadêmicos e da iniciativa privada.

A infra-estrutura de coleta específica desses resíduos é inexistente no município. As alternativas existentes, até o término da presente pesquisa, para o descarte dos equipamentos elétricos e eletrônicos pós-consumo são: a disposição para coleta junto aos resíduos domiciliares; as operações especiais dos serviços de limpeza urbana como os bota-fora ou a entrega nas unidades de recebimento de pequenos volumes, nos quais são dispostos os eletrodomésticos de grande porte, no entanto, o destino final será o aterro sanitário; a doação direta a catadores que destinam os materiais às cooperativas de materiais recicláveis ou a disposição junto aos outros materiais recicláveis em pontos de entrega voluntário.

Neste contexto, a implantação de um plano de gerenciamento para os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos gerados no município de Belo Horizonte se justifica para que se possa dar a destinação e valorização ambientalmente adequada a esses resíduos em crescente expansão.

7 RECOMENDAÇÕES

- Formular regulamentos específicos para gestão do descarte de equipamentos elétricos e eletrônicos.
- Estabelecer políticas públicas que incluam a responsabilidade estendida do produtor.
- Retomar o grupo de trabalho do CONAMA referente a resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.
- Caracterizar os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos na composição dos resíduos sólidos urbanos dos municípios.
- Estudos acadêmicos sobre os impactos ambientais do descarte inadequado desses resíduos.
- Desenvolver processos de reciclagem ambientalmente adequados considerando-se a realidade econômica nacional.
- Quantificar os demais resíduos eletrônicos no município.
- Estimar a geração dos resíduos eletrônicos em nível nacional.
- Promover campanhas educativas para conscientização da população sobre o descarte ambientalmente adequado.
- Incorporar o conceito de *ecodesign* e logística reversa na indústria de equipamentos elétricos e eletrônicos.

REFERÊNCIAS

ABREU, L.M. **Usabilidade de telefones celulares com base em critérios ergonômicos**. Dissertação: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Design no Departamento de Artes & Design do Centro de Teologia e Ciências Humanas, Rio de Janeiro, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. ANATEL. **Ranking de Densidade por Código Nacional do Serviço Móvel Pessoal**. 2007. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do#>>. Acesso em: 01.jul.2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Relatório Anual, 2007**. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/hotsites/relatorio_anual_2007/cap_03.htm>. Acesso: 22.jan.2008.

ANDRADE, M.M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997. 151 p.

ANDRADE, R. **Caracterização e classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. Dissertação: Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, São Paulo, 2002.

ARGENTINA. **Subsecretaria de Coordinación de Políticas Ambientales**. Subgrupo de trabajo, n.6, Medio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=31>>. Acesso em: 11.jul.2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA NACIONAL ELETRO-ELETRÔNICA – ABINEE. **Panorama Econômico e Desempenho Setorial - 2007**. São Paulo, 2007a. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon11.htm>>. Acesso em 22.fev.2008.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE PRODUTOS ELETRÔNICOS – ELETROS. **Histórico de Vendas Industriais 1994-2002**. São Paulo, 2007b. Disponível em: <http://www.eletros.org.br/_historico_de_vendas_industriais.htm>. Acesso em 27.fev.2008.

BELGICA. **Recupel**: Annual Report 2007, Project Responsibility VERFAILLIE, Katrien. Pantarein, Katelijne Norga, 2007.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. **Anuário estatístico 2003**. Secretária Municipal de Planejamento. Departamento de Informações Técnicas. Belo Horizonte, 2003. Disponível em: <http://pbh.gov.br>. Acesso em: 23.jun.2006.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Limpeza Urbana. **Limpeza Urbana de Belo Horizonte Centenária**. Belo Horizonte. 2000. p. 176

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Limpeza Urbana. **Relatório Anual de Atividades da Limpeza Urbana**. Secretária Municipal de Políticas Urbanas, Diretoria de Planejamento e Gestão, Departamento de Projetos, Seção de Estatística. Belo Horizonte, maio de 2008.

BOTARO, D.; TORRES, J.P.M. Difenil éteres polibromados (PBDES) Novos Poluentes, Antigos desafios. **Oecologia brasiliensis**, v.11, p.167-178, 2007.

BRASIL, Kátia. Produção de LCD na Zona Franca sobe 312%. **Folha de On Line**, São Paulo, Agência Manaus, São Paulo, 28, fevereiro, 2007. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u358641.shtml>>. Acesso em 12.mar.2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Eliminação Gradual do CFC**. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº. 401/08**, de 04 de novembro de 2008 – In: Resoluções, 2008.

BRASIL. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil** (1991 e 2000), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2000.

BRASIL. Senado Federal. **Relatório do PL 203/91 e seus apensos**, Relator: Érmeson Kapaz, 2002. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/107252.doc>>. Acesso em 15.out.2007.

CASTILHO JR, A.B. *et al.* (Org.) **Resíduos sólidos urbanos**: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: Rima: ABES, 2003.

CEARÁ. **Lei 13.103 de 24 de Janeiro de 2001**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define diretrizes e normas de prevenção e controle da poluição, para a proteção e recuperação da qualidade do meio ambiente e a proteção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado do Ceará. Ceará. 15p.

COMITÊ PARA DEMOCRATIZAÇÃO DA INFORMÁTICA. CDI. Cidadania digital: como o CDI utiliza a informática e a educação para promover a inclusão social e transformar vidas, Rio de Janeiro, 2005.

CROWE, M. *et al.* **Waste from electrical and electronic equipment (WEEE)**: quantities, dangerous substances and treatment methods. Europe Environment Agency, 2003.

CUI, J.; FORSSBERG, E. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. **Journal of Hazardous Material**, B99, 243-263, 2003.

ESPINOZA, O. *et al.* **Diagnóstico del manejo de los residuos electrónicos en el Perú.** IPES, Lima, 2008.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO - FGV/EAESP **18ª. Pesquisa Anual, 2007** realizada por FGV-EAESP-CIA - Centro de Tecnologia de Informação Aplicada da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, coordenada por Prof. Fernando S. Meirelles. Disponível em: <<http://www.eaespp.fgvsp.br/subportais/Interna/Relacionad/FGV2007TI.pdf>>. Acesso em: 19.fev..2008

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOIÁS. **Lei 14.248 de 29 de julho de 2002.** Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define diretrizes e normas de prevenção da poluição. Goiás, 17p.

GUTIERRES, R.M.V. *et al.* **Complexo eletrônico: Displays e nanotecnologia.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 27-84, mar. 2006.

HISCHIER, R.; WAEGER, P.; GAUGLHOFER, J. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier, v.25, p.525-539, 2005.

HORNER, R.E; GERTSAKIS, J.A. **Literature Review on the Environmental and Health Impacts of Waste Electrical and Electronic Equipment**, Relatório preparado para Ministry for the Environment New Zealand Government, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS), 2004.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2006.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2006/default.shtm>>. Acesso em 28.jun.2008.

INTERNATIONAL PRECIOUS METAL INSTITUTE. IPMI. **Guidance: ESM for Used Mobile Phones,** 2003. Disponível em: <<http://www.basel.int/industry/mppi/IPMI-guidance.doc>>. Acesso em: 08.fev.2008.

KANG, H.Y.; SHOENUNG J.M. Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options. **Resources Conservation & Recycling**, Elsevier, v.45, p.368-400, 2005.

KHETRIWAL, D.S.; KRAEUCHI, P.; WIDMER, R. Producer responsibility for e-waste management: Key issues for consideration – Learning from the Swiss experience, **Journal of Environmental Management**, p.1-13, 2007.

LEE, C.H. *et al.* Management of scrap computer recycling in Taiwan. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v.73, p.209-220, 2000.

LEE, C.H. *et al.* An overview of recycling and treatment of scrap computers. **Journal of Hazardous Materials**, Elsevier, v. 114, p.93-100, 2004.

LEE, J.C.; SONG, T.H.; YOO, M.J. Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. **Resources, Conservation & Recycling**, Elsevier, v.50, p.380-397, 2007.

LEITE, P.R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 250 p.

LUÍZIO, M. **Gestão de resíduos de equipamentos eléctricos electrónicos – proposta para um modelo de gestão de reee em Portugal**. Trabalho de final de curso, Instituto Superior Técnico, Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Portugal, 2004.

MANO E.B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. 2.ed. rev. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1999. 191p.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. ed. São Paulo: EDUSP, 366 p., 2005.

MATO GROSSO DO SUL. **Lei 2.080 de 13 de Janeiro de 2000**. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos. Mato Grosso do Sul. 5p.

MATSUTO, T.; JUNG, C.H.; TANAKA, N. Material and heavy metal balance in a recycling facility for home electrical appliances, **Waste Management**, Elsevier, v.24, p.425-436, 2004.

McPHERSON, A.; THORPE, B.; BLAKE, A. **Brominated Flame Retardants in Dust on Computers: The Case for Safer Chemicals and Better Computer Design**. Computer Take-Back Campaign, 2004.

MENAD, N.; BJORKMAN, B.; ALLAIN, E.G. Combustion of plastics contained in electric and electronic scrap, **Resources Conservation and Recycling**, Elsevier, v.24, p.65-85, 1998.

MENAD, N. Cathode ray tube recycling. **Resources Conservation and Recycling**, Elsevier, v.26, p.143-154, 1998.

MENDES, G.H.S.; TOLEDO, J.C. Transformações na indústria brasileira de eletrodomésticos da linha branca: mudanças competitivas e tecnológicas em uma empresa do setor. *In*: XVIII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, **Niterói-RJ. Anais do XVIII ENEGEP**, v.1, p.1-8, 1998.

MERCOSUL, **Acuerdo sobre Política Mercosur de Gestión Ambiental de Residuos Especiales de Generación Universal y Responsabilidad Post Consumo**, I Reunión Extraordinária de Ministros de Meio Ambiente, Anexo IV, Curitiba, Brasil, 29 de março de 2006.

MIGUEZ, E.; MENDONÇA, F.M.; VALLE, R.A.B. **Impactos ambientais, sociais e econômicos de uma política de logística reversa adotada por uma fábrica de televisão: um estudo de caso.** Associação Brasileira de Engenharia de Produção – XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, outubro, 2007.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei n. 1.269 de 16 de junho de 2006.** Institui normas gerais aplicáveis aos resíduos sólidos e institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Minas Gerais. 19p.

MORF, S.L. *et al.* Metals, non-metals and PCB in electrical and electronic waste – actual levels in Switzerland, **Waste Management**, Elsevier, v.27, p.1306-1316, 2006.

NOBREGA FILHO, G.R. **Evolução do microcomputador.** Caderno de textos da disciplina Introdução ao computador, Universidade Federal da Paraíba, 2008.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD. **Technical Guidance for the environmentally sound management of specific waste streams: used and scrap Personal Computers**, Environment Policy Committee, p.1-21, 2003.

OTT, D. **Gestión de residuos electrónicos en Colombia: diagnóstico de computadores y Teléfonos Celulares.** Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA), 2008.

PARANÁ. **Lei n. 12.493 de 22 de janeiro de 1999.** Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos... . Paraná, 6p.

PARLAMENTO EUROPEU. RoHS. **Directiva 2002/95/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003a.

PARLAMENTO EUROPEU. REEE. **Directiva 2002/96/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, 2003b.

PERNAMBUCO. **Lei 12.008 de 01 de junho de 2001.** Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Pernambuco, 6p.

PRADO, A.P.; BRACHER, L.M.; GUIDI, M.H.S. Estudo comparativo de três tecnologias de televisores em termos de impactos ambientais. **Revista Ciência do Ambiente On Line**, Campinas, Unicamp, v.2, n.2, Agosto 2006.

PROTOMASTRO, G.F. **Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina.** e-srap, Ecogestionar-Ambiental del Sud SA: Buenos Aires, 2007.

QUEIRUGA, D. *et al.* Evaluation of sites for the location of WEEE recycling plants in Spain. **Waste Management**, doi: 10.1016/j.wasman.2006.11.001, 2006.

QUINTILIANO, E.F.; COSTA, A.B.F. **Modelo de gestão de resíduos sólidos de Belo Horizonte**. Tutor: Marco Antonio C. Teixeira. Conexão Local, Ano II, Centro de estudos da EAESP, 2006.

RIO DE JANEIRO. **Lei 4.191 de 30 de setembro de 2003**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Rio de Janeiro. 6p.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n. 9.921 de 27 de julho de 1991**. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos. Rio Grande do Sul, 5p.

RIS International, FIVE WINDS International e ELECTRO-FEDERATION CANADA. **Baseline Study of End-of-Life Electrical and electronic in Canada**, Relatório preparado para Environment Canadá, 2003.

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

ROMAN, G. **Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica**. Instituto Politécnico Nacional México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D.F., 2007.

SAMARA, B.S.; BARROS, J.C. **Pesquisa de Marketing: conceitos e metodologia**, 3. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

SANTA CATARINA. **Lei 13.557 de 17 de novembro de 2005**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Santa Catarina. 10p.

SÃO PAULO. **Lei 12.300 de 16 de março de 2006**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo. São Paulo. 15p.

SILICON VALLEY TOXICS COALITION, **Poison PCs and Toxic TVs**, Californians Against Waste and Materials for the Future, 2004.

STUEBING B. **E-Waste generation in Chile, situation analysis and estimation of actual and future computer waste quantities using material flow analysis**. Institute of Environmental Science and Technology / Technology and Society Lab., Federal Institute of Technology (EPFL) / Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA): Lausanne / St.Gallen Switzerland, 2007.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. USGS. **Obsolete Computers, “gold mine” or High-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling**, USGS Fact Sheet FS-060-0a: 2001.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Electronic Waste Management in the United States**, Approach 1 e 2, April 2007.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Ozone Depletion: Regulatory Programs**. Disponível em: < <http://epa.gov/ozone/title6/608/disposal/household.html>> Acesso em: 01 mar 2008.

VEHLOW, J. *et al.* **Recyclin of bromine from plastics containing brominated flame retardants in sate-of-the-art combustion facilities**. Association of Plastics Manufactures in Europe, 2002?.

VIEIRA, V.A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. Curitiba, **Rev FAE**, v.5, p.65-70, jan/abr 2002.

WIDMER, R.*et al.* **Global perspectives on e-waste. Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier, v.25, p.436-458 2005.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A**Lista das associações e/ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis cadastradas no Fórum Municipal Lixo e Cidadania.**

- 1. Comarp - Comunidade Associada para Reciclagem de Materiais da Região da Pampulha**
Av. Antônio Carlos, 4.070 - Bairro São Francisco - Regional Pampulha
Tel. 3403-2953/3495-2613
- 2. Associrecicle - Associação dos Recicladores de Belo Horizonte**
Rua Araguari, 12 - Barro Preto – Regional Leste
Tel. 3271-3202
- 3. Astemarp - Associação de Trabalhadores em Materiais Recicláveis da Pampulha**
Rua Beira Mar, 418 - Bairro Sarandi – Regional Pampulha
Tel. 3475-5586
- 4. Coopemar - Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis da Região Oeste de Belo Horizonte**
Rua Desembargador Alves Reis, 1.111 - Bairro Betânia - Regional Oeste
Tel. 3386-6859
- 5. Coopersoli - Cooperativa Solidária dos Recicladores e Grupos Produtivos do Barreiro e Região**
Rua Lacir Máfia, 161 - Bairro Jatobá IV - Regional Barreiro
Tel. 3387-3311
- 6. Coopersol-VN - Cooperativa Solidária de Trabalhadores e Grupos Produtivos de Venda Nova**
Rua Santa Vitória, 136 - Bairro Jardim Leblon - Regional Venda Nova
Tel. 3277-7888
- 7. Asmare - Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável**
Avenida do Contorno, 10.555 – Regional Centro-Sul e Oeste
Tel. 3271-4455
Galpão da Rua Ituiutaba, 460 – Prado
Tel. 3295-5615

ANEXO B**Endereços das unidades de Recebimento de pequenos Volumes – URPVs****1. Regional Barreiro:**

R. Agenor Nonato Souza, 710 – Jatobá

2. Regional Centro-Sul:

Av. Arthur Bernardes, 3951 - Barragem Santa Lúcia/ 3277-8820

3. Regional Leste:

Av. dos Andradas, 5965 - Pompéia/ 3277-5648;

Av. dos Andradas, 7501 - Boa Vista

4. Regional Norte:

Av. Basílio da Gama, 5 - Tupi/ 3277-6792

R. Washington Luiz, 945 - São Bernardo

5. Regional Nordeste:

Av. Esplanada, 72 - São Gabriel

6. Regional Noroeste:

Av. Pedro II, 5081 - Jardim Montanhês/ 3277-8430;

Av. João XXIII ao lado do nº 510 - São José

7. Regional Oeste:

Av. Barão Homem de Melo, 300 - Nova Suíssa / 3277-7023

Av. Silva Lobo, 01 - Calafate/ 3277-6804;

Av. Tereza Cristina c/ R. das Flores - Nova Cintra;

Av. Tereza Cristina c/ BR 262 - Vista Alegre

8. Regional Pampulha:

R. Rita Alves Castanheira, 50 - Dona Clara;

Av. Dep. Anuar Menhen, 550 - Santa Amélia;

R. Castelo de Veiros, 315 - Castelo/ 3277-8411

ANEXO C

Empresas de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos cadastradas na web página do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE)**1. Interamerican Ltda**

R. Vitor Meireles, 105 – Bairro Jordanópolis

CEP: 09892-190

São Bernardo do Campo / SP

Fone: (11) 4178.1717

Fax: (11) 4178.9892

E-mail: interamerican@interamerican.com.br

Site: www.interamerican.com.br

2. Lorene Importação e Exportação Ltda

Rua João Ventura Batista, 68 - Vila Guilherme

CEP: 02054-100

São Paulo / SP

Fones: (11) 6902-5200 ou 08008825050

E-mail: andrea@lorene.com.br

site: www.lorene.com.br

3. Oxil – Manufatura Reversa / Gerenciamento de Resíduos

Av. Sidney Cardon de Oliveira, 69 – Cascata

Paulínia / SP

Telefone: (19) 3833-2827

e-mail: silvana@oxil.com.br

Site: www.oxil.com.br

4. Sanlien Exportação Ltda

Rua Prof. Maria José B. Fernandes, 573 , Vila Maria

São Paulo / SP

Fone: (11) 6954-2229 Fax:

E-mail: sanlien@sanlien.com.br

Site: www.sanlien.com.br

5. SIR Company Comércio e Reciclagem LTDA.

Av. Regente Feijó, 785 - Anália Franco

São Paulo / SP

Fone: (11) 6966-5955

Fax: (11) 6965-7745

E-mail: contato@sircompany.com.br

Site: www.sircompany.com.br

6. Sucata Eletrônica

Rua Manoel Algante, 198

São Paulo / SP

Fone: (11) 8965-9312
E mail: sucataeletronica@sucataeletronica.com.br
Site: www.sucataeletronica.com.br

7. Target Trading S.A

R.: Gomes de Carvalho, 1510 cj. 172
Vila Olímpia – São Paulo - CEP: 04547-005
Email: daniella@targettrade.com.br
www.targettrade.com.br
Fone: +55 11 3040 2513 / Fax: +55 11 3040 2514

8. TCG Brasil Reciclagem Ltda

Av. Vincenzo Granchelli, 856
Jaguariúna / SP
Fone: (19) 3837 3313 / (19) 3837 3993 Fax:
E-mail: mattc@tcgreycling.com
Site: www.tcgreycling.com


9. UMICORE

Reciclagem de baterias de celular, notebook, câmeras (baterias recarregáveis).
Rua Barão do Rio Branco, 368
Guarulhos / SP
Cep: 07042-010
Telefone: (11) 6421-1246
Site: www.umicore.com.br

10. Ativa Reciclagem de Materiais

Av. Condeal, 34 – Parque São Luiz
Guarulhos – SP
Telefone: (011) 6433-4241

APÊNDICE A

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL</p> <p>EMPRESAS E COOPERATIVAS QUE COMERCIALIZAM MATERIAIS RECICLÁVEIS</p>
---	--

Tipo de organização:

- empresa privada
- cooperativa
- assistência técnica
- loja autorizada
- local de disposição final (aterro sanitário)

Nome do respondente:

Cargo:

1. Qual o tipo de resíduo de equipamento elétrico e eletrônico que você tem?

2. De onde vem esse material?


3. Em termos de quantidade, você considera:

muito pouco pouco muito

4. O que você faz com esse material?

5. É preciso alguma licença para o funcionamento da empresa? Qual (is)?

6. Deseja fazer alguma observação sobre esse tema?

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL</p> <p>EMPRESAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS</p>
---	---

Razão social:

Nome do respondente:

Cargo:

7. Qual o tipo de resíduo de equipamento elétrico e eletrônico com que você trabalha?
 8. De onde vem esse material?
 9. Qual a quantidade de material recebida (média mensal)?
 10. O que você faz com esse material?
 11. Há empresas que reciclam esses produtos no Brasil? Se sim, qual?
 12. Para onde são exportados os produtos separados?
 13. A demanda de resíduos eletrônicos é suficiente ou seria interessante aumentar esse volume?
 14. Como você avalia o aparato legal?
 15. Qual medida poderia auxiliar o mercado de REEE?
 16. Há alguma iniciativa (governamental ou não) de destaque no setor?
 17. É preciso de alguma licença para o funcionamento da empresa? Qual (is)?
- Deseja fazer alguma observação sobre esse tema?

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL</p> <p>ÓRGÃOS SOCIAIS DE INCLUSÃO DIGITAL</p>
---	---


Nome:

Endereço:

Nome do respondente:

Cargo:

1. Prefere que o nome da empresa seja mantido em sigilo?
() sim () não
2. Qual a atividade principal da empresa?
3. Qual o tempo de existência da empresa?
() menos de 1 ano () de 1 a 5 anos () de 5 a 10 anos () mais de 10 anos
4. Quantos empregados a empresa possui?
5. A atuação da empresa é...
() privada () municipal () estadual
6. Que tipo de material você recebe?
7. De onde você recebe esse material?
8. Qual o procedimento adotado quando esse material é recebido?
9. Existe algum tipo de licença necessário à operação da empresa?
10. Deseja fazer alguma observação sobre este tema?

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL</p> <p>ÓRGÃOS GESTORES AMBIENTAIS</p>
---	---

Nome do respondente:

Cargo:

1. Qual o nível de abrangência da instituição?

municipal estadual federal

2. Qual é a posição do órgão frente à gestão de resíduos sólidos?

3. Existe alguma posição do órgão sobre REEE?

não

sim

Qual?

4. Pode ser disponibilizado para pesquisa?

sim

não

Motivo.....

5. Já houve alguma demanda sobre este tema?

não


sim

Qual?

6. Em sua opinião como você classifica uma pesquisa sobre este tema

Sem importância	Pouco importante	importante	Muito importante	Extremamente importante
-----------------	------------------	------------	------------------	-------------------------

7. Deseja fazer alguma observação sobre este tema?

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
	CONSUMIDOR PARTICULAR

Tipo de moradia: **Bairro:**

() apartamento () casa () outro

Lar constituído:

() menos de 10 anos () 10 a 20 anos () mais de 20 anos

Faixa de renda familiar mensal de sua casa (em reais):

() de 412,00 a 1.236,00
 () de 1.237,00 a 3.780,00
 () de 3.781,00 a 6.180,00
 () mais de R\$ 6.180,00

1. O que você faz com um aparelho eletrônico quando quebra e o conserto não compensa?

() joga no lixo
 () guarda
 () doa
 () tenta vender mesmo assim
 ()

2. O que fizeram com o aparelho de videocassete da sua casa?

() Em uso normal
 () Vendeu
 () Doou
 () Está guardado
 () Quebrou e não mandou consertar
 () Uso esporádico
 () Nunca tive

3. Com que frequência você troca de celular?

() antes de 1 ano
 () entre 1 e 2 anos
 () mais de 2 anos
 () não tenho celular (ir para questão 5)
 () nunca troquei (ir para questão 5)

4. Quando você troca seu celular por um novo o que faz com o antigo?

() joga no lixo
 () guarda
 () doa
 () vende
 () dá para criança brincar
 () troca na compra de um novo
 () envia para reciclagem

5. Com que frequência você troca de computador?

- () antes de 1 ano
- () entre 1 a 2 anos
- () mais de 2 anos
- () não tenho computador (ir para questão 7)
- () nunca troquei (ir para questão 7)

6. Quando você troca seu computador por um novo o que faz com o antigo?

- () joga no lixo
- () guarda
- () doa para outra pessoa
- () doa para programas sociais
- () vende
- () dá para criança brincar
- () troca na compra de um novo
- () envia para reciclagem

7. Com que frequência você troca de refrigerador/geladeira?

- () antes de 5 anos
- () entre 6 e 10 anos
- () mais 11 a 15 anos
- () mais de 15 anos
- () não tenho (ir para questão 9)
- () nunca troquei (ir para questão 9)

8. Quando você troca sua geladeira por uma nova o que faz com a antiga?

- () joga no lixo
- () guarda
- () doa
- () vende
- () troca na compra de um novo
- () envia para reciclagem

9. Com que frequência você troca de televisor?

- () antes de 5 anos
- () entre 6 e 10 anos
- () mais de 11 a 15 anos
- () mais de 15 anos
- () não tenho (ir para questão 11)
- () nunca troquei (ir para questão 11)

10. Quando você troca sua televisão por uma nova o que faz com a antiga?

- () joga no lixo
- () guarda
- () doa
- () vende
- () troca na compra de um novo
- () envia para reciclagem

Quantos televisores, em uso, você tem em casa?

10. Você pretende trocar sua TV de tecnologia CRT por uma de tecnologia de plasma ou LCD?

- sim
- não
- já troquei

11. Você acha que ao jogar no lixo algum dos aparelhos acima ele pode contaminar o meio ambiente? Qual? (anotar resposta no quadro Q.13)

12. Você costuma verificar as informações contidas nos manuais/embalagens sobre o descarte do produto?

- sim
- não

13. Quem você acha que é responsável pela gestão desses resíduos?

- órgãos públicos (prefeitura, governos, etc..)
- consumidor
- produtor
- lojas de venda
- gestão compartilhada produtor/consumidor/governo

14. Você conhece algum programa de coleta de equipamentos eletrônicos obsoletos?

- não
- sim Qual?

15. Você estaria disposto a dividir as despesas de reciclagem para esses produtos com o fabricante e o governo (esta estaria destacada na nota fiscal)?

sim Justificativa:.....

não Justificativa:.....

16. Gostaria de fazer uma colocação sobre o tema?

APÊNDICE B


**PESQUISA PARA CARACTERIZAÇÃO DO CICLO PÓS-CONSUMO DOS
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS DOMÉSTICOS
NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**
Escola de Engenharia da UFMG

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

N.º Registro COEP: CAAE - 0261.0.203.000-08

Eu, Rosana Gonçalves Ferreira Franco, aluna do mestrado em Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, estou desenvolvendo uma pesquisa com o título “Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte”. Que tem como objetivo estudar o destino dos equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos, no município de Belo Horizonte, após o término da sua vida útil. Você participará da pesquisa por meio de uma entrevista. Esclareço que sua participação é totalmente livre e em qualquer momento você poderá desistir de participar. Será mantido sigilo das informações e garantido seu anonimato, tendo em vista que você não será identificado pelo nome. Todas as informações ficarão sob a responsabilidade do grupo de pesquisadores e serão utilizadas para fins científicos. Fica registrado, também, que sempre que julgar necessário, você terá o direito de esclarecer qualquer dúvida a respeito da pesquisa. Dessa maneira, solicito sua autorização para realizar esta entrevista.

Atenciosamente

Rosana Gonçalves Ferreira Franco

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Diante dos esclarecimentos acima, eu, concordo em participar do estudo “Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte”.

Assinatura do participante:

Assinatura do responsável:

Data:/...../2008.

Nome dos pesquisadores: Rosana Gonçalves Ferreira Franco

Lisete Celina Lange

Endereço de contato com os pesquisadores: Av. do Contorno 842, 7º andar, sala 704 – Centro - Belo Horizonte/MG - CEP 30110-090 Telefone: (31) 3409-1039 ou 3409-1011

Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG: Av. Antonio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II, sala 2005. CEP 31270-901 - Belo Horizonte, MG. Telefone: 3409-4592, email: coep@prpq.ufmg.br.



**PESQUISA PARA CARACTERIZAÇÃO DO CICLO PÓS-CONSUMO DOS
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS DOMÉSTICOS NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE
Escola de Engenharia da UFMG**

N.º Registro COEP: CAAE - 0261.0.203.000-08

Prezado Senhor(a),

A pesquisa para a qual você irá contribuir tem como objetivo estudar o destino dos equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos, no município de Belo Horizonte, após o término da sua vida útil. A única restrição na seleção de participantes desta pesquisa foi que os mesmos possuísem idade superior a dezoito anos.

Para participar deste estudo, sua especial colaboração será como respondente de uma entrevista. A entrevista, poderá ser gravada caso você autorize, dura aproximadamente meia hora e você será questionado sobre questões propostas pela pesquisadora que coordenará o procedimento. Você só precisa responder as questões baseados nos fatos reais e terão liberdade para deixar de responder a questões que não desejem. Não existem respostas certas ou erradas. O importante é que você relate os fatos.

Como resultado deste estudo, esperamos que você possa colaborar fornecendo sua posição sobre descarte dos equipamentos elétricos e eletrônicos, que, juntamente com as opiniões dos demais participantes, será de grande importância para nossa pesquisa.

A sua identidade será mantida em sigilo. Os resultados do estudo serão sempre apresentados como o retrato de um grupo e não de uma pessoa. Dessa forma, você não será identificado quando o material de seu registro for utilizado, seja para propósitos de publicação científica ou educativa. Caso autorize, sua entrevista será gravada, mas que, apesar disto, será garantido anonimato e sigilo absoluto por parte dos pesquisadores. A sua fala permanecerá confidencial e seu nome não será associada a ela. O comprometimento profissional dos pesquisadores envolvidos elimina a existência de qualquer tipo de risco para o entrevistado.

As gravações das conversas serão utilizadas para a análise necessária ao presente estudo. Todo material produzido como resultado das entrevistas (fitas gravadas, fichas de caracterização das entrevistadas, termo de livre consentimento e transcrições) será armazenado na Escola de Engenharia da UFMG, em uma sala com devida segurança, e será manuseado somente pela pesquisadora responsável. Este material ficará guardado por um período de cinco anos para subsidiar a execução de outros trabalhos científicos, se necessário, e depois será inutilizado.

Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de parar a entrevista a qualquer momento.

1.1 INFORMAÇÕES

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, que poderá ser contatado para esclarecimentos pelo telefone 3409-4592, por e-mail coep@prpq.ufmg.br ou no seguinte endereço: Av. Antonio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II, sala 2005. CEP 31270-901 - Belo Horizonte, MG.

Os pesquisadores responsáveis poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre essa pesquisa, assim como tirar dúvidas, bastando contato no seguinte endereço e/ou telefone:

Pesquisadores e contatos

Rosana Gonçalves Ferreira Franco

Endereço: Rua Iraí, 577, Apto. 1302 Vila Paris

e-mail: gf.rosana@gmail.com

Telefone: (31) 3344-4397

Lisete Celina Lange

Endereço: Av. do Contorno 842, 7º andar – Belo Horizonte – MG

e-mail: lisete@desa.ufmg.br

Telefone: (31) 3409-1039

1.2 DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Eu responsável pela empresa e/ou instituição li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas.

Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

Dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Nome do participante (em letra de forma)

Assinatura do participante ou representante legal

Data

Rosana Gonçalves Ferreira Franco - Pesquisadora

Data