



**Vitor Baluz Saboya de Albuquerque**

**Gestão de resíduos eletroeletrônicos:**  
a cadeia de reciclagem na cidade do Rio  
de Janeiro.

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (Opção: Profissional).

Orientador: Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos

Rio de Janeiro  
Abril de 2013



**Vitor Baluz Saboya de Albuquerque**

**Gestão de resíduos eletroeletrônicos:**  
a cadeia de reciclagem na cidade do Rio  
de Janeiro.

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do  
Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio.  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo  
assinada.

**Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos**

Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

**Prof. Celso Romanel**

Departamento de Engenharia Civil– PUC-Rio

**Prof.<sup>a</sup> Neise Ribeiro Vieira**

**Prof.<sup>a</sup> Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho**

Departamento de Engenharia Civil– PUC-Rio

**Prof. José Eugênio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 5 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Vitor Baluz Saboya de Albuquerque**

Formado em Geografia e Meio Ambiente pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e mestrando em Engenharia Ambiental Urbana também pela PUC-rio. Com diferentes especializações em Gestão para a Sustentabilidade, acumula experiências em Licenciamento Ambiental, Planejamento Urbano e Mercado de Emissões. Atualmente é consultor na empresa Dialog onde desenvolve trabalhos em diálogo e inteligência em socioeconomia e meio ambiente. Nessa empresa, já desenvolveu e aplicou planos de investimento social para LLX no Porto do Açu e atualmente participa das ações e planejamentos de diálogo social para implantação sustentável da Companhia Siderúrgica do Pecém (Vale) – CE, além de coordenar a equipe de dialogo do Centro de Informação à Comunidade do Carrefour em Diadema – SP.

#### Ficha Catalográfica

Albuquerque, Vitor Baluz Saboya de

Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro / Vitor Baluz Saboya de Albuquerque; orientador: Tácio Mauro Pereira de Campos. – 2013.

139 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2013.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Gestão. 3. Resíduos eletroeletrônicos. 4. Política nacional de resíduos sólidos. 5. Logística reversa. 6. Reciclagem. 7. Rio de Janeiro I. Campos, Tácio Mauro Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 910

## Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Luiz Fernando Saboya e Kátia Gomes Baluz, que nunca pouparam esforços e sempre me deram o máximo apoio para que eu pudesse chegar até aqui, muito obrigado a vocês e a toda a minha família.

A todos os irmãos que a vida me deu, sem a parceria de vocês eu não seria a mesma pessoa. São visões que completam a minha percepção e o meu ser, agradeço a vocês por todas as reflexões que tivemos juntos e que me ajudaram a formar minha razão crítica.

Gostaria de agradecer também a todos os meus amigos de trabalho e especialmente à Dialog pelo aprendizado que obtive nos últimos anos. Sem as metodologias, as práticas de campo e os trabalhos desenvolvidos jamais conseguiria realizar esse estudo.

Finalmente, agradeço aos que de alguma forma contribuíram para a conclusão dessa dissertação. Muito obrigado aos entrevistados e aos meus professores que me ajudaram e me orientaram nessa caminhada.

É o final de um ciclo, início de muitos outros.

Obrigado.

## Resumo

Albuquerque, Vitor Baluz Saboya de; Campos, Tácio Mauro Pereira de (Orientador). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2013. 139p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é uma preocupação mundial hoje e desperta um movimento de regulamentação em vários países. Os fluxos transfronteiriços de componentes desses resíduos, tóxicos e ao mesmo tempo valiosos, estão movimentando uma grande cadeia internacional com a participação de agentes formais e informais. Do início ao fim, a cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos tem o potencial de ser altamente impactante e com riscos que não compensam os benefícios. Porém, ela também pode ser segura e rentável, dependendo de como é gerida. Nesse sentido, a partir de investigações de campo, esse estudo analisou como os atores que atuam na cadeia de reciclagem desse tipo de resíduo no município do Rio de Janeiro estão relacionados entre si e como se articulam com a rede nacional e internacional, apontando os principais desafios, entraves e oportunidades para a implementação da Logística Reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Essa discussão foi feita sob a ótica da Política Nacional de Resíduos Sólidos e de seu Comitê Orientador, que publicou esse ano o edital para a apresentação da proposta de Acordo Setorial para a Logística Reversa de resíduos eletroeletrônicos. Portanto, após apresentarmos os desafios para uma economia circular que começa a absorver conceitos de eco-design, avaliação do ciclo de vida e responsabilidade ampliada do produtor, introduzimos os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos nesse contexto e identificamos a dificuldade de implementação de um sistema de gestão eficiente para esses resíduos. Depois de percorrer diversos exemplos de modelos de gestão espalhados pelo mundo, foi realizada uma comparação com os conceitos e definições aplicados na Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira. Finalmente, abordamos os principais desafios, baseados na experiência encontrada no município do Rio de Janeiro que nos permitiu uma interpretação abrangente sobre os caminhos da gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil.

## Palavras-chave

Gestão; Resíduos Eletroeletrônicos; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Logística Reversa; Reciclagem; Rio de Janeiro.

## Extended Abstract

Albuquerque, Vitor Baluz Saboya de; Campos, Tácio Mauro Pereira de. (Advisor). **Electric and electronic waste management: the recycling chain in the city of Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2013. 139p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Technological waste, or Waste Electrical and Electronic Equipment – WEEE - (REEE in Portuguese), when disposed improperly represents a huge risk for the environment, and consequently, for human beings. United Nations studies point out a critical scenario regarding the handling of these wastes in developing countries such as China and African countries. This occurs because European countries, the United States of America and even Brazil export tons of WEEE to these countries claiming a lower cost to recycle and supposedly and allegedly jobs being created in these waste receiving countries.

Not long ago in Brazil, the electronic recycling waste chain did not exist in a structured form. Nowadays, some initiatives are found, but rather punctual, disperse and normally it becomes an onerous to those who wants to get rid of a post consumption product.

On December of 2010, the law numbered 12.305 was introduced, that creates the Solid Waste National Policy (PNRS in Portuguese) in Brazil, which attributes shared responsibility the life cycle of determined products and packaging materials. However, the strengthening of WEEE reverse logistic is jeopardized due to the high lack of information, to a small articulation among the initiatives and low involvement of private and public sectors. Some NGO's and private companies offer council and specific collecting services, benefiting the WEEE destination. Also, some effort is being made by local and state administrative authorities, improving their practical and sustainable methodology regarding waste sorting and landfill management to deal with this type of residue.

In Rio de Janeiro the situation doesn't seem different, the municipality still lacks a reverse integrated logistics among the waste collecting service companies, the waste cooperatives and the benefaction and destination waste companies. As for society, it is not quite clear what to do with such special treatment waste residue; those are thrown away as regular domestic litter, or sometimes put to lie

on the streets. However, international recommendations and methodologies are available, along with applied successful policies and many others examples to be followed.

This study intends to answer two questions: 1) Is the final destination of WEEE in Rio de Janeiro environmentally adequate? 2) What are the deadlocks, conflicts and opportunities for the effective implementation for the WEEE reverse logistics in the city of Rio de Janeiro? This study is organized in sessions including: introduction of WEEE scenario in Brazil and in the world; the purpose of this study; introduction to a product's lifetime period and the challenges to a circular economy; and the WEEE recycle chain in Rio de Janeiro.

The information that will be presented suggests a moment, like a picture. Something such as a complex and dynamic view is complex do capture, hence it does not intend to be an accurate representation of reality.

For the product's life cycle concept adopted in this study, Manzini and Vezzoli's (2005) definition was used, which says, "The product's lifetime cycle concept refers to the exchange amongst the environment and the combined processes followed by them, taken as a raw matter, energy and emission, considering from the beginning of a product's necessary components extraction, up to the treatment to these same materials, their use and disposal".

The same concept was defined by the ISO 14.040 regarding a product's life cycle as "consecutive stages interconnected of a product, from its raw material acquisition or creation of a natural resource available to the end of nature's product". This concept corresponds to a greater view about the process of industrial production, allowing an improvement to its performance, economically and environmentally speaking.

In Brazil, until the approval of the Solid Waste National Policy (PNRS) in 2010, the ownership transfer to the final consumer made the responsibility to the post-consumption residue became diffused. From the PNRS law approval some manufacturers, importers, distributors and traders had to implement the reverse logistics system by themselves or in partnership with the public urban cleaning service. Thus, they are obligated to implement a reverse logistics in a shared way with manufacturers, suppliers, and traders, of some products, including some electronic products. At the same time, there are lots of environmental regulations based on industrial polluting emission, while the diffuses post-consumption

residue policy remains far from the necessary control, even after two years passed from the PNRS law approval. Despite the effort to regulate the residue, official data about the affluence of this residue is unclear in Brazil and mainly about its export. On the other hand, during the field research to this matter, there were some clues that a few companies were exporting printed circuit board to European countries, the United States and Japan.

The implement of the principles and goals of the PNRS undoubtedly won't be an easy task, whereas it will definitely demand the interaction among the authorities and a wide range of social representatives in a few years horizon. This interaction involving the main characters from all WEEE life cycle chain started on May fifth, 2011, when the first meeting of the Electronic Thematic Working Group (GTT-REEE, in Portuguese) took place. This group is a counseling group to the implementation of the reverse logistics. As the WEEE's management is a worrying subject due to its likely contamination of aggregated value compounds disposal, many initiatives are being promoted around the world looking for the reintegration of these discarded materials in the manufacturing process of the companies, generating less environmental effects and ensuring maximum financial return.

In the city of Rio de Janeiro, the municipal law number 4.969 regarding the Solid Residue Integrated Management, assures that electronics considered harmful to human health and to the environment are not mixed together with domestic waste, being up to electronic device customers to send them back to those who produced them or imported them, giving the electronic device a proper environmentally-friendly ending.

There are also actions being taken by the Rio de Janeiro Environmental Secretariat towards receiving donations of WEEE, such as the "Fábrica Verde" (green factory), a place that transforms obsolete computers into new ones by the hands of youngsters enabled by this social program. In 2010, 2011 and 2012 a campaign for electric electronic recycling was made and helped to educate the population of how important it is to recycle, at the same time collecting and sending tons of electric electronic equipment to have a proper disposal or reuse.

WEEE management is a complex activity, especially for its long course through legal channels. When the Solid Waste National Policy (PNRS in Portuguese) was approved at the Brazilian national congress, many states and

cities had already developed their own legislation and mechanisms focused on WEEE management, as it happened to the city and the state of Rio de Janeiro. The Brazilian recycling market needs a huge increase on its capacity, although there's not an organized structure to receive the WEEE in Rio de Janeiro, some recycling companies are demanding WEEE on the market. There are only a few initiatives that seek to recycle part of WEEE, but they aren't enough to supply the necessity from these companies, therefore formal and informal practices blend in and are often done into these cities and their surroundings recycling markets. Studies made to this research point to the intense relation between formal and informal recycling chain. Interviews were made with the main characters of the recycling segment, including representatives from the Urban Cleaning Municipal Company (Comlurb, in Portuguese) of Rio de Janeiro, cooperative companies, private companies, NGOs and many other groups. It became clear that there are four main stages for the WEEE recycling process in the city of Rio de Janeiro: The Receiving (1), The Selection (2), The Processing (3), and The Destination (4); The receiving is considered to be part of the formal recycling chain that is made by the NGO's, the Cooperatives or by the private sector start up initiatives projects. But an informal part of the receiving stage can also be made by the street scavengers (street garbage pickers) and by the waste landfill scavengers. After that, the WEEE are sent to the selection stage, where they'll have a proper care done by the specialized cooperatives, NGO's, private companies and informal agents. At this stage, the toxic components are separated and sent to the following stage, the processing, where they crush and compact materials with similar characteristics first, so they can be brought later to the recycling industry companies. This proven process, is made by a few specific companies, most of them situated in the state of São Paulo.

Informal protagonists are found at all stages of the recycling process in the district of Rio de Janeiro and they're characterized by the selling or the processing of the WEEE without environmental licensing, invoice slip, etc. In addition, it is believed that there are people who mediate the protagonist's connection to a low infiltrated recycling chain area. In relation to the final destination which the WEEE components receive, they might end up at the landfills of COMLURB (Urban cleaning municipal company), they might as well fall in the hands of the private sector or even to some illegal landfills. Another possibility for WEEE

components is their usage by domestic industries looking to incorporate on their productive process and reuse the most valuable materials to export or resell them. The reuse process, as for precious metals for instance, does not exist in Brazil yet; nonetheless, some national initiatives have started and some are in the implementation process, others in the planning process, showing the market's willingness to encompass all the recycling chain within Brazil.

Formal protagonists conduct a structured recycling chain that may take different forms and are supported into a logistic chain, whereas the WEEE are normally forwarded to Sao Paulo, home to a lot of companies specialized on WEEE processing, and after the processing, they're sent abroad. Members of the formal recycling chain protagonists from Rio de Janeiro's district are: COMLURB, Cooperatives, Auctioneers, Technical Assistance, Private initiative, NGOs and Processing companies. What's being called the recycling informal market in this study represents the number of actions made by the ones involved in the recycle chain in the district of Rio de Janeiro that somehow are not legalized, either by being unregistered or by not having a proper license to work, engendering a considerable harm to the environment and to human health.

What can be analyzed from this scenario involving many informal protagonists into the recycling chain is that there is a mismatch between the demand from the WEEE recycling companies and the capacity of the formal market to attend this demand. As there's a great demand for the companies located in Rio de Janeiro's district, Sao Paulo, Minas Gerais and other countries also, it's basically motivated in a way by the high costs from the materials found in WEEE. The need for informal protagonists is a must due to the lack of enough electric electronic residues available through formal legal channels. Besides, the residue found in electric electronic equipment, when selected may reach the highest sale value amongst the recycle products; and as demanded, this kind of residue can be extracted in many different forms, what motivates even more informal agents to get into the recycling chain.

Difficulties were found while investigating the recycling waste management due to the historically known organized crime participation, as mentioned in the article by Andre Trigueiro, published by the news website [g1.com.br](http://g1.com.br). Also Mr. Trigueiro is the creator of the blog called "Mafia do Lixo" which translates to "Mafia Trash". As predicted, many difficulties were found to get accurate

information and data. Many agents, who'd been contacted, wouldn't allow themselves to provide information and the ones who did, only did it after they were sure no shame was being played upon them by their competitors trying to have access to privileged information. Still, mapping the informal recycling market was harmed by two reasons: first, because of the great geographic diversity of the protagonists, making it impossible to give a more complete sampling. Second, by the fact that most of the interviewed regarded the city of Duque de Caxias as being a illegal WEEE processing center. Because this study's focus is in the city of Rio de Janeiro, it was unable to deepen on that matter. A determined agent was asked about the possibility to investigate Duque de Caxias, and warned saying: "If you go there asking too many questions, wondering who's selling, who's buying, you may not come back".

The WEEE management is a worldwide concern and awakens a regulation need in many countries. The WEEE cross-border flux, toxic but valuable, are moving a big international formal and informal chain. From the start to the end, the WEEE recycling has the potential to be highly risky, not worth the benefits. However it can also be safe and profitable, depending on how it's operated. The biggest challenge to the formulators of the WEEE reverse logistics is indeed to incorporate the informal market, to regulate and monitor these agents, something that isn't being looked after nowadays.

In addition, no definition, study or debate regarding the limits on the monitoring criteria that is supposed to exist to avoid illegal WEEE exportation to developing countries without the proper structure to recycle is in progress. This is a problem being debated seriously in many countries, while Brazil is far beyond debating this issue. There's another topic receiving no proper attention in Brazil regarding WEEE: the WEEE recycling certification programs.

From that, it's possible to guess that by being in a developed structured recycling formal market many relevant subjects lose their ideas in agendas of debate since there are no measures for this specific area. It should be a priority, but it's not, and also Brazil lacks the latest technologies to process certain WEEE's components. While the needed technology is not a reality, foreign companies will keep establishing themselves in Brazil, therefore, reducing exportation costs and creating a bigger market expansion to their business. The goal to find a common solution to WEEE reverse logistics in Brazil that gathers

all the involved protagonists in this recycling chain has been a task for the electric-electronic thematic working group (GTT-REE, in Portuguese, 2012) which also the PNRS counseling board got involved on doing since May 2011. In order to be successful, the WEEE reverse logistics group counts on the support from the private sector, civil society and from the public authorities. With the support from these different groups, the GTT-REEE is able to work on different platforms, looking after its own interests. Many challenges, especially those found in Rio de Janeiro, seem to have spread out countrywide and actions were taken so that the implementation of the WEEE reverse logistics could be achieved, that is being one of the many goals established by the PNRS.

A new methodology is being developed by the GTT to give a different distinction for WEEE based upon its dimension and characteristics, and from that perspective, each manufacturer would be responsible to recycle its own product. Other issues considered as obstacles to WEEE reverse logistics implementation in Brazil were also mentioned by the GTT, such as: transportation, legislation, simplified fiscal policy, differing state and municipal laws, among many other things. The full potential to implement the PNRS in Brazil and in Rio de Janeiro was acknowledged, however, Brazilian entrepreneurs need to act rapidly and seek new opportunities alongside the public authorities in order to enhance present legislation and inspection with the intention of understanding the current reality and all the present difficulties including highly tax rates and bureaucracies. Major efforts would be needed, no doubt, to bring formal ways of labor to a specific group of people working on society's shine less side.

In short, many questions were brought up by this study which deserves deeper investigations. One of the questions is regarding tips received pointing to an WEEE illegal scheme on processing and dismantling these types of residues in the city of Duque de Caxias and according to some reports coming from all over Brazil, illegal activities are being done by some companies regarding WEEE's components. Some of the people interviewed in this study confirmed that these same companies are exporting WEEE components to Asia and to the Middle East in order for them to be recycled at their informal and illegal recycling market.

For a better understanding and mapping of all the WEEE recycling chain in the city of Rio de Janeiro, quantification studies would have to be made about the

whole WEEE destination process, from the beginning to the end, along with different studies not only in Rio's district, but its surrounding cities as well.

## **Keywords**

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Management; Solid Waste National Policy; Reverse Logistics; Recycling; Rio de Janeiro.

## Sumário

1. Introdução	19
1.1. Contextualização	19
1.2. Objetivo	23
1.2.1. Objetivos Intermediários	23
1.3. Delimitação do Estudo	23
1.4. Metodologia	24
1.5. Estrutura da Dissertação	25
2. Produção, consumo e descarte: a necessidade de uma economia Circular	27
2.1. Histórico	27
2.2. O atual modelo de produção, consumo e descarte	31
2.3. As novas práticas: um caminho para a economia circular	37
2.3.1. Ciclo de vida	38
2.3.2. Avaliação do ciclo de vida	40
2.3.3. Responsabilidade ampliada do produtor	44
3. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos	47
3.1. Definições e conceitos	47
3.2. Composição e riscos dos REEE	52
3.2.1. Placas de circuito impresso	54
3.2.2. Tubo de Raios Catódicos (TRC) e as novas tecnologias	55
3.3. As oportunidades do resíduo eletroeletrônico	56
3.3.1. Etapas da cadeia de reciclagem de resíduos eletrônicos	58
3.3.1.1. Separação	59
3.3.1.2. Processamento final	62
3.4. Produção, políticas e fluxos de REEE no mundo: UE EUA; China; Japão e África	64
3.4.1. União Europeia	68
3.4.2. Estados Unidos	70
3.4.3. China	72
3.4.3.1. A Nova Regulamentação Chinesa: RAW	77
3.4.4. Japão	78
3.4.5. África	80
4. Resíduos eletroeletrônicos no Brasil	82
4.1. Política nacional de resíduos sólidos	86
4.1.1. A logística reversa como racionalidade	92
4.1.1.1. Acordos Setoriais	94
4.1.1.2. Comitê Orientador	95
5. Cadeia pós-consumo de REEE no município do Rio de Janeiro	97
5.1. A Cadeia de Reciclagem e seus Atores	99
5.2. Os Atores Formais	102
5.2.1. COMLURB	103
5.2.2. Cooperativas	107
5.2.3. Leiloeiros	108
5.2.4. Assistência Técnica	108

5.2.5. Projetos da Iniciativa Privada	108
5.2.6. ONGs	109
5.2.7. Beneficiamento	110
5.3. O Mercado Informal	111
5.4. As dificuldades na investigação	112
5.5. Discussão e Análise dos Resultados	114
5.5.1. O Desenvolvimento do Mercado de Reciclagem de REEE	119
5.5.2. As Soluções Propostas para Logística Reversa de REEE	122
6. Considerações finais	128
Referências bibliográficas	133

## Lista de Figuras

Figura 1: Redução da Vida Útil – Estudo de caso de computadores universitários.	31
Figura 2: Etapas do Ciclo de Vida dos Produtos	39
Figura 3: As 4 fases da Análise do Ciclo de Vida	42
Figura 4: PCI de um Tablet Ainol Novo 7 Fire/Flame	54
Figura 5: Tubo de Raio Catódico	55
Figura 6: Obsolescência dos TRC	56
Figura 7: Depósito ao ar livre de PCI's na China	57
Figura 8: Diagrama Resumido das Etapas de Tratamento de REEE	58
Figura 9: Comportamento de uma mistura contendo plásticos e metal sob agitação a uma frequência de 40 Hz após (a) 0 s, (b) 30 s e (c) 250 s	60
Figura 10: Visão esquemática de um sistema de triagem óptica	61
Figura 11 Figura esquemática de um eletroímã rotatório	61
Figura 12: Processamento final de PCI na Índia	63
Figura 13: Processamento final de PCI na Índia	63
Figura 14: Vendas de EEE em milhões de produtos por ano	66
Figura 15: Vendas de EEE em milhares de toneladas por ano	66
Figura 16: EEE obsoletos nos Estados Unidos	70
Figura 17: Fluxos de REEE na Ásia	73
Figura 18: Estação de trabalho ao lado da incineração dentro das casas. Guiyu, China	74
Figura 19: Vista de dentro da casa de incineração aonde mulheres sentam perto do fogo e cozinham partes de computadores importados. Guiyu, China	75
Figura 20: Trabalhadores imigrantes abrindo componentes carbonizados para remoção de cobre. Guiyu, China	75

Figura 21: Evolução da Participação das Exportações no Faturamento e das Importações de Bens Finais no Mercado Interno	83
Figura 22: Campanha Natal da Eletroreciclagem. Governo do Estado do Rio de Janeiro	98
Figura 23: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa COMLURB: ET Caju – Separação de REEE (PLACAS)	103
Figura 24: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa COMLURB: ET Caju – Separação de REEE (CABOS)	104
Figura 25: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa COMLURB: ET Caju – Separação de REEE (PLACAS)	104
Figura 26: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa COMLURB: ET Caju – Separação de REEE (INSERVÍVEIS)	105
Figura 27: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa COMLURB: ET Caju – Separação de REEE (INSERVÍVEIS)	105
Figura 28: Estação de Triagem de Resíduos “Recicláveis”. Cooperativa COMLURB: ET Caju	106
Figura 29: REEE doméstico depositado na rua no município do Rio de Janeiro	111
Figura 30: REEE de pessoa jurídica para ser entregue a catadores no município do Rio de Janeiro	112
Figura 31: REEE doméstico depositado na rua no município do Rio de Janeiro	112
Figura 32: Transporte de REEE por cooperativa no município do Rio de Janeiro	115
Figura 33: REEE de pessoa jurídica depositado na rua no município do Rio de Janeiro	117
Figura 34: REEE depositado na rua no município do Rio de Janeiro	117

## **Lista de tabelas**

Tabela 1: Categorias de EEE previstos pela Diretiva 2002/96/EC da União Europeia	48
Tabela 2: Características de alguns metais presentes nos REEE	53
Tabela 3: Crescimento vegetativo de REEE no mundo com projeção até 2050	67
Tabela 4: Crescimento do REEE no mundo considerando aumento de 5% ao ano	67
Tabela 5: Indicadores Gerais da Indústria Elétrica e Eletrônica	82
Tabela 6: Domicílios Particulares segundo suas Características	84
Tabela 7: Descrição e Alternativas Consideradas para cada Variável-Chave	123
Tabela 8: Variáveis-Chave Enquadradas no Modelo Proposto	125

## **Lista de fluxograma:**

Fluxograma 1: A Cadeia de Reciclagem de REEE no Município do Rio de Janeiro	102
---	-----

# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

Os resíduos tecnológicos, ou Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), quando descartados de forma inadequada representam um grande risco ao meio ambiente e, por consequência, ao ser humano. Tais produtos, como telefones celulares, eletrodomésticos, equipamentos de informática e lâmpadas fluorescentes, concebidos para facilitar a vida moderna, quando são descartados sem os devidos cuidados podem gerar impactos de longo prazo e irreversíveis.

Os REEE contêm, em sua maioria, substâncias tóxicas como mercúrio, chumbo e cádmio, além de gases de efeito estufa e substâncias halogenadas. Sendo assim, sua disposição no solo, em aterros ou lixões é igualmente prejudicial à segurança e saúde do meio ambiente. O processo de reciclagem desses produtos é complexo e requer a utilização de tecnologias avançadas devido à diversidade de materiais presente em sua composição e à periculosidade de algumas dessas substâncias. Entretanto, o não reaproveitamento desses resíduos representa um desperdício de recursos naturais não renováveis.

Os produtos elétricos e eletrônicos em geral possuem vários módulos básicos. Os módulos básicos comuns a esses produtos são conjuntos/placas de circuitos impressos, cabos, plásticos antichama, disjuntores de mercúrio, sensores e conectores, entre outros. Quando depositados em lixões ou aterros não controlados esses módulos liberam substâncias que podem atingir o lençol freático através da lixiviação causada pela água da chuva. Quando em contato com as águas de mananciais essas substâncias as contaminam e passam a ser um risco para todos que entram em contato com essa água. Mesmo quando esses produtos são descartados em aterros controlados ou aterros sanitários, ainda assim, podem ser considerados um risco à saúde. Isso ocorre apesar do fato de nesses aterros todo o rejeito gerado pela decomposição dos resíduos ser drenado e devidamente tratado, pois mesmo com os tratamentos as substâncias tóxicas são muito difíceis de serem eliminadas completamente.

Além disso, estudos da ONU apontam para um cenário crítico com relação ao manejo desses resíduos em países em desenvolvimento como China e países da África. Isso ocorre pois países da Europa, Estados Unidos e até mesmo o Brasil exportam milhares de toneladas de REEE para esses países sob a alegação de um menor custo de reciclagem e de uma suposta geração de emprego. Mas, em muitos desses lugares são aplicados métodos rudimentares, sem uso de estruturas adequadas, muitas vezes ao ar livre, com a utilização de ácidos, banhos químicos e fogo para a obtenção de materiais valiosos presentes nesses resíduos. Esse é o chamado *garimpo urbano* devido à baixa porcentagem desses materiais valiosos presentes nos resíduos e às péssimas condições de trabalho existentes. Além disso, os valores financeiros obtidos com esses processos não são muito elevados, principalmente quando comparados ao risco à saúde oferecido.

Deste modo, a reciclagem e a destinação ambientalmente adequada dos REEE são necessárias para garantir um tratamento e recirculação dos resíduos pós-consumos desses produtos, reduzindo os possíveis impactos. Já existem exemplos de negócios bem estruturados que, através do reaproveitamento de muitos metais e outros materiais provenientes dos REEE, estão conseguindo fechar o último elo do processo de reciclagem de materiais, com eficiência logística e financeira.

No Brasil, até recentemente, a cadeia de reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos não existia de forma estruturada. Hoje é possível encontrar algumas iniciativas, porém pontuais, dispersas e normalmente onerosas para quem quer se desfazer de um produto pós-consumo. Apesar dos incentivos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos, o fortalecimento da logística reversa<sup>1</sup> dos REEE é comprometido devido ao elevado grau de desinformação, à pequena articulação entre as iniciativas e ao baixo envolvimento público e privado na questão. Ainda assim, já existem iniciativas por parte de algumas organizações não governamentais e de empresas privadas que oferecem consultoria e serviços específicos de coleta, beneficiamento e destinação de REEE. Também já se iniciaram alguns esforços de administrações municipais e estaduais que estão

---

<sup>1</sup> É a área da logística que trata, genericamente, do fluxo físico de produtos, embalagens ou outros materiais (resíduos pós-consumo), desde o ponto de consumo até o local de origem (fábricas) ou de destinação final (aterros). (Dias, 2005).

avançando em relação a metodologias e práticas sustentáveis de coleta seletiva e gerenciamento de aterros para o manejo desses resíduos.

No Rio de Janeiro a situação parece não ser diferente. Apesar de existirem iniciativas voltadas para produtos específicos como pilhas, baterias de celular e lâmpadas, o município ainda acumula indícios da falta de uma logística reversa integrada entre os serviços de coleta, as cooperativas especializadas e as empresas de beneficiamento e destinação. Como ainda não é claro para a sociedade o que pode e deve ser feito com esse tipo de resíduo ele acaba sendo, em muitos casos, depositado como lixo doméstico, abandonado nas ruas ou alimentando uma incipiente cadeia de doações e reaproveitamento.

Ao mesmo tempo, em vários países do mundo estão sendo pensadas soluções para o efetivo reaproveitamento de todos os componentes presentes nos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Já existem recomendações internacionais, diferentes modelos e metodologias, políticas aplicadas com sucesso e muitos exemplos que podem ser seguidos. No Brasil, em dezembro de 2010 foi aprovada a Lei 12.305 que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) atribuindo responsabilidades compartilhadas pelo ciclo de vida de determinados produtos e embalagens. A lei e o decreto que a regulamenta instituem também a chamada Logística Reversa, responsabilizando importadores, fabricantes, distribuidores e revendedores a garantirem um canal de logística para o recolhimento e destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados pós-consumo. Esse marco surge com a finalidade de organizar setores da economia nacional para juntos realizarem a destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Dessa forma, essa lei é uma das bases desse estudo uma vez que cria um marco legal e uma obrigação que em médio prazo implicará em mudanças de práticas e paradigmas.

Para que os objetivos da nova PNRS sejam atingidos, será necessário um grande esforço por parte de todos os atores envolvidos. As dificuldades de implementação se iniciam na necessidade de trabalho conjunto entre diversos níveis da hierarquia pública, passa pela incorporação de associações e cooperativas de catadores e termina na convergência das ações da iniciativa privada e dos próprios cidadãos. Existem atualmente comissões públicas

debatendo as melhores práticas, metas, e modelos para a aplicação da PNRS. Em paralelo, diversos seminários, congressos e palestras estão sendo oferecidas para capacitar empresas a se adequarem à nova legislação, assim como empresas privadas também já estão oferecendo serviços focados no atendimento das novas obrigações legais. No entanto, ainda são muitas as dúvidas e questões que envolvem esse tema.

A partir da consolidação desse novo cenário mundial de esforços, esse estudo se propõe a comparar as práticas de gestão de REEE existentes na cidade do Rio de Janeiro com as novas políticas e soluções que vêm sendo comprovadamente aplicadas no Brasil e no mundo.

Compreender os processos associados à coleta e destinação adequada de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é um desafio. Para sua melhor compreensão será utilizada a análise geográfica como forma de observação dessas relações no espaço. Ou seja, ao identificar os atores responsáveis, a materialização de suas ações e os impactos a elas associados é possível explorar soluções que passem por ações públicas e privadas, que tenham a pretensão de aperfeiçoar tais processos com vistas à redução de impactos ambientais, geração de renda local e formalização profissional de agentes envolvidos em diferentes etapas do processo de reciclagem.

Esse estudo pretende responder a duas perguntas: **A destinação final de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro é ambientalmente adequada? e; Quais são os gargalos, entraves, conflitos e oportunidades para a efetiva implementação da Logística Reversa de REEE na cidade do Rio de Janeiro?**

Para tanto, é assumida a hipótese de que na cidade do Rio de Janeiro a cadeia de reciclagem de REEE não existe de forma estruturada. Assim, assume-se como premissa que as iniciativas nesse contexto ocorrem de formas pontuais e dispersas. O elevado grau de desinformação, a pequena articulação entre as iniciativas, o baixo envolvimento público e privado na questão e indícios de informalidade são apontados como elementos que comprometem o fortalecimento da Logística Reversa dos REEE.

## **1.2.**

### **Objetivo**

- Analisar a cadeia de reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos realizada na cidade do Rio de Janeiro à luz das melhores práticas realizadas no Brasil e em outros países.

### **1.2.1.**

#### **Objetivos Intermediários**

1 – Identificar as principais práticas realizadas no Brasil e no mundo com relação à logística reversa de REEE.

2 – Revisar as leis, políticas, casos de sucesso, estudos, recomendações internacionais, e outros marcos teóricos sobre a gestão de REEE.

4 – Tabular os dados primários obtidos na cidade do Rio de Janeiro, de acordo com a metodologia proposta nesse estudo, para compará-los com as práticas e marcos teóricos de referência.

5 – Compreender a atual dinâmica da cadeia de reciclagem de REEE na cidade do Rio de Janeiro apontando eventuais gargalos, entraves, conflitos e oportunidades com a intenção de construir um conjunto de propostas, compondo as soluções já em curso, para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos eletroeletrônicos.

## **1.3.**

### **Delimitação do Estudo**

Esse estudo terá como recorte analítico as práticas desenvolvidas na cidade do Rio de Janeiro com relação à gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. O recorte geográfico foi escolhido por esta área conter uma metrópole extremamente complexa, diversa e com uma geração considerável de REEE. Além disso, por esse estudo estar sendo desenvolvido no mesmo município tanto a coleta de informações quanto a própria checagem dos dados se torna viável. Por outro lado, soluções e dificuldades encontradas nesse contexto urbano podem ser replicadas e aprofundadas em diferentes cidades no Brasil.

Não será abordado nesse estudo a logística reversa de outros resíduos que não sejam enquadrados na categoria dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Também não será realizada uma análise aprofundada sobre os processos industriais de reciclagem dos REEE, mas sim as etapas que envolvem esse processo, como coleta, segregação, separação, beneficiamento, transporte, etc. A reciclagem industrial desses resíduos é um dos entraves para sua destinação adequada uma vez que o Brasil começou a desenvolver esse mercado nos últimos anos e muitas vezes o volume e os custos envolvidos para viabilizar o negócio não compensam. Ou seja, apesar de não ser necessário compreender profundamente o funcionamento de uma planta industrial de reciclagem, esse setor receberá uma atenção especial já que é a etapa principal da logística reversa dos REEE para que sejam incorporados nos processos produtivos novamente. Especificamente no Rio de Janeiro, essa etapa do processo também merece atenção, pois pode estar sendo realizada de forma artesanal, perigosa e informal, conforme relatos obtidos durante a investigação de campo.

#### **1.4. Metodologia**

Este estudo apresenta uma realidade complexa criada por uma trama de atores sociais que se articulam nacional e internacionalmente com o objetivo de fazer com que os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos sejam reciclados. Sendo assim, a realidade existente no município do Rio de Janeiro não pode ser entendida de forma fragmentada, já que é fruto da rede de fenômenos que a compõem.

Posto isto, esta pesquisa possuiu uma abordagem qualitativa. Silvia (2005) considera que nesse tipo de abordagem há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Assim, a autora considera que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Além disso, essa abordagem não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. Nela, o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o “instrumento-chave”.

Quanto aos objetivos, a presente pesquisa se caracteriza como exploratória descritiva (GIL, 1991). Para Gil uma pesquisa *exploratória* visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, análise de exemplos que estimulem a compreensão, entre outros. Na pesquisa exploratória, o objetivo principal é possibilitar a compreensão do problema enfrentado pelo pesquisador (MALHOTRA, 2001). Por outro lado, essa pesquisa também é *descritiva*, pois pretende descrever as características de determinado fenômeno e estabelecer relações entre suas variáveis. Envolve, assim, o uso de técnicas de coleta de dados primários a partir de entrevistas, questionários e observações em campo. E por fim, essa pesquisa também é *bibliográfica* por ser desenvolvida com base em material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos.

O presente estudo não teve a pretensão de fazer generalizações e tampouco esgotar as informações acerca da estrutura de comercialização e reciclagem de REEE existente no município do Rio de Janeiro. Os estudos conduzidos junto aos diversos elos da cadeia pós-consumo dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) não puderam ser profundos e exaustivos devido à limitação de tempo e distância. As empresas, projetos, ONG's e principais atores foram sendo gradualmente selecionados a partir da identificação da relação entre eles de forma a fornecer um desenho dos fluxos existentes.

O foco foi mantido na seleção de alguns casos que pudessem ao mesmo tempo permitir o desenho do fluxo desses produtos pós-consumo - através da investigação das relações entre as iniciativas que estão a montante e a jusante de cada etapa da cadeia - e exemplificar como ocorrem as práticas relativas à comercialização, reparo, reciclagem e disposição final dos REEE.

### **1.5. Estrutura da Dissertação**

Após a introdução, o segundo capítulo desse estudo está voltado para as questões sociais e ambientais consequentes da atual sociedade de consumo. Esse contexto é remontado através da história do desenvolvimento das sociedades ocidentais e do próprio padrão de produção e consumo que foi construído junto

com o desenvolvimento do capitalismo. Entender como as indústrias se comportam diante de uma necessidade sempre crescente de produção é um dos panos de fundo que, juntamente com as tendências da economia moderna, como os métodos de avaliação do ciclo de vida, a economia circular, e a responsabilidade compartilhada, proporcionarão uma melhor compreensão sobre a questão específica dos resíduos gerados a partir dos produtos eletroeletrônicos.

O terceiro capítulo se inicia com uma conceituação sobre os resíduos eletroeletrônicos, sua composição e os riscos associados ao seu manuseio. Ao mesmo tempo em que esse tipo de resíduo oferece riscos à saúde humana e ao meio ambiente ele desponta como uma fonte valiosa de recursos não renováveis quando recebem o tratamento correto e são reciclados. Em um segundo momento, serão apresentadas as principais políticas, fluxos e questões relevantes sobre os resíduos eletroeletrônicos no mundo, especialmente na União Europeia, nos Estados Unidos, na China, no Japão e na África. Finalmente, será abordado nesse capítulo o contexto atual dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Nesse momento, será feita uma apresentação sobre alguns aspectos da produção e padrões de gestão e descarte de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e também serão discutidos os principais pontos da Política Nacional de Resíduos Sólidos que possui a Logística Reversa como racionalidade principal.

No quarto capítulo a problemática dos resíduos eletroeletrônicos é trazida para o município do Rio de Janeiro. Após uma rápida análise das bases legais sobre o tema é apresentado o resultado da investigação de campo que identificou os principais fluxos da cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no município do Rio de Janeiro. Também é realizada uma análise dos atores formais e informais mapeados durante a pesquisa, definindo suas funções, desafios e práticas realizadas. Por fim, é elaborada uma reflexão comparando algumas práticas nacionais com o caso do Rio de Janeiro em temas como o desenvolvimento do mercado de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e as soluções que estão sendo propostas para a realização da Logística Reversa desses resíduos.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais.

## **2. Produção, consumo e descarte: a necessidade de uma economia circular.**

### **2.1. Histórico**

Para que se possa compreender melhor a atual dinâmica de produção e de consumo no mundo se faz necessário um breve resumo histórico de sua evolução. Resgatando o passado será possível perceber como e porque a sociedade caminhou em direção ao atual paradigma focado no consumo em massa e na geração de grandes volumes de resíduos que, de modo geral, não são tratados adequadamente. Esse paradigma começou a mudar no Brasil em 2010 quando foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos que atribui responsabilidades compartilhadas entre produtores, distribuidores, comerciantes e consumidores ao longo da cadeia produtiva para que se garanta um destino ambientalmente adequado aos resíduos gerados no país. O entendimento sobre a história e a evolução do consumo são fundamentais para a compreensão das motivações e estratégias que as empresas e governos vêm adotando ao longo da história e as consequências desse processo na atualidade.

Como explica Lopes, nas sociedades antigas já se observava um determinado padrão de consumo, que posteriormente foi adotado também no período medieval, que era caracterizado pela *pessoalidade e simplicidade*. Tratava-se de um comércio restrito à bens de baixa complexidade e as relações de troca ainda estavam limitadas pela precariedade dos meios de transporte e pela própria estrutura social da época (LOPES, 2002).

Até a Idade Média, o contexto social de separação das classes no mundo ocidental mostrava que os nobres tinham acesso a tudo, assim como a Igreja. Por outro lado, a maioria da população vivia no campo realizando trabalho servil e produzindo para o próprio consumo e também para a nobreza e a Igreja. De fato, a economia de subsistência foi um dos traços marcantes do feudalismo. Como característica marcante, segundo Koshiba, “os contratos comerciais eram raros e irregulares, de modo que as trocas ocorriam, em geral, sem intermediação monetária. Cada senhorio procurava bastar a si mesmo, produzindo localmente

tudo o que fosse necessário, tendendo assim a ter uma economia autossuficiente e relativamente fechada”. (KOSHIBA, 2000)

Pois assim, nesse período, o consumo do homem medieval era marcado pela pessoalidade. Consumia-se o que se produzia, normalmente produtos ou serviços simples, ou aquilo que era produzido por pessoas próximas. As Revoluções Burguesas a partir do final do século XVIII tiveram um papel importante para que o homem buscasse o progresso industrial e científico (Revolução Industrial), alterando enormemente os padrões de consumo, pondo abaixo os privilégios da nobreza. Nesse sentido, as evoluções ocorridas na Primeira Revolução Industrial, como a mecanização da indústria têxtil, o uso de máquinas a vapor, ferro e carvão, propiciou grande desenvolvimento e alteração dos padrões de consumo. Tratava-se do uso da razão no processo produtivo, com o emprego de métodos bem definidos de produção visando o lucro.

Como consequência, a evolução científica e técnica, ocorrida a partir da segunda metade do século XVIII, permitiu que os produtos tivessem cada vez mais complexidade, resultando em uma produção sistematicamente organizada. Perdeu-se o caráter pessoal do consumo, iniciando-se um processo com viés de *impessoalidade e complexidade*. Assim, os produtos foram se tornando cada vez mais complexos, inclusive do ponto de vista da cadeia produtiva (LOPES, 2002).

Segundo Calvão da Silva (1999), com o amadurecimento da Revolução Industrial a produção passou a ser organizada por planos industriais, de forma que cada empregado apenas realizava uma das etapas do processo produtivo e o conhecimento de todas as etapas da produção passou a ficar restrito ao produtor. Outra consequência provocada pela pós Revolução Industrial sobre as relações de consumo foi o surgimento da produção para o mercado global. Dessa forma, as mercadorias produzidas na Inglaterra do século XVIII passaram a ser exportadas para todo o mundo. As grandes nações produtoras começavam a desbravar novos mercados consumidores, como a Ásia e a América, fomentando assim o crescimento da lógica capitalista de produção e consumo em vários países do mundo.

Em fins do século XIX, com o surgimento dos produtos compostos de aço, houve um significativo crescimento no uso da energia elétrica. Com o desenvolvimento de novas técnicas ampliou-se também a utilização das linhas de montagem, e os produtos passaram a ser fabricados em massa. Nesse período, duas formas de organização de produção industrial provocaram mudanças significativas no ambiente fabril: o **taylorismo e o fordismo**. Esses dois sistemas visavam à racionalização extrema da produção e, conseqüentemente, à maximização da produção e do lucro. Foi o que ocorreu, por exemplo, no caso paradigmático dos automóveis da indústria automobilística, o primeiro deles o Ford T. Diante dessa realidade, o século XX é inaugurado com empresas de grande capital, gerenciando um processo produtivo complexo e em larga escala. Surgem nesse contexto os produtos à baixo custo, os meios de comunicação, as redes varejistas, os sistemas de distribuição entre outros. Ocorre também a separação entre produção e comercialização, passando o comerciante a ser um intermediador de mercadores. O desenvolvimento do mercado exigiu a especialização tanto da indústria quanto do comércio.

Surge então, como também aponta Calvão da Silva (1999), a chamada “desfuncionalização do comércio”. Os comerciantes logo deixam de se preocupar em convencer o consumidor da utilidade do produto, passando essa tarefa aos publicitários, aos jornais, ao rádio e à televisão. Nesse período, o desafio maior para a lógica econômica era elaborar produtos que, padronizados, atendessem aos padrões da sociedade. Não se tratava mais de suprir necessidades e sim de alcançar prosperidade. A década de 1960 mostra a busca pela obtenção de diversos produtos como máquinas de lavar, aspiradores, veículos, etc. Trata-se de um consumo capaz de forjar a própria identidade. O sistema produtivo não se preocupa mais em procurar um consumidor para o produto criado, mas sim em conhecer o consumidor e desenvolver produtos individualizados, adotando o caminho inverso ao anteriormente percorrido. (RIFKIN, 2001)

Já ao final do século XX, Tiezzi (1988) escreve que os sistemas de produção industrial eram incompatíveis com o ecossistema terrestre. Para ele era insustentável a forma com a qual estavam sendo consumidos os recursos do

planeta. Tiezzi aponta para o fato de que os produtos estariam sendo produzidos para rapidamente se tornarem lixo.

O autor coloca a necessidade de se discutir o axioma equivocado que estava servindo de base para aquela sociedade, que seria o crescimento material sem limites ou objetivos, e que para isto seria preciso discutir não somente as relações de produção, mas também o que, como, onde e quando produzir. O autor acrescenta ainda que as forças políticas tradicionais estavam muito condicionadas e comprometidas com os esquemas relacionados ao crescimento econômico e por isso não conseguiam compreender que o equilíbrio dos sistemas naturais deveriam ter a mesma importância que a produção, o consumo e o lucro.

Após 1990, Pires (2004) conta que, com a abertura de mercado, a competição tornou-se global. Com isso, aumentou-se a oferta em diversos setores industriais e a pressão pela redução de preços. Para conseguir reduzir os preços se fez necessária uma revisão das prioridades competitivas, quais sejam: custo, qualidade, desempenho das entregas e a flexibilidade. Verificou-se então a ascensão de alguns critérios competitivos, sobretudo a flexibilidade. De acordo com Dalcol e Zukin (1998), a flexibilidade nesse contexto de produção global, entendida em termos de habilidade para desenvolver e produzir rapidamente ampla variedade de produtos e com baixos custo, passou a ser essencial e mesmo uma condição de sobrevivência das empresas, uma vez que a globalização impõe a necessidade de rápido atendimento a um mercado com exigências crescentes.

Atualmente o mercado reproduz infindavelmente a demanda por novos produtos, utilizando para isto as mais diversas ações, que vão desde a criação de novas necessidades no subconsciente dos consumidores, através das estratégias de marketing, até a inviabilização do uso prolongado dos produtos, criando necessidades reais de substituição de bens que deveriam ser duráveis. Estas estratégias visam o crescimento de vendas e a conquista de novos mercados sem a preocupação com as consequências ambientais dessa lógica de produção e consumo. Esta dinâmica é altamente dissipadora, pois está baseada no consumo crescente de recursos naturais e energia e na redução do tempo de vida útil dos produtos. Essa lógica também acaba por gerar montanhas de resíduos, originadas da obsolescência precoce ou programada, de bens de consumo duráveis, tornando-os cada vez mais descartáveis (MÉSZÁROS, 1989). Essa tendência de redução da

vida útil está demonstrado na Figura 1, analisa a evolução do tempo de vida útil de computadores pessoais em uma determinada universidade ao longo de 25 anos.

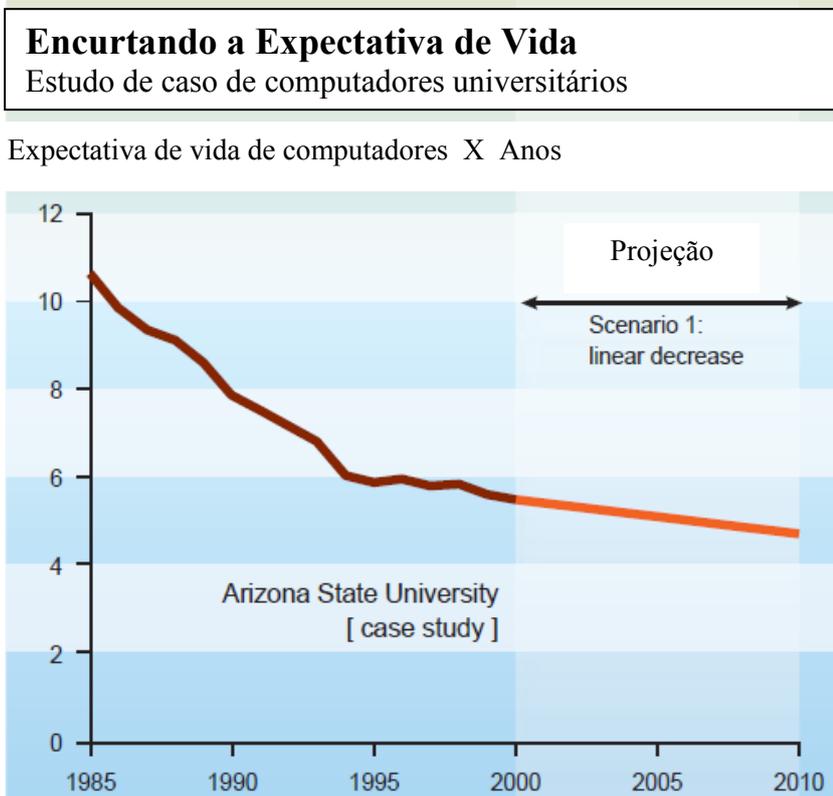


Figura 1: Redução da Vida Útil – Estudo de caso de computadores universitários

Fonte: UNEP/BASEL, 2012.

## 2.2.

### O atual modelo de produção, consumo e descarte.

A discussão envolvendo o sistema produtivo industrial e a degradação ambiental não é nova e tem sido abordada através da ótica das emissões de gases, produção de resíduos, ruído, impactos sociais, eficiência, entre outros. No entanto, são pensadas apenas dentro das etapas do processo produtivo, desde a extração de matérias primas até a venda do produto ao consumidor final. Porém, os impactos

gerados após a venda dos produtos, tradicionalmente, não são considerados pelas empresas que os comercializam já que são de difícil controle, custosos para serem controlados e de complexa administração. Além disso, no Brasil, até a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010, a transferência da posse do produto para o consumidor final fazia com que a responsabilidade pelo resíduo gerado pós-consumo se tornasse difusa (LEMOS, 2011).

A geração de resíduos na fase pós-consumo não é menos grave que a poluição gerada no próprio processo produtivo. Ao menos sobre esta etapa existe um grande arsenal de regulamentação ambiental baseadas no controle das emissões industriais, enquanto que sobre a geração difusa de resíduos pós-consumo não há ainda o necessário controle, mesmo dois anos após a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Em resposta a estas questões, têm surgido na última década novas propostas e formas de pensar a produção englobando políticas, instrumentos e ferramentas de gestão ambiental que representam uma grande mudança de foco: das tradicionais soluções de *fim de linha (end-of-pipe<sup>3</sup>)*, ou seja, do controle dos impactos associados aos processos de produção, para um foco mais abrangente, fundamentado na visão global do *ciclo de vida* dos produtos. Entende-se por ciclo de vida, todas as etapas envolvidas na produção de um produto, da extração dos recursos necessários à produção de materiais que o compõem, até o último tratamento destes mesmos materiais após o descarte dos produtos comercializados (MANZINI e VEZZOLI, 2005).

Dessa maneira, torna-se evidente que a velocidade e o volume com que os recursos naturais e energia fluem através dos ciclos de produção e consumo devem ser reduzidos. Entretanto essas preocupações, numa sociedade capitalista sempre ficam subordinadas às questões do crescimento econômico. Para Slack (2002), o objetivo de projetar produtos e serviços é satisfazer aos consumidores, atendendo suas necessidades atuais e futuras. Esse autor coloca que o resultado da atividade de projeto é uma especificação detalhada do produto ou serviço,

---

<sup>3</sup> Meio tradicional de combate a poluição gerada por uma indústria. Ex: Tratamento de resíduos / efluentes / filtração de gases / Compostagem / etc. O tratamento de poluentes ocorre depois que eles são gerados.

compreendendo e utilizando um conjunto de informações que vão definir totalmente o produto ou serviço: seu conceito global, forma, função e benefícios que trará. Através dessa linha de raciocínio, quando não existe uma demanda ou consciência ambiental espontânea por parte dos consumidores, as considerações dos aspectos ambientais no projeto dos produtos não fazem parte de seu escopo.

O “Marketing” por sua vez, desempenha a função fundamental de reunir informações dos consumidores para compreender e identificar suas necessidades e expectativas. Para Kotler (2003) “as empresas têm de descobrir e preencher as necessidades dos clientes, mas como atualmente restam poucas necessidades que já não tenham sido atendidas pelas empresas, a resposta é criar necessidades”.

De acordo com Fernandes (2001), o marketing surgiu após a Segunda Guerra Mundial, quando a produção de bens de consumo superou a demanda e as concepções de produção, produto, distribuição e vendas foram dissociadas e estanques entre si. Nesse período as corporações tiveram de ser reformuladas para garantir a permanência das indústrias em um mercado concorrente e em processo de globalização. Quando de seu surgimento, o marketing era uma atividade restrita ligada à área de vendas das empresas e tinha a função de promover as vendas das mercadorias. Posteriormente, à medida que a concorrência aumentava, as funções do marketing foram sendo direcionadas também para atividades estratégicas de todo o processo produtivo, englobando todas as etapas de produção em uma única cadeia. O mesmo autor afirma que o marketing, utilizando-se de estratégias técnicas e científicas, constituiu-se no principal e mais importante mecanismo econômico que passaria a justificar as proposições dos setores produtivos e comerciais, promovendo através de seus mecanismos a aceleração de vendas, fazendo surgir um consumo em escala nunca antes constatado, o *consumismo*.

Para Ashley (2002), o consumismo é “um credo econômico e social que encoraja as pessoas a aspirarem ao consumo, independente de suas consequências” e os defensores dessa cultura do consumo acreditam que o crescimento econômico, com a conseqüente globalização dos mercados, é a solução para a pobreza mundial como forma de se criar renda suficiente para a inserção democrática no consumo. No entanto, hoje já se sabe que o planeta não

suportará que todos os países do mundo desenvolvam o mesmo padrão de consumo dos países ricos. Seja pela escassez dos recursos naturais, pela crescente emissão de gases poluentes e de efeito estufa, pela problemática complexa que envolve os resíduos ou até mesmo pela constante geração de materiais perigosos, como os resíduos nucleares e os próprios resíduos de equipamentos eletrônicos.

Outro componente importante para a compreensão da dinâmica de produção e consumo é o papel da inovação contínua enquanto estratégia competitiva. Kotler (2003) coloca que nas atuais condições de concorrência, a inovação contínua parece ser um único caminho para evitar a obsolescência comercial de uma linha de produtos. No mesmo caminho, Slack (2002) afirma que o desenvolvimento contínuo dos projetos e a criação de projetos totalmente novos ajudam a definir a possibilidade competitiva de uma organização. As empresas são capazes de construir vantagem competitiva com base em muitas fontes como qualidade, velocidade, segurança, projeto e confiabilidade, além de baixo custo e baixo preço, mas estão cada vez mais reconhecendo os ganhos crescentes obtidos da criatividade e inovação. De acordo com o autor, a maioria dos produtos é passiva de variações substanciais e às vezes infinitas em seus atributos físicos, e quanto mais inovativas forem as empresas durante o estágio de maturidade de um produto no mercado, menos diminuirão os preços e lucros esperados.

Pelo exposto, nota-se um grande impasse, pois essas estratégias utilizadas pelo setor produtivo são contraditórias com a necessidade de redução da velocidade com que a matéria prima “virgem” flui através dos ciclos de produção e consumo. Ou seja, cada vez menos deve-se pensar em modelos de produção linear (do berço ao túmulo<sup>4</sup>) enquanto por outro lado estão sendo desenvolvidos conceitos e metodologias que pensam na circulação contínua dos materiais ao longo da cadeia

---

<sup>4</sup> Quase tudo o que produzimos e consumimos é incinerado ou enterrado — a “cova” ou aterro é o destino comum para a maioria dos produtos e materiais.

de produção e consumo (do berço ao berço<sup>5</sup>), o que seria a representação de uma economia circular.

Essas estratégias de produção linear têm contribuído muito com a aceleração da degradação ambiental, resultando na contínua extração de recursos para produção de bens de consumo e constante emissão de resíduos não tratados. A questão é que esses produtos serão descartados sem serem reincorporados ao ciclo produtivo muito antes de terem esgotado seus recursos de uso. Isso ocorre em função da rapidez com que esses produtos se tornam obsoletos, seja pela convergência de funções, pelo design inovador de produtos semelhantes, pelas novas funcionalidades proporcionadas por tecnologias recentes, pelo modismo, pelo consumo supérfluo, pela maior capacidade ou velocidade para execução de tarefas em determinados aparelhos, pela própria obsolescência programada ou pela impossibilidade da viabilidade econômica do reparo quando danificado. Entretanto, pouca atenção tem sido dada às consequências da degradação ambiental e das condições humana decorrentes dessa lógica de substituição e descarte.

Figueiredo (1995) aponta para o fato de que associar a atual lógica de mercado com a degradação ambiental é difícil devido à avaliação segmentada dos processos produtivos. Esse tipo de avaliação não torna clara a responsabilidade do produtor final pelas etapas anteriores de produção e movimentação dos insumos e posteriormente pelos resíduos gerados pós-consumo. No caso do bem de consumo durável a sua transformação em resíduos se dá pela obsolescência ou por não atender mais às funções para as quais ele foi projetado, sendo que o tempo de vida do produto no atendimento de suas funções é uma variável definida pelo setor produtivo segundo critérios predominantemente econômicos focados na maximização dos lucros. Ou seja, os produtores privatizam os lucros e socializam os prejuízos.

---

<sup>5</sup> O modelo do berço ao berço, proposto pelos autores William McDonough e Michael Braungart (2002) traz uma solução inovadora para o desafio do desenvolvimento sustentável. Eles propõem que o homem continue a consumir e a se desenvolver. Porém, ao invés de consumir recursos naturais não renováveis sem critério, o homem deve “alimentar” o ciclo biológico da Terra (waste equals food) e o ciclo tecnológico das indústrias. Ou seja, o que não puder ser utilizado como “nutriente para o meio ambiente”, sempre deverá ser quebrado em elementos que possam ser reabsorvidos pelas indústrias como matéria-prima.

Para Mészáros (1989) do ponto de vista do sistema capitalista, uma vez que uma transformação comercial (atualização de produto) tenha ocorrido, não há nada mais com que se preocupar, pois quanto menos uma mercadoria é usada ou reutilizada, melhor, uma vez que esta subutilização implica na possibilidade de novas vendas. Ou seja, é vantajoso para a expansão de capital o decréscimo de horas de uso dos produtos, pois enquanto esse decréscimo for acompanhado por uma expansão adequada do poder aquisitivo da sociedade, isto cria a demanda por outro produto. Segundo esse autor a tendência de redução da taxa de uso tem sido uma das principais formas do capital conseguir seu crescimento.

O conceito de obsolescência surge para justificar a necessidade de um novo produto e para contrapor o mundo velho e atrasado ao mundo novo do desenvolvimento científico. E o marketing se coloca na defesa deste conceito, afirmando que a obsolescência é um fator natural do mundo moderno e do processo de desenvolvimento, afirma Fernandes (2001).

Sena (2012) conta que observando o dia-a-dia do desenvolvimento de produtos pode-se identificar exemplos práticos da obsolescência programada. É o caso de quando se troca uma televisão porque foi lançado outro modelo com a borda mais fina, mesmo estando a primeira em perfeito estado de utilização, ou a troca de um celular porque surgiu um modelo eleito como o melhor equipamento com seus novos recursos. Sena também explica, por meio de exemplos práticos, que a vida útil de certos produtos pode ser limitada, por exemplo, a partir de:

- Um *chip* que indica quantas folhas uma impressora irá imprimir antes de parar com uma indicação de mau funcionamento;
- Quantidade intencional de horas que uma lâmpada ficará acesa antes que seus materiais frágeis, meticulosamente testados, queimem ou diminuam a intensidade de seu brilho;
- Fios de nylon menos resistentes fabricados pela DUPON que obrigam as mulheres a constantemente substituir as meias-calças;
- Produtos como os primeiros i-Pods da Apple, com baterias com poucos ciclos de recarga e sem disponibilidade para substituição.

Em síntese, Rodrigues (2007) afirma que os principais determinantes para a perpetuação do atual modelo de produção e consumo são:

1) Necessidade de crescimento ilimitado, que contradiz com os limites da natureza e os limites da natureza humana (epidemias crescentes de doenças e acidentes do trabalho);

2) Crescimento induzido através de estratégias de marketing, que criam incessantemente novas necessidades de consumo (produção para o descarte ou para o não consumo);

3) Aceleração do tempo de inovação, produção e consumo (redução dos ciclos de vida dos produtos no mercado).

A autora explica que este conjunto de estratégias abordadas tem sido amplamente utilizado como forma de manter a viabilidade do sistema produtivo, reduzindo a taxa de uso dos produtos, aumentando as vendas e produzindo resíduos de responsabilidade difusa na sociedade.

A não incorporação dos custos ambientais resultantes da extração infindável de matéria prima; do consumo de energia em todo o ciclo de vida dos produtos; e do tratamento e deposição final de resíduos, vem somar-se aos aspectos anteriores, tornando os bens de consumo duráveis cada vez mais acessíveis financeiramente e descartáveis, agravando a atual crise ambiental. A conscientização do impasse ambiental criado por essa lógica tem dado origem a novas propostas de encaminhamento da questão, como ferramentas, instrumentos jurídicos e políticas públicas que serão abordadas ao longo desse trabalho.

### 2.3.

#### **As novas práticas: um caminho para a economia circular**

Nos últimos vinte anos têm-se observado uma evolução gradativa da conscientização e das intervenções nos problemas ambientais seguindo um percurso que vai do tratamento dos impactos a partir da ótica do conceito de controle *end-of-pipe*, passando pela interferência nos processos produtivos que geram a poluição (tecnologias limpas) chegando ao redesenho dos produtos

(*Ecodesign*) e à orientação da demanda que motiva a produção desses produtos (incentivo ao consumo ambientalmente responsável) (MANZNI e VEZZOLI, 2005).

Essa evolução deve-se a um conjunto de fatores que tem forçado as empresas a considerarem as questões ambientais tanto em seus processos quanto em seus produtos. Entre esses fatores pode-se citar: a maior visibilidade das questões ambientais; as exigências para uma maior responsabilidade sobre produtos com a pressão de legislações e de organizações da sociedade civil; o surgimento de uma corrente de pensamento capitalista que vê as considerações ambientais como vantagem competitiva; e o aumento dos custos das matérias primas e de energia que estão se tornando cada vez mais escassos. Dessa forma, vem ganhando força uma visão holística de todos os impactos ambientais gerados por um produto (ciclo de vida) e em consequência o desenvolvimento de instrumentos voltados à avaliação e redução desses impactos, visão esta que se propõe a ir além da abordagem “*end-of-pipe*”.

### **2.3.1. Ciclo de vida**

O conceito de Ciclo de Vida do produto adotado neste trabalho difere do conceito utilizado pelos profissionais de gestão de empresas, que indica as várias fases de um produto no mercado, desde sua introdução passando pela maturação até seu declínio. Para este trabalho utiliza-se a definição de Manzini e Vezzoli (2005) que diz:

“O conceito de Ciclo de Vida de um produto refere-se às trocas entre o ambiente e o conjunto de processos que o acompanham, sendo interpretado em relação aos fluxos de matéria, energia, e emissões, considerando-se desde a extração dos recursos necessários a produção de materiais componentes, até o último tratamento destes mesmos materiais, após o uso e descarte dos produtos”.

O mesmo conceito foi traduzido pela norma ISO14.040 que define Ciclo de Vida como: “estágios consecutivos e interligados de um produto, desde a aquisição da matéria prima ou geração de recursos naturais à deposição final” do produto na natureza. Esse conceito corresponde a uma ampliação da visão sobre o

processo de produção industrial, possibilitando a melhoria do seu desempenho, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Na Figura 2 são ilustradas as principais fases de um ciclo de vida. Essas fases são representadas em blocos e correspondem a processos ou ações, sendo que entre eles circulam materiais e energia.

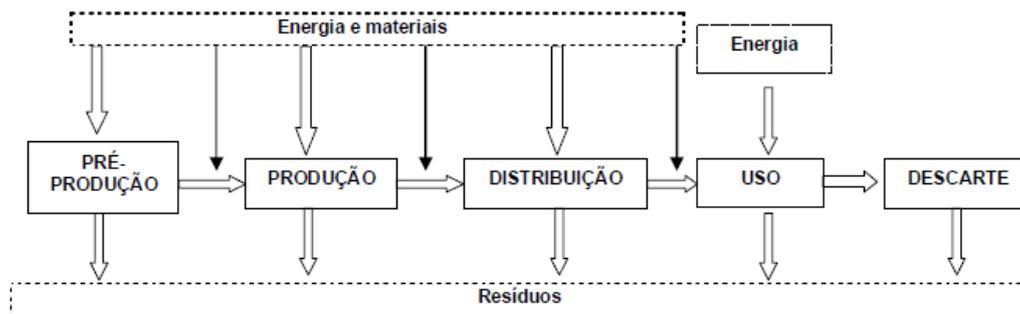


Figura 2: Etapas do Ciclo de Vida dos Produtos

Fonte: Adaptada de MANZINE E VEZZOLI (2005)

Compreender de onde vieram as matérias-primas utilizadas, para onde irão os produtos fabricados, os subprodutos e os resíduos de processo, bem como os efeitos das emissões geradas para o meio ambiente é um passo de fundamental importância para o gerenciamento sustentável dos bens de consumo durante seus ciclos de vida (SENA, 2012).

Conforme é mencionado na Lei Federal 12.305 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos, o ciclo de vida de um produto para as finalidades da Lei é definido como:

“Série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final” (LEI 12.305/10)

A evolução desse tipo de abordagem sobre os produtos acabou por dar origem a algumas variações baseadas nessa mesma linha de abordagem. Uma delas é a Engenharia de Ciclo de Vida (ECV). O conceito ECV inclui as diversas abordagens atuais dos trabalhos ambientais: é a aplicação de princípios

tecnológicos e científicos para o projeto e a produção de produtos, tendo sempre clara a necessidade de realizar um processo sustentável, ao mesmo tempo em que aperfeiçoa o ciclo de vida do produto, minimizando a poluição e os resíduos (CALCE, 2012).

A partir dos esforços de engenharia e gestão para implantação da racionalidade do conceito de ciclo de vida surge uma forma de avaliar o desempenho com relação aos impactos gerados durante o ciclo de vida de um produto. Assim, surge a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV ou LAC Life-Cycle-Assessment). Na mesma linha, diferentes métodos para incorporar os conceitos de sustentabilidade aos processos produtivos também foram criados, como: o “Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis” ou “Ecodesign” e o princípio da Responsabilidade Ampliada do Produtor (EPR – Extended Producer Responsibility). Também se pode observar atualmente, especialmente na Europa, um movimento favorecendo uma política ambiental orientada para os produtos desenvolvida sob o título de IPP – Integrated Product Policy (Política Integrada de Produtos – PIP). O seu objetivo é desenvolver um enquadramento geral para os parceiros envolvidos na cadeia dos produtos de forma a geri-los de uma maneira ambientalmente adequada. Essa é uma iniciativa da União Europeia com o objetivo de reduzir os impactos ambientais de produtos e serviços ao longo do seu ciclo de vida utilizando instrumentos de gestão que atuem na produção (desenvolvimento de produtos, fabricação e distribuição/venda) ou no consumo de produtos (padrões de consumo, de mercados). Aplica-se a todos os produtos e serviços, incluindo produtos alimentares (STARTIPP, 2012).

### **2.3.2. Avaliação do ciclo de vida**

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto é uma ferramenta muito eficaz para a identificação de impactos e características de produtos e processos. A ACV de um produto é um instrumento que permite uma contabilização ambiental, onde se consideram as retiradas de recursos naturais e energia da natureza e as “*devoluções*” para a mesma.

Sena (2012) explica que a contabilidade da ACV inicia-se na natureza em termos do uso de recursos naturais como água, minérios, florestas, petróleo e

atmosfera e considera todas as etapas intermediárias necessárias para a obtenção do produto estudado como fabricação, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final. As emissões do sistema para água, terra e ar são avaliadas quanto aos impactos potenciais em relação à saúde humana e ao meio ambiente. A ACV tem uma abordagem holística e complexa sobre o “*custo ambiental*” de determinado produto ou serviço. Dessa forma, quando se faz a ACV para um determinado produto, considera-se todo o processo que o originou, as emissões e os impactos potenciais associados ao seu ciclo de vida.

Manzini e Vezzoli (2005) apontam algumas das possíveis utilizações da ACV classificando-as em usos Internos e Externos.

**Usos Internos** – Quando os resultados não são divulgados e tem a finalidade de:

- Planejar estratégias ambientais de desenvolvimento de produto ou serviço;
- Desenvolver o design de produto e/ou de processo;
- Dar suporte à decisão de procedimentos de compra;
- Desenvolver auditorias ambientais e minimizar os resíduos e emissões.

**Usos Externos** – Quando os resultados são divulgados (requer um maior rigor quanto à sua credibilidade e transparência):

- Marketing;
- Definição de critérios para rotulagens;
- Suporte a decisões no âmbito político;
- Suporte em decisões para definir procedimentos de compras.

As principais etapas de um estudo de ACV estão representadas na Figura 3:

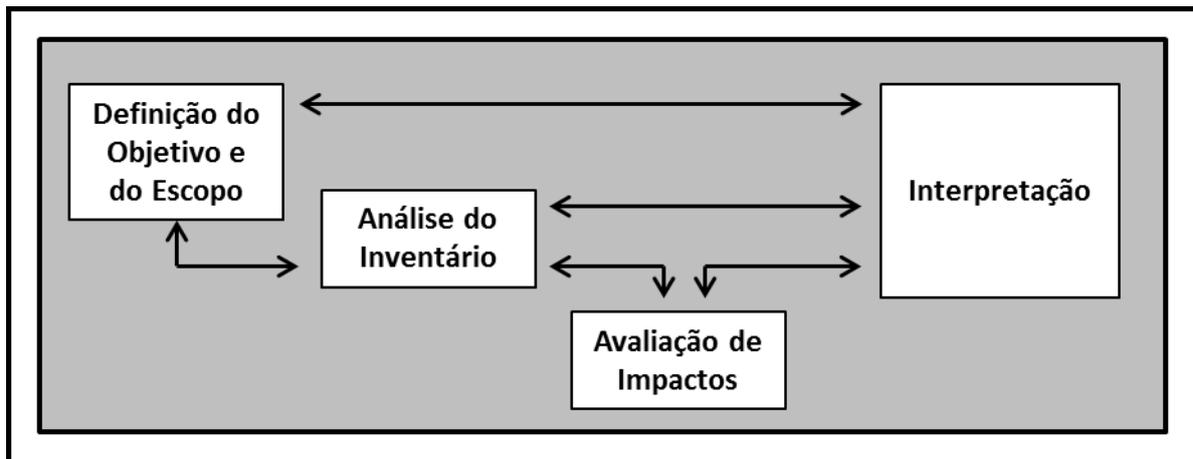


Figura 3: As 4 fases da Análise do Ciclo de Vida.

Fonte: Adaptado de PRADO, 2005.

Com os dados obtidos pela ACV é possível determinar a quantidade de recursos naturais necessários, o consumo de energia e os resíduos gerados no processo. Alguns trabalhos tratam a ACV como uma técnica de análise de recursos e perfis ambientais dos produtos, utilizada para avaliação e tomada de decisão em nível de gerência visando a melhoria da qualidade do produto e a conservação do meio ambiente.

De uma forma geral dois objetivos podem ser considerados principais na Análise do Ciclo de Vida de Produtos. O *primeiro* é determinar quais são as matérias-primas utilizadas e as emissões geradas durante o ciclo de vida do produto estudado. O *segundo* é determinar quais são os impactos das emissões e do consumo das matérias-primas sobre o meio ambiente (PRADO, 2005).

Prado afirma que a ACV é uma metodologia importante por se constituir em uma ferramenta que trata com clareza e objetividade de questões ambientais complexas, tais como:

- *Gerenciamento de recursos naturais*: A realização de estudos de ACV de vários setores importantes como o da geração de energia elétrica, produção de álcool, gasolina, água tratada, papelero e automobilístico, fornece bases de dados

características de cada setor, sendo de grande auxílio ao governo do país para melhor gerenciamento de seus recursos naturais, como as reservas naturais, por exemplo.

- *Identificação de pontos críticos:* Pode-se citar um estudo de ACV que avaliou o consumo de energia primária durante a vida útil de um veículo (ex: Trator) e verificou que 85% do consumo da energia primária ocorriam na fase de uso do trator, devido ao consumo de mais de 11 toneladas de óleo diesel, durante sua vida útil. Uma vez que, geralmente a emissão de CO<sub>2</sub> é determinada pela quantidade de combustível consumido, a etapa de uso era a fase dominante em emissão de CO<sub>2</sub>.

- *Otimização de sistemas de produtos:* A ACV pode ser útil tanto no desenvolvimento de um novo serviço ou produto, quanto na implementação de melhorias visando a otimização dos mesmos e do desempenho, tanto ambiental quanto econômico, uma vez que a redução de desperdícios também resulta em lucros financeiros.

Apesar dos inúmeros benefícios, a ferramenta de ACV pode vir a ser extremamente difícil e trabalhosa. Holzmann (2009) comenta em seu estudo que as dificuldades do uso da Avaliação do Ciclo de Vida ocorrem devido ao grande volume de dados representativos que precisam ser analisados, gerando a necessidade de adaptar modelos à realidade do caso em estudo. Além disso, a qualidade dos dados influencia diretamente na qualidade dos resultados e a subjetividade na adoção de critérios de comparação entre produtos se tornam fatores complicadores.

Com relação a metodologia de estudo da Análise do Ciclo de Vida, Prado (2005) verifica que a coleta de dados é bastante complexa e demanda tempo para análise e compreensão. Além disso, cabe salientar que os resultados alcançados até hoje refletem a realidade das indústrias em que foram coletados os dados e das regiões onde elas estão localizadas, sendo de difícil generalização. Por fim, Prado ressalta que a Análise do Ciclo de Vida é um assunto que deve ser cada vez mais estudado e discutido, pois desempenha um papel fundamental para o conhecimento dos processos, redução dos impactos ambientais e melhoria dos

processos industriais, visando a proteção do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida da população.

### **2.3.3. Responsabilidade ampliada do produtor**

Até muito recentemente as legislações ambientais dos países industrializados estiveram baseadas no controle da contaminação e dos impactos gerados na fase de produção, sem dar atenção à contaminação proveniente das outras etapas do ciclo de vida dos produtos. Sob esta visão a responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos urbanos provenientes de produtos duráveis pós-consumo sempre recaía sobre as administrações locais (municípios). À medida que foi crescendo o volume desse tipo de resíduo e as regulações ambientais foram se tornando mais restritas, o manejo dos resíduos sólidos tornou-se mais caro e seria preciso alguma ação para reverter este quadro. Essa ação se voltou para a abordagem de ciclo de vida e para uma clara definição da responsabilização pelos resíduos dos produtos pós-consumo (LINDHQVIST, 2000).

Dessa maneira, a mudança de foco das políticas ambientais para os produtos e a busca de mecanismos para sua implementação resultou na formulação do princípio da Responsabilidade Ampliada do Produtor ou Extended Producer Responsibility – EPR. Para a OECD (2012)<sup>6</sup> a EPR é definida como uma política ambiental na qual a responsabilidade do produtor por um produto é ampliada à fase pós-consumo de seu ciclo de vida, incluindo sua disposição final (OECD, 2012).

De acordo com Lindhqvist (2000) seu surgimento se deu entre 1970 e 1980 quando houve várias tentativas dos países industrializados para resolver o problema dos resíduos sólidos urbanos. Diversos países desenvolveram tecnologias e infraestrutura para recuperar materiais dos resíduos domiciliares urbanos, mas este caminho acabou por gerar materiais não requisitados no mercado e mesmo quando eram revendidos o valor obtido raramente cobria os custos das atividades de recuperação (coleta, transporte, separação, processamento etc.). Outras experiências foram realizadas para o desenvolvimento de novos usos

---

6 The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

e novos produtos a partir de materiais reciclados, mas estas tentativas também não tiveram sucesso. Então, diversos países desenvolvidos começaram a construir incineradores com tecnologia de recuperação de calor, mas com a divulgação de relatórios sobre a emissão de poluentes, a tecnologia da incineração não obteve o apoio de grandes segmentos da população.

Nesse mesmo período os governos dos países industrializados desenvolveram alguns acordos voluntários e legislações pontuais, como por exemplo, a legislação para promover o reuso de vasilhames de bebidas. Entretanto, essas iniciativas eram muito limitadas e não tinham a amplitude necessária. Surgiu então a ideia de se redirecionar a rota do problema para o projeto dos produtos e para o sistema de produtos. Porém, era necessário desenvolver novas ferramentas e aperfeiçoar as existentes com esse propósito.

Rodrigues (2007) comenta que durante os anos 90 as atenções estiveram voltadas ao desenvolvimento dos novos instrumentos de política para incorporar essas ferramentas dentro de estratégias preventivas. Surgiu então o princípio da EPR como uma forma de transferência dos custos ambientais do setor público para o setor privado. A EPR é um princípio de política, através do qual os produtores têm as responsabilidades física, econômica, legal e informativa pelos impactos ambientais de seus produtos em todas as fases do ciclo de vida.

Esse princípio baseia-se na ideia central de que quando os produtores são obrigados a internalizar os custos ambientais de seus produtos, os incentivos para o *Ecodesign* tornam-se mais proeminentes, além de se refletir no preço dos produtos, podendo com isso, teoricamente, provocar mudanças também no comportamento dos consumidores que buscariam formas de prolongar o uso dos produtos ou ser mais exigentes quanto à sua durabilidade (LINDHQVIST, 2000).

O *Ecodesign* é considerado um dos objetivos centrais da EPR e este instrumento de política procura criar um efetivo retorno de informação para estimular os projetistas a projetar produtos mais limpos. De acordo com a OECD (2012), legisladores de diversos países do mundo vêm adotando o princípio da EPR para fazer a gestão de vários tipos de resíduos, tais como veículos, equipamentos elétricos e eletrônicos, pneumáticos, baterias, entre outros, os quais

requerem manejo e tratamento especiais. A maioria dos países membros da União Europeia já implementou os instrumentos da EPR em suas políticas ambientais e a expansão e implementação do princípio está sendo muito rápida.

No Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos lançou o princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos e o define como:

“Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos” (Art. 3º, inciso XVII da Lei 12.305/10).

Dessa maneira, não só as indústrias como também toda a cadeia que sustenta a venda de determinado produto compartilha a responsabilidade sobre o retorno desse bem pós-consumo aos processos industriais ou então deve garantir sua destinação final ambientalmente adequada. O que ocorre, no entanto é que a Política Nacional prevê os chamados Acordos Setoriais para a execução da Logística Reversa por segmento de mercado previamente definido no texto da lei, como por exemplo: Pilhas e Baterias; Embalagens; Lâmpadas; Equipamentos Eletroeletrônicos; etc. Com isso, passados dois anos da aprovação na política, cada segmento está em uma fase diferente de desenvolvimento dos Acordos Setoriais. As notícias que circulam apontam para o sucesso com relação à incorporação do conceito de EPR nesses acordos, já que os diferentes atores que participam de todo o ciclo de vida desses produtos estão participando das definições e assumindo suas responsabilidades.

### **3. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**

Atualmente, a gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) se torna um alvo de preocupação por dois fatores: 1- possuir um potencial crítico de contaminação quando descartado; 2- ser composto de matérias com elevado valor agregado. Esses dois fatores juntos vêm estimulando uma série de iniciativas ao redor do mundo que visam garantir a reinserção desses materiais descartados aos processos produtivos das indústrias gerando o menor impacto e garantindo o máximo de retorno financeiro. Já há alguns anos que muitos governos iniciaram seu trabalho de legislação e esforços de gestão para lidar com os REEE, assim como empresas privadas que também estão se preparando para atuar especificamente nesse segmento de reciclagem. Nesse capítulo será discutido como esse resíduo é definido, quais seus impactos e oportunidades relacionadas e como os principais países geradores e produtores desses materiais estão se comportando hoje.

#### **3.1. Definições e conceitos**

Foi na União Europeia que se iniciou um dos primeiros tratamentos formais para essa questão. Os esforços nesse sentido se deram no século XX através da Diretiva 2002/95/CE relativa à restrição ao uso de certas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos (chamada de RoHS) e da Diretiva 2002/96/CE, relativa aos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (Chama de diretiva WEEE). Foi nessas duas primeiras diretivas sobre o assunto que se cunhou os termos que atualmente são reproduzidos por quase todos os países, o *EEE* (Electrical and Electronic Equipment) e o *WEEE* (Waste of Electrical and Electronic Equipment). É importante notar que desde a primeira diretiva os EEE são definidos como: equipamentos que dependem de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para seu correto funcionamento. Além de também considerar os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos projetados para uso com uma tensão nominal não superior a 1000 V para corrente alternada e 1500 V para corrente contínua. A mesma

diretiva considera como "Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos" (WEEE ou REEE), qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tenha a intenção ou obrigação de se desfazer considerados EEE, incluindo todos os componentes, subconjuntos e consumíveis que fazem parte do produto no momento da devolução ou descarte do mesmo. As categorias de produtos que são consideradas na Diretiva da União Europeia 2002/96/EC estão dispostas no Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Categorias de EEE previstos pela Diretiva 2002/96/EC da União Europeia

N.	Categoria
1	Grandes eletrodomésticos
2	Pequenos eletrodomésticos
3	Equipamentos de informática e de telecomunicação
4	Equipamentos de consumo
5	Equipamentos de iluminação
6	Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de grandes ferramentas industriais fixas)
7	Brinquedos, equipamentos de lazer e equipamentos esportivos
8	Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados)
9	Instrumentos de monitoramento e controle
10	Distribuidores automáticos

Fonte: Diretiva 2002/96/EC

Rodrigues (2007) afirmou que não existia um padrão mundial para a nomenclatura desse tipo de resíduo. Porém, hoje, independente da quantidade e do tipo de produto que cada país escolhe como objeto para elaboração de políticas de REEE, o desenvolvimento de políticas sobre regulamentação desses resíduos está seguindo uma tendência com relação a nomenclaturas e definições de conceitos encontrados entre os principais países produtores e consumidores desses produtos, como demonstrado abaixo:

- **Português:** REEE (Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos), Lixo eletroeletrônico, e-lixo, resíduo tecnológico;
- **Inglês:** WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), e-waste, e-crap;
- **Espanhol:** Bajura Eletronica, RAEE (Resíduos de Aparatos Elétricos e Eletrônicos);
- **Frances:** DEEE (Déchets d'Equipement Électrique et Électronique), e-Déchets.

Nessa mesma linha, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em um estudo publicado em dezembro de 2011 pela Convenção de Basiléia<sup>11</sup> intitulado “Where are WEee in África?” (UNEP/BASEL, 2011), utiliza a mesma definição presente nas diretivas da União Europeia para classificar os REEE. Na China, no Japão, nos Estados Unidos e no Canadá também é utilizada a sigla “WEEE”, o que demonstra o protagonismo da iniciativa europeia que se iniciou há mais de 10 anos.

No Brasil os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos não eram abordados especificamente até a aprovação em 2010 da Lei 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) criando a obrigatoriedade de implantação da Logística Reversa para determinados tipos de resíduos inclusive os eletroeletrônicos. Essa lei ficou em tramitação durante 21 anos e hoje passa a ser um marco regulatório para as ações de todos os setores, uma vez que aborda conceitos, técnicas e procedimentos que tratam de todos os tipos de resíduos sólidos. Durante todos esses anos em que a lei ficou em tramitação ocorreram esforços no sentido de dar amparo legal sobre o tema por parte de alguns órgãos no país. Foi o caso do CONAMA, por exemplo, que produziu o primeiro registro sobre REEE no Brasil. Conforme apresentado na pesquisa de Rodrigues (2007) foi através do Parecer Técnico 29/2002 - PRORISC<sup>12</sup>, que a ONG SODERMA (Sociedade de Defesa Regional do Meio Ambiente), representante de ONGs da região sudeste, encaminhou ao CONAMA uma solicitação de esclarecimento quanto aos procedimentos para destinação adequada dos REEE. A assessora do PRORISC da SQA<sup>13</sup> do Ministério de Meio Ambiente elaborou seu parecer com algumas considerações e recomendações. A principal consideração que vale destaque se refere à constatação do órgão de que a legislação brasileira não classificava como resíduos perigosos os computadores em desuso, apesar de reconhecer que muitos de seus componentes eram considerados perigosos. A recomendação final foi a de que esse tipo de resíduo deveria ser disposto

---

11 A Convenção de Basiléia sobre o Controle dos Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, foi concluída em Basiléia, Suíça, em 22 de março de 1989. A Convenção procura coibir o tráfico ilícito dessas substâncias e prevê a intensificação da cooperação internacional para a gestão adequada desses resíduos baseados no princípio do consentimento prévio e explícito para a importação, exportação e o trânsito de resíduos perigosos. (fonte: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-basileia>);

12 PRORISC (Projeto de Redução de Riscos Ambientais Maria Luiza Jungles).

13 SQA (Secretaria de Qualidade Ambiental).

adequadamente em aterros especiais, licenciados para resíduos Classe I (perigosos).

Dois anos depois, através da Norma da ABNT<sup>14</sup> NBR 10.004/2004 (elaborada inicialmente em 1987 e revisada em 2004) deu-se o primeiro passo no Brasil para estabelecer um plano de gestão adequado para resíduos quando foi criada a classificação para os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde. De acordo com a Norma, a classificação de resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem. A Norma define Resíduos Sólidos como: resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. De acordo com a NBR 10.004 os resíduos podem ser classificados em: Classe I – Perigosos e Classe II – Não Perigosos, que são subdivididos em: A – não inertes e B – inertes.

Por outro lado, o CONAMA, a partir das definições da ABNT desenvolveu suas resoluções para tratar especificamente de algum tipo de resíduos, como por exemplo, a Resolução 313/2002. Essa Resolução dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais e controla a geração, o armazenamento, o transporte, a disposição final e o tratamento de resíduos sólidos industriais. Portanto, até a aprovação da PNRS apenas recebia tratamento adequado aqueles REEE que se enquadravam em uma dessas regulamentações, ou seja, considerados perigosos.

Já os chamados Resíduos Sólidos Urbanos, resultantes de atividades domésticas e comerciais das cidades, varia de população para população, dependendo da situação socioeconômica e das condições e hábitos de vida de cada um. Por isso, em muitos casos aonde não há um canal de reciclagem dos REE as companhias gestoras do RSU acabam recebendo involuntariamente alguns tipos

---

<sup>14</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas.

de REEE. O RSU é de responsabilidade dos municípios que raramente consideram a possibilidade de existir esse tipo de resíduo misturado, podendo causar grandes problemas de contaminação nos aterros municipais. No caso do município do Rio de Janeiro, na Lei 4.969/08, que dispõe sobre a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, é mencionada a regulamentação para destinação adequada dos resíduos de produtos eletro-eletrônicos que, possuindo ou não pilhas ou baterias em sua estrutura, contenham metais pesados ou outras substâncias tóxicas. Além disso, a mesma lei ainda trata dos resíduos recicláveis, mas atribui à COMLURB<sup>15</sup> a edição das normas técnicas pertinentes e a fiscalização das atividades. De qualquer forma, far-se-á uma análise mais aprofundada das legislações municipais, estaduais e o papel da COMLURB na gestão dos REEE no município do Rio de Janeiro mais adiante nesse trabalho.

Ao mesmo tempo em que no Brasil se inicia um tratamento especial aos resíduos no início da década de 1990, também surgem nessa época iniciativas que pretendem controlar o comércio internacional de resíduos, principalmente os perigosos e seu transporte em território nacional. É o caso, por exemplo, da Resolução CONAMA N°452/2012 (revoga uma série de Resoluções desde 1991<sup>16</sup>) que dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Já a Resolução CONAMA n° 1A, de 23 de janeiro de 1986, dispõe sobre o transporte de produtos perigosos em território nacional. Também está presente na RECOMENDAÇÃO N° 006 do CONAMA, de 14 de janeiro de 2008, que é necessário que se estabeleça mecanismos de integração com as políticas públicas de segurança de modo a melhorar a eficiência no combate ao tráfico ilegal de substâncias e resíduos proibidos e controlados.

Porém, apesar dos esforços de regulamentação, os dados oficiais sobre os fluxos desses resíduos no Brasil e principalmente sobre sua exportação ainda é uma incógnita. Por outro lado, durante a investigação de campo para essa pesquisa apareceram indícios de que algumas empresas brasileiras estão exportando placas

---

<sup>15</sup> Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro.

<sup>16</sup> Revoga as Resoluções números: 08, de 1991; 23, de 1996; 235, de 1998; e 244, de 1998.

de circuito impresso para países da Europa, Estados Unidos e Japão. Tal aspecto será discutido no capítulo 4.

### **3.2.**

#### ***Composição e riscos dos REEE:***

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos passaram a receber um cuidado maior quando os riscos de contaminação ao meio ambiente e às pessoas foram potencializados pela enorme quantidade de geração e má gestão desses resíduos. Além disso, em um ambiente de futura escassez de recursos naturais os metais valiosos e outros tipos de materiais rentáveis presentes nesses compostos representam uma excelente oportunidade de geração de riquezas. No entanto, essa tarefa em alguns casos é tão complexa quanto rentável. Cada equipamento a ser reciclado possui um conjunto de componentes específico, com quantidades e qualidades distintas de inúmeros materiais valiosos, recicláveis ou tóxicos. Ou seja, o resíduo de equipamentos eletroeletrônicos é bastante diverso e complexo em termos de materiais e componentes. A correta caracterização dessa espécie de resíduo é fundamental para o desenvolvimento de um sistema que permita a sua reciclagem com baixo custo operacional bem como satisfatório do ponto de vista ambiental. Esta seção procura mostrar alguns dos principais componentes do REEE e suas características.

Os equipamentos elétricos e eletrônicos em geral possuem vários módulos básicos. Os módulos básicos comuns a esses produtos geralmente constituem-se de placas de circuitos impressos, cabos, fios, plásticos antichama, comutadores e disjuntores de mercúrio, equipamentos de visualização, como telas de tubos de raios catódicos (Cathode Ray Tubes - CRT) e de cristal líquido (Liquid Crystal Display - LCD), pilhas e baterias, meios de armazenamento de dados, dispositivos luminosos, condensadores, resistências, relês, sensores, conectores, entre outros (CETEM/MCT, 2010). Rodrigues explica que os REEE genericamente podem conter mais de mil substâncias diferentes, muitas das quais são altamente tóxicas, tais como chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, cromo hexavalente e os retardantes de chama bromados e halogenados, que geram dioxinas e furanos quando incinerados. São utilizados também muitos metais preciosos e raros, como ouro, prata, platina, tálio, berílio, gálio, índio, selênio e

zinco (RODRIGUES, 2007). Alguns desses elementos estão listados e relacionados na tabela abaixo de acordo com o dano potencial causado à saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 2: Características de alguns metais presentes nos REEE.

Metais	Danos potenciais à saúde humana	Danos potenciais ao meio ambiente	Aplicações nos equipamentos eletrônicos
<b>Retardadores de Chama Bromados</b>	Cancerígenos e neurotóxicos: podem interferir na função reprodutora.	Podem ser solúveis em água, voláteis, bioacumulativos e persistentes. Em incineradores geram dioxinas e furanos.	Computadores e televisores.
<b>Cádmio</b>	Possíveis efeitos irreversíveis nos rins e podem provocar câncer e desmineralização óssea; manifestações digestivas (náusea, vômito, diarreia); problemas pulmonares; envenenamento (quando ingerido); pneumonite (quando inalado).	Bioacumulativos, persistente e tóxico para o meio ambiente.	Resistores, detectores de infravermelho e semicondutores e nas versões mais antigas de raios catódicos. Estabilizador para plástico.
<b>Cromo</b>	Provocam reações alérgicas em contato com a pele, é cáustico e genotóxico.	Absorção celular muito fácil pelas plantas e animais dos efeitos tóxicos.	Cromo e seus óxidos são amplamente utilizados devido à sua condutividade elevada e propriedades anti corrosivas
<b>Chumbo</b>	Danos no sistema nervoso, endócrino, cardiovascular e rins; dores abdominais (cólica, espasmo e rigidez); disfunção renal; anemia, problemas pulmonares; neurite periférica (paralisia); encefalopatia (sonolência, manias, delírio, convulsões e coma).	Acumulação no ecossistema, efeitos tóxicos na flora e fauna e microrganismos.	Soldas nos circuitos impressos e outros componentes e tubos de raios catódicos nos monitores e televisores.
<b>Mercúrio</b>	Possíveis danos cerebrais e cumulativos e podem passar para o feto. Gengivite, salivação, diarreia (com sangramento); dores abdominais (especialmente epigástrico, vômitos, gosto metálico); congestão, inapetência, indigestão; dermatite e elevação da pressão arterial; estomatites (inflamação da mucosa da boca), ulceração da faringe e do esôfago, lesões renais e no tubo digestivo; insônia, dores de cabeça, colapso, delírio, convulsões.	Pode tornar-se solúvel em água; acumula-se nos organismos vivos.	Termostatos, sensores de posição, chaves, relés, lâmpadas descartáveis, equipamentos médicos, transmissão de dados, telecomunicações e telefones celulares, baterias, interruptores de residências e placas de circuito impresso.
<b>Bário</b>	Inchaço do cérebro, fraqueza muscular, danos no coração, fígado e no baço.	Acumula-se no meio-ambiente	Painel frontal do CRT.
<b>Cobre</b>	Pode gerar cirrose hepática.	As partículas, dependendo do tamanho, sofrem deposição seca ou são arrastadas pela água da chuva.	Presente em vários componentes eletrônicos.
<b>Arsênio</b>	Agente Concerígeno, afeta o sistema nervoso e cutâneo por inalação ou toque.	Arsênio não podem ser destruídos no meio ambiente	Aparelhos celulares.
<b>Zinco</b>	Quando inalado provoca vômitos, diarreias e problemas pulmonares.	O zinco pode entrar no corpo através do trato digestivo quando você come alimentos ou beber água que o contenham	Baterias de aparelhos celulares e laptops.
<b>Manganês</b>	Quando inalado provoca anemia, dores abdominais, vômitos, seborréia, impotência, tremor nas mãos e perturbações emocionais.	Entram nas cadeias alimentares através da ingestão da água contaminada ou de produtos agrícolas irrigados com esta água.	Computadores e celulares.
<b>Cloreto de Amônia</b>	Quando inalado acumula-se no organismo e provoca asfixia.	Grande vazamento pode causar danos ou matar a vegetação	Baterias de aparelhos celulares e laptops.
<b>PVC</b>	Quando inalado provoca problemas respiratórios.	Os três maiores estabilizantes do PVC resistem à sua metabolização e transformam-se em poluentes globais.	Usado em fios para isolar correntes.

Fonte: Adaptado de: NATUME et al, 2011; MATTOS et al, 2008; PALLONE, 2012.

### 3.2.1. Placas de circuito impresso

De todos os componentes presentes em um equipamento eletrônico a placa de circuito impresso (PCI – Ex: Figura 4) é uma das partes mais essenciais para prover interconexões eficientes entre as diversas partes que formam o EEE, como por exemplo: telas, teclado, painéis de comando, periféricos, entre outros. Por serem muito complexas, geralmente possuem mais do que uma camada de circuitos, o que faz com que sejam as maiores responsáveis pelo consumo de diversos tipos de metais preciosos e metais especiais.

“Dessa forma, são um importante agente na demanda mundial de metais, mesmo com o desenvolvimento de novas técnicas e materiais para baratear a produção, melhorar a eficiência, aumentar a quantidade de funcionalidades e reduzir os tamanhos” (SENA, 2012).

As placas de circuito impresso constituem cerca de 3% em peso do total da sucata proveniente de equipamentos eletrônicos descartados e é composta de resina epóxi, à qual é adicionado um retardante de chama bromado, fibra de vidro e cobre. Os circuitos integrados e as outras partes eletrônicas geralmente contêm, além da resina epóxi, silício, ouro, prata, níquel, ferro, alumínio e outros metais que são unidos às placas por solda contendo chumbo e estanho. Todos os materiais componentes podem ser reciclados, entretanto a presença de chumbo na solda e de aditivos antichama fazem com que as atividades para a recuperação dos metais mereçam atenção redobrada em relação aos riscos à saúde dos trabalhadores envolvidos. (CETEM/MCT, 2010)



Figura 4: PCI de um Tablet Ainol Novo 7 Fire/Flame.  
Fonte: AINOL, 2012.

### 3.2.2. Tubo de Raios Catódicos (TRC) e as novas tecnologias

Um Tubo de Raios Catódicos (TRC) representa aproximadamente 50% do peso total de um monitor de vídeo e consiste basicamente de uma ampola de vidro, com uma tela de imagem na frente, um canhão eletrônico e uma unidade defletora na parte de trás, Figura 5. A tela de imagem possui um alto percentual de bário (13%), usado com a finalidade de evitar a exposição à radiação e é recoberta por uma camada de fósforo sensível à luz (fluorescente), composta basicamente de sulfeto de zinco (ZnS) e metais raros (Ítrio e Európio). Uma última camada de alumínio é aplicada para melhorar o brilho da imagem (LEE et al, 2004). Segundo esses autores, o revestimento fluorescente colorido possui vários metais que podem poluir seriamente o meio ambiente, como o óxido de chumbo que está presente na composição do vidro do cone em mais de 28% (LEE et al, 2000).

Hoje, esse tipo de equipamento está obsoleto com o surgimento das novas tecnologias dos televisores de telas de cristal líquido (Liquid Crystal Display – LCD), LED e Plasma. Dessa maneira, se observa um movimento mundial de substituição de aparelhos antigos por novos. Esse movimento vai acabar por alimentar todas as cadeias existentes de reciclagem, formal e informal, e muitos terminarão descartados sem nenhum tratamento ou processados sem controle oferecendo muitos riscos. Esse movimento está demonstrado na Figura 6 que se segue. Além disso, essas novas tecnologias representam um desafio ainda maior para a reciclagem de materiais devido ao altíssimo nível de complexidade presente em seus componentes.



Figura 5: Tubo de Raio Catódico.

Fonte: ELETRONLIVRE, 2011.

## Obsolescência Técnica

### O fim do tudo de raio catódico (TRC)?

Vendas Americanas

Milhões de unidades

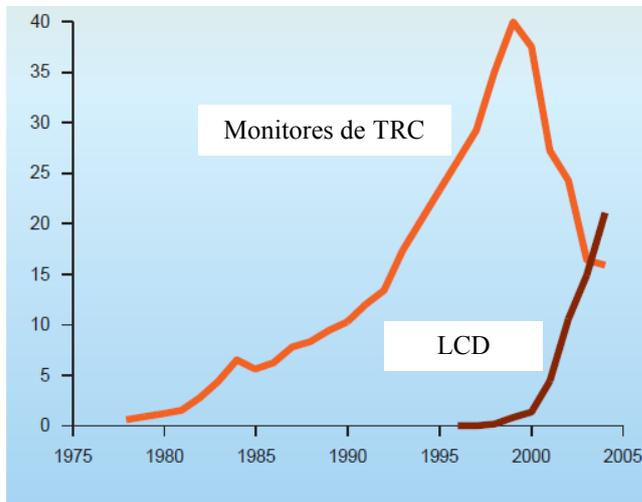


Figura 6: Obsolescência dos TRC.

Fonte: UNEP/BASEL, 2012.

### 3.3.

#### As oportunidades do resíduo eletroeletrônico

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA., 2011b) acredita que apesar dos REEEs representarem cerca de dois por cento do fluxo de resíduos sólidos urbanos naquele país eles reúnem grande quantidade de interesse por várias razões:

1. Rápido crescimento e mudança neste setor de produtos, levando a um fluxo constante de novas ofertas de produtos e uma ampla gama de produtos utilizados que necessitam de gestão adequada;
2. Uso intensivo de energia e materiais diversos que vão para a fabricação de produtos eletrônicos representando uma grande quantidade de energia e recursos escassos incorporados nesses produtos, muitos dos quais podem ser recuperados;
3. A presença de substâncias de interesse em alguns produtos eletrônicos, especialmente os mais antigos, merecendo uma maior atenção quanto à gestão do final do ciclo de vida desses produtos;

4. As oportunidades para a conservação de recursos e/ou recuperação destes por meio de uma coleta e reciclagem de REEEs eficiente.

Os metais preciosos também representam apenas uma pequena percentagem do peso total dos REEE, no entanto, a concentração de tais metais, como o ouro, é mais elevada em um computador pessoal, ou num eletrônico de maneira geral, do que a que ocorre naturalmente no minério de ouro. Conforme o Serviço Geológico dos EUA publicou em 2001 (USGS, 2012), uma tonelada de lixo eletrônico produz mais ouro do que é possível extrair de 17 toneladas de minério de ouro. A Figura 7 mostra o desperdício de matéria prima em depósito informal de PCI na China.



Figura 7: Depósito ao ar livre de PCI's na China.

Fonte: EWASTE, 2012.

Sena (2012) demonstra que apesar de serem utilizados muitos tipos diferentes de materiais na composição dos EEE sua produção impacta pouco a produção mundial de ferro, alumínio e sílica, mesmo tendo um percentual relativamente alto desses materiais em sua composição. No entanto, há uma série de metais que, apesar de terem baixo percentual de utilização na composição do EEE, acabam tendo uma grande parte da produção mineral mundial voltada para atender as necessidades da indústria elétrica e eletrônica.

Conforme comenta SCHLUEP (2009) eletrônicos consomem aproximadamente 80% da produção de índio para fabricação das telas

transparentes de LCD, mais de 80% de rutênio para possibilitar a gravação magnética nos discos rígidos de computadores, e 50% da produção mundial de antimônio para retardantes de chamas. No caso particular do índio, por exemplo, um subproduto dependente da já limitada mineração do zinco e utilizado na fabricação de telas touchscreen, seu preço foi multiplicado por mais de seis vezes nos últimos cinco anos, tornando-o mais caro que a prata (LEITE, 2011). Esses dados contribuem para a compreensão de que uma gestão eficiente dos REEE tenderia a ser mais lucrativa do que o processo de mineração para aquisição desses componentes na natureza. Assim, com a inovação tecnológica constante surgem cada vez mais oportunidades no mercado de reciclagem de REEE.

### 3.3.1.

#### **Etapas da cadeia de reciclagem de resíduos eletrônicos**

Conforme demonstrado em estudo realizado pelo Centro de Tecnologia Mineral do Ministério de Ciência e Tecnologia (CETEM/MCT 2010), o processo de reciclagem desse tipo de resíduo se inicia na coleta especial quando os REEE são destinados às centrais de pré-processamento. Nessas centrais os resíduos passam por 3 processos: desmanche; fragmentação; e separação, como apresentado na Figura 8 Na sequência é necessário um método diferente de recuperação de materiais para cada módulo desses equipamentos fragmentados e separados para então serem encaminhados às indústrias que utilizam cada tipo de matéria prima.

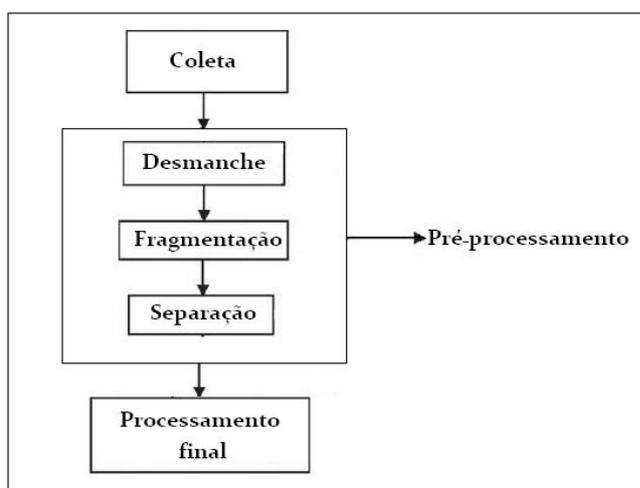


Figura 8: Diagrama Resumido das Etapas de Tratamento de REEE

Fonte: CETEM/MCT, 2010.

Ou seja, o resíduo eletrônico é constituído de compostos que apresentam um determinado valor agregado. Assim, há que se ter em mente que ao se levantar a temática sobre a reciclagem dos resíduos de origem eletrônica está se tratando de uma integração complexa de numerosas tecnologias e processos. Sendo assim, o tratamento desse tipo de resíduo necessita de diversas etapas, as quais precisam ser bem delineadas para que esse tratamento seja bem sucedido. Existem duas etapas do processo mostrado acima que merecem destaque, a *separação* e o *processamento final* (CETEM/MCT 2010).

### 3.3.1.1. Separação

Em decorrência das inúmeras substâncias presentes em resíduos oriundos de material eletrônico, a separação para posterior tratamento consiste em uma etapa importante e laboriosa do processo. Existem dois métodos de separação que são amplamente utilizados: a separação eletromagnética e a flotação. No caso específico do resíduo eletrônico, existem ainda outros métodos que vêm sendo desenvolvidos e aplicados para a separação de seus fragmentos, dentre os quais se destacam: a separação por vibração e a triagem óptica (*optical sorting*).

- Separação por vibração

Como o material proveniente da fragmentação de rejeitos eletrônicos consiste em uma mistura não uniforme e de propriedades muito variáveis, tais como: tamanho, densidade, forma etc.; estas diferenças podem ser utilizadas para separá-las sob a influência de vibração a uma determinada frequência, conforme demonstrado na figura 9. Esta técnica tem como ponto de partida a utilização da granulometria do material para a separação dos constituintes de uma mistura heterogênea, baseando-se no chamado “Brazil Nut Effect - NBE”. Sob a ação do NBE as partículas de granulometria heterogênea, sob a ação de uma determinada vibração, separam-se das partículas maiores, migrando para o topo da mistura e as menores, por sua vez, depositando-se no fundo do recipiente.

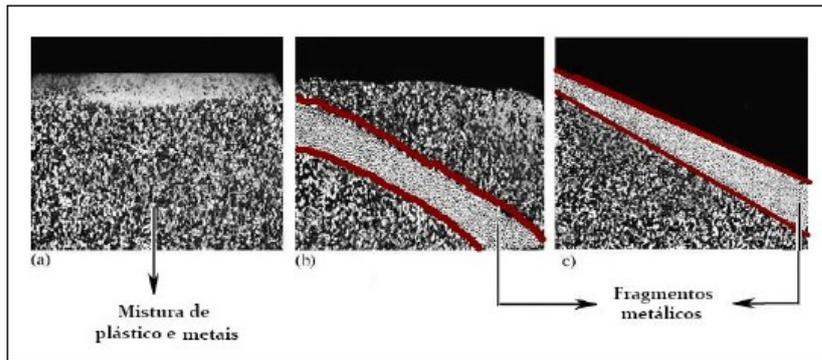


Figura 9: Comportamento de uma mistura contendo plásticos e metal sob agitação a uma frequência de 40 Hz após (a) 0 s, (b) 30 s e (c) 250 s.

Fonte: CETEM/MCT, 2010.

- Triagem óptica

Com o rápido desenvolvimento de sensores, da ciência da computação e da criação de novos softwares, o processo de triagem óptica (*optical sorting*) vem sendo empregado especialmente na reciclagem de bens metálicos não renováveis, na indústria de processamento mineral e, ainda, de forma crescente no tratamento de resíduos de origem eletrônica. Particularmente na identificação da presença de metais preciosos, o desenvolvimento contínuo de sensores ópticos mais sofisticados possibilita a operação de triagem automatizada. A medição das propriedades físico-químicas das partículas, como: cor, textura, morfologia, condutividade dentre outras; proporciona uma elevada qualidade na classificação de materiais mistos em frações específicas. Conforme demonstrado na Figura 10, um aparelho de triagem óptica é constituído por sensores de condutividade que, a partir de leituras eletromagnéticas, identificam uma grande variedade de metais; e/ou linha de câmeras de alta velocidade, que identificam cerca de 1 bilhão de cores no material sobre a esteira e transmitem em milissegundos as informações obtidas a um computador de alto desempenho. Um sistema de ejeção pneumático, composto por uma bateria de válvulas, direciona, por intermédio de jatos de ar pressurizado, o material de interesse para distintos compartimentos.

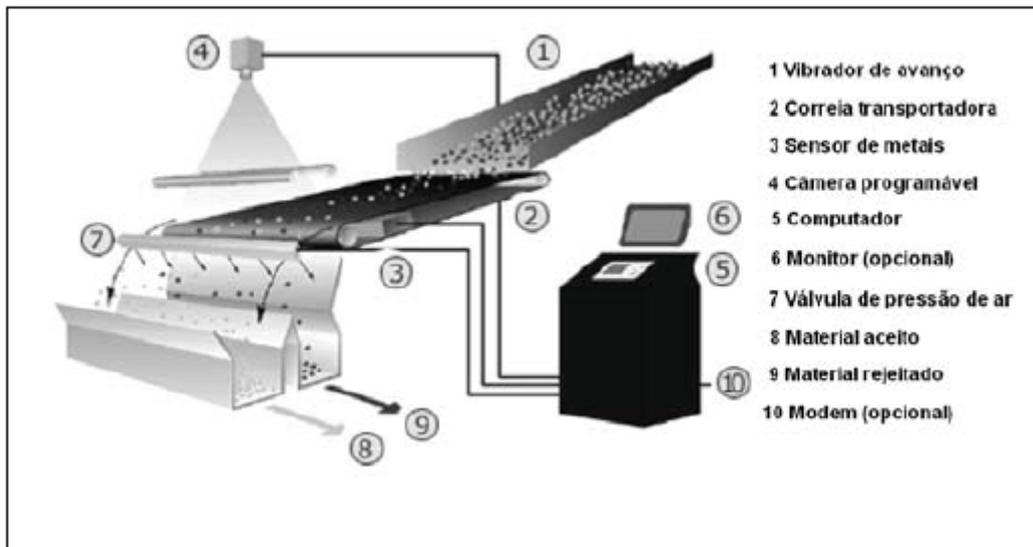


Figura 10: Visão esquemática de um sistema de triagem óptica.

Fonte: CETEM/MCT, 2010.

- Separação Magnética

Neste processo, as partículas metálicas são carregadas eletricamente por indução. Esta indução eletrostática praticamente não exerce qualquer efeito sobre as partículas não-metálicas presentes no meio. Por fim, forças de um campo elétrico fornecido por um eletroímã rotatório atuam na separação dos diferentes tipos de partículas (Figura 11).

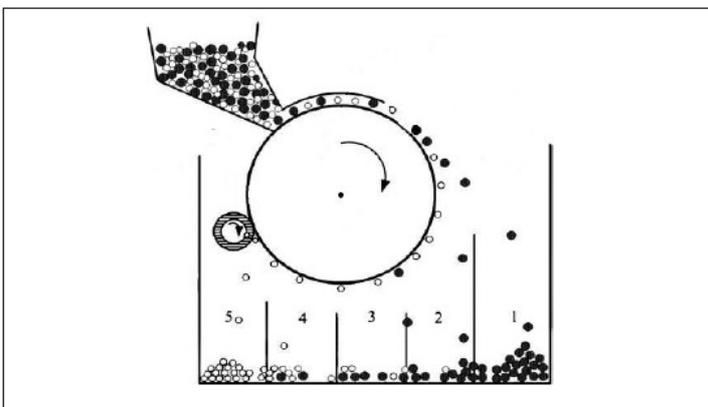


Figura 11: Figura esquemática de um eletroímã rotatório.

Fonte: CETEM/MCT, 2010.

- Flotação

A flotação é uma maneira eficiente e econômica de separar o material polimérico presente basicamente em carcaças, suportes e presilhas de fixação dos circuitos e componentes eletrônicos. O processo se baseia na diferença de densidade e no comportamento físico-químico das superfícies das partículas presentes numa suspensão aquosa. Reagentes específicos podem ser utilizados para permitir a recuperação seletiva do material de interesse por adsorção em bolhas de ar. Os equipamentos tradicionalmente adotados se dividem em duas classes, mecânicos e pneumáticos, dependendo do dispositivo utilizado para efetivar a separação.

### **3.3.1.2.**

#### **Processamento final**

O processamento final é a parte mais tecnológica do processo e quando não é realizado por empresas especializadas é operada em etapas por pessoas físicas através de métodos rústicos bastante perigosos em locais não preparados em muitos países do mundo. Em empresas de grande porte e que possuem uma estrutura adequada para realizar o tratamento dos resíduos eletrônicos esta etapa consiste no refino e reaproveitamento dos materiais metálicos e recicláveis e subsequente disposição final de resíduos não aproveitáveis.

A recuperação dos metais de interesse econômico emprega, via de regra, técnicas metalúrgicas, tais como: processamento pirometalúrgico e processamento hidrometalúrgico, os quais envolvem um largo número de reações químicas. Ultimamente, o processo de biolixiviação vem sendo utilizado no tratamento e recuperação de metais como uma alternativa aos métodos tradicionais para esse fim e, em decorrência da presença dos inúmeros metais presentes em sucatas eletrônicas, o processo de biolixiviação vem encontrando aplicação como método alternativo para o tratamento desse tipo de resíduo.

Devido ao objetivo desse estudo esse tema não será abordado tecnicamente e em profundidade, já que para se entender a cadeia de gestão dos REEE é

necessário compreender os processos durante todo o ciclo de vida pós-consumo desses produtos e não especificamente as técnicas de reciclagem desses materiais. Contrapondo-se aos métodos tecnológicos de processamento dos REEE, nas Figuras 12 e 13 encontram-se exemplos de processamento final de placas de circuito impresso (PCI) na Índia, visivelmente precário, perigoso e com elevado potencial de risco ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores.



Figura 12: Processamento final de PCI na Índia

Fonte: EWASTE, 2012.



Figura 13: Processamento final de PCI na Índia

Fonte: EWASTE, 2012.

### 3.4.

#### **Produção, políticas e fluxos de REEE no mundo: UE EUA; China; Japão e África.**

A cadeia mundial de reciclagem de resíduos tecnológicos é uma densa trama que envolve diversos atores públicos, privados, a própria sociedade civil e alguns agentes informais. Como são poucos os países que detêm as tecnologias de processamento para reciclagem desses resíduos, naturalmente surge um fluxo internacional entre países produtores, consumidores e recicladores. Organismos internacionais como a Organização das Nações Unidas além de inúmeras agências e institutos estão promovendo uma série de debates, estudos e regulamentações na tentativa de ordenar e gerir esse fluxo, até então caótico, de resíduos eletroeletrônicos. Ao mesmo tempo, muitos países estão se estruturando legalmente e aplicando princípios modernos de gestão e responsabilização para conter os impactos que estão surgindo devido à dificuldade ou escassez de mecanismos de gestão. Algumas empresas também começam a perceber a rentabilidade desse mercado formal e estruturam seus negócios dentro das melhores práticas. Entender essa dinâmica requer que iniciemos com uma breve exposição do cenário de produção dos REEE no mundo para em seguida discutirmos as ações que os principais países produtores, consumidores e recicladores estão realizando.

De acordo com o projeto e-Steward da Basel Action Network (E-STEWARDS, 2012) os fluxos dos resíduos de equipamentos eletrônicos são os que mais crescem em muitos países. Essa informação é suportada pelo dado de que existem mais de 300 milhões de computadores e um bilhão de telefones celulares sendo produzidos a cada ano no mundo. Todos estes aparelhos se tornam obsoletos ou indesejados, muitas vezes, dentro de 2 a 3 anos após a compra. O mesmo estudo afirma que esta montanha global de resíduos deverá continuar crescendo 8% ao ano, por tempo indeterminado. Já para a ONU (UNEP, 2006), em 2006 era gerado no mundo algo em torno de 20 a 50 milhões de toneladas de REEE/ano equivalendo a aproximadamente 5% da média total dos resíduos sólidos municipais gerados em todo o planeta. Ao mesmo tempo, estudos demonstram que em 2011 foram adquiridos aproximadamente 1.6 bilhões de produtos eletrônicos em todo o mundo, um acréscimo de 100 milhões de unidades

em comparação com 2010 (TAKEBACK, 2012). Todos esses produtos serão descartados em poucos anos demandando uma série de cuidados e procedimentos envolvendo todas as instâncias da cadeia do ciclo de vida desses produtos. Dessa forma, hoje o volume de produção de resíduos eletrônicos é crescente enquanto a estrutura existente para o tratamento desses materiais ainda é muito reduzida.

Esse cenário demonstra que o resíduo gerado a partir de produtos eletrônicos “aumenta três vezes mais rapidamente que o dos outros tipos de lixo municipal.” (LEONARD, 2011). Segundo a Electronics Takeback Coalition (TAKEBACK, 2012), as razões mais comuns para o aumento dos REEE são: atualização constante de celulares; conversão para televisão (aparelho) digital; atualização de softwares (tornando hardwares obsoletos); problemas com baterias; impressoras e eletrodomésticos com vida útil reduzida; entre outros. Existe também a dificuldade encontrada para consertar um aparelho eletrônico quando ele apresenta algum defeito. Na maioria das vezes o reparo custa tão caro que é melhor adquirir um aparelho novo.

Na Figura 14 pode-se observar o total de vendas dos EEE a partir de 1980 nos Estados Unidos (USEPA, 2011b). Alguns dados são importantes e merecem destaque, como por exemplo, a redução significativa nas vendas dos monitores contendo TRC (tubos de raio catódicos “CRT”<sup>17</sup>, tanto de televisores quanto de computadores), gerando gigantescos volumes de resíduos desse produto em todo mundo e o aumento expressivo nas vendas de aparelhos celulares. Por outro lado, na Figura 10, é possível perceber que os aparelhos que estão sendo cada vez mais vendidos pesam cada vez menos. Essa informação se torna relevante a partir do momento que se entende que aparelhos mais leves, ou seja, com mais tecnologia aplicada, representam desafios ainda maiores para serem reciclados e a tendência é a de que a demanda por esses tipos de aparelhos não pare de crescer.

---

<sup>17</sup> Cathode Ray Tube

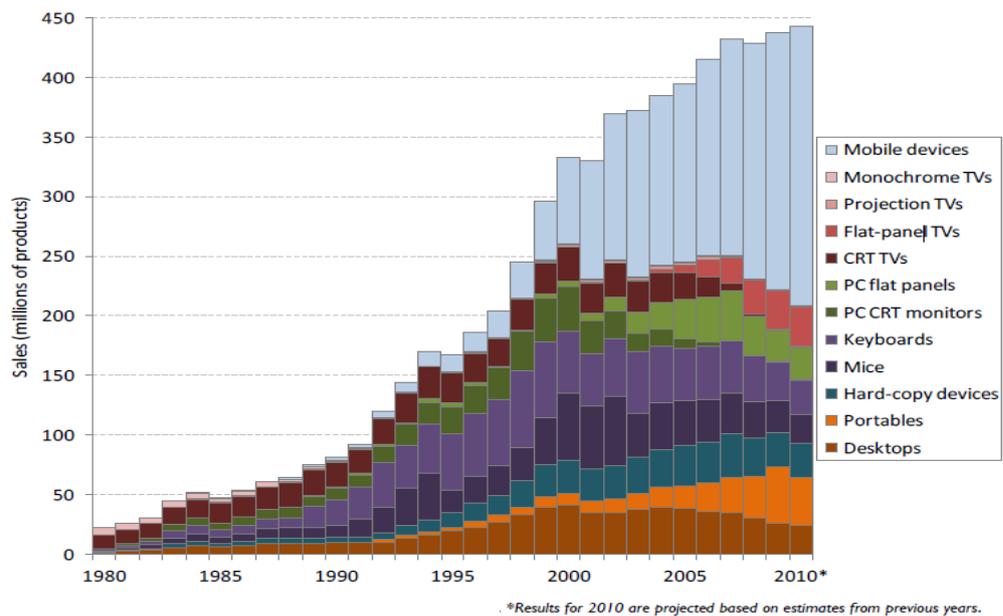
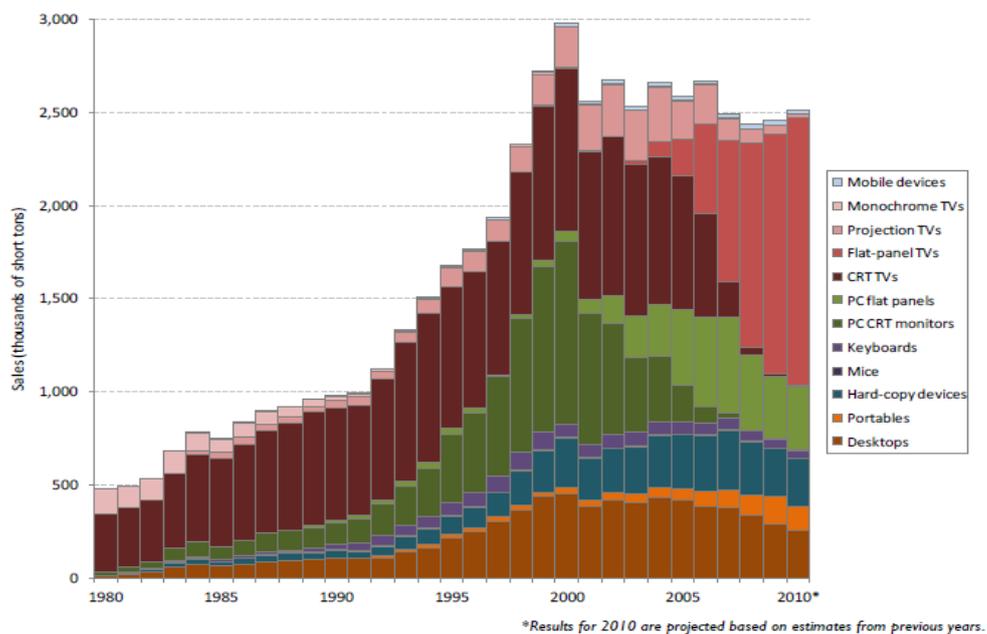


Figura 14: Vendas de EEE em milhões de produtos por ano.



Fonte: USEPA, 2011b

Figura 15: Vendas de EEE em milhares de toneladas por ano

Em outro estudo, Sena (2012), calculou uma estimativa de geração de eletrônicos que ilustra o volume mundial de geração tomando como base o volume gerado no início de 2005 e utilizando como taxa de crescimento a mesma empregada para se estimar a população mundial até o ano de 2050. Essas informações estão na tabela 3.

Tabela 3: Crescimento vegetativo de REEE no mundo com projeção até 2050.

Ano	Qnt. Mín. REEE	Qnt. Máx. REEE
2005	20.000.000	50.000.000
2010	21.199.285	52.998.211
2020	23.556.456	58.891.140
2030	25.689.674	64.224.186
2040	27.545.159	68.862.898
2050	29.139.370	72.848.426

Fonte: SENA, 2012.

O autor explica que seus cálculos para a elaboração dessa projeção foram realizados baseados na taxa de crescimento vegetativo da população mundial. Todavia, Sena afirma que há fontes que sugerem uma taxa de crescimento do lixo eletroeletrônico de até 5% ao ano. Se esse crescimento se confirmar, em 2013 já terá sido ultrapassado o volume de REEE esperado para 2050, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Crescimento do REEE no mundo considerando aumento de 5% ao ano

Ano	Qnt. Mín. REEE	Qnt. Máx. REEE
2005	20.000.000	50.000.000
2006	21.000.000	52.500.000
2007	22.050.000	55.125.000
2008	23.152.500	57.881.250
2009	24.310.125	60.775.313
2010	25.525.631	63.814.078
2011	26.801.913	67.004.782
2012	28.142.008	70.355.021
2013	29.549.109	73.872.772
2014	31.026.564	77.566.411
2015	32.577.893	81.444.731

Fonte: SENA, 2012.

Infelizmente, uma porcentagem extremamente pequena desse REEE é reciclada. Nos EUA, por exemplo, apenas 11% dos resíduos eletrônicos são reciclados, o restante é depositado em aterros, incinerado ou exportado ilegalmente (USEPA, 2011). Estes métodos de descarte inadequados falham em recuperar materiais valiosos ou gerenciar os materiais tóxicos com segurança.

Um dos motivos que explica a falta de gestão desses resíduos é a inexistência de incentivo financeiro para reciclagem, uma vez que geralmente o valor obtido com a reciclagem não é suficiente para cobrir os custos da gestão responsável que os países desenvolvidos exigem. Para contrapor esse cenário, alguns países já estão criando leis mais rigorosas que obrigam empresas a realizarem a gestão dos REEE, porém sem os devidos incentivos. Por esta razão, é comum que empresas ilegais de reciclagem exportem esse material para países com legislações menos rigorosas (E-STEWARDS, 2012b). Outra prática comum e antiética é o suposto envio de equipamentos e peças para reutilização em países que vivem uma situação de “exclusão” digital. Esses carregamentos podem ser rotulados falsamente como reutilizáveis e acabam nas regiões de reciclagem ilegal. Isso geralmente é uma violação da Convenção de Basileia e de leis dos países importadores e exportadores.

A seguir, apresenta-se um breve resumo sobre as principais ações que estão sendo realizadas na União Europeia, nos Estados Unidos, no Japão, na China e na África.

#### **3.4.1. União Europeia**

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, considerando que a Diretiva 2002/96/CE (relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos) deveria ser reformulada por motivos de clareza, definiu e aprovou em 19 de janeiro de 2012 um texto com novas normas que atualizaram a última Diretiva de 2003. As melhorias apontadas nessa atualização reforçam a importância da coleta e reciclagem de REEE e do *ecodesign* para EEE, já que são os resíduos que registram o mais rápido crescimento dentro da União Europeia. A

nova diretiva objetiva também evitar a transferência ilegal de REEE para outros países e cumprir a Convenção de Basileia. O texto com as modificações foi publicado pelo Jornal Oficial da União Europeia em 24 de julho 2012 com o título de Diretiva 2012/19/UE relativa aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Além disso, foram elaboradas alterações no sentido de aumentar a quantidade mínima de resíduos que os Estados-Membros estão obrigados a recolher e reciclar. Por outro lado, o modo como é feita a medição das quantidades passou a ser em função do número de equipamentos que o país coloca em seu mercado, e não mais do seu número de habitantes, como acontecia. A quantidade mínima de REEE recolhidos anualmente, estabelecida pela Diretiva de 2003, é de 4 kg por habitante e pelas novas regras é estipulado que a partir de 2016 a maioria dos Estados-Membros terá de recolher 45 toneladas de REEE para cada 100 toneladas colocadas no mercado nos três anos anteriores. A partir de 2019, a taxa de recolhimento mínima aumentará para 65%. A reciclagem dos REEE terá também de aumentar para 80% para certas categorias de produtos.

Considerando que a coleta é uma condição prévia para melhorar os índices de reciclagem, a UE se preocupou em amarrar no novo texto a obrigação do consumidor em contribuir ativamente com essa importante ação. Para melhorar a participação deles, serão disponibilizados em lojas varejista pontos de coleta para REEE pequenos, como celulares. Além disso, deverão ser criadas instalações adequadas para a entrega de REEE, incluindo centros de recolhimento públicos onde as pessoas possam entregar esses resíduos sem encargos.

Também fica claro que, ao prever a responsabilidade do produtor, a atual diretiva incentiva a concepção e a fabricação de EEE que incorpore a possibilidade de reparo, eventual atualização, reutilização, desmontagem e reciclagem. Assim, fica evidente a preocupação da comunidade europeia quanto à obsolescência programada e a responsabilidade do produtor de fornecer produtos que tenham um ciclo de vida mais longo e sejam feitos de materiais recicláveis.

### 3.4.2. Estados Unidos

Conhecidos pela liderança em inovação tecnológica e com uma das maiores taxas mundiais de produção e consumo de equipamentos eletrônicos, os EUA divulgaram recentemente sua Estratégia Nacional para Gestão de Eletrônicos (USEPA, 2011a) com assumidas características inovadoras, flexíveis e pragmáticas. O principal objetivo dessa nova estratégia americana é possibilitar o gerenciamento dos “eletrônicos”, usados hoje, de uma forma mais “sustentável” e ao mesmo tempo promover novas tecnologias inovadoras para o futuro. A estratégia parte da premissa de que uma melhor gestão dos eletrônicos através de seu ciclo de vida – do design à produção, passando pelo uso, reuso, reciclagem e disposição final – é uma oportunidade para a prevenção de danos ambientais, conservação de recursos valiosos, economia de recursos financeiros, criação de empregos e investimento no desenvolvimento econômico. Os Estados Unidos acreditam que ao implementar essa estratégia estarão lançando as bases para otimização da concepção de produtos eletrônicos e melhoria da gestão de equipamentos eletrônicos usados ou descartados. O Figura 16 demonstra a quantidade de aparelhos eletrônicos obsoletos nos EUA.

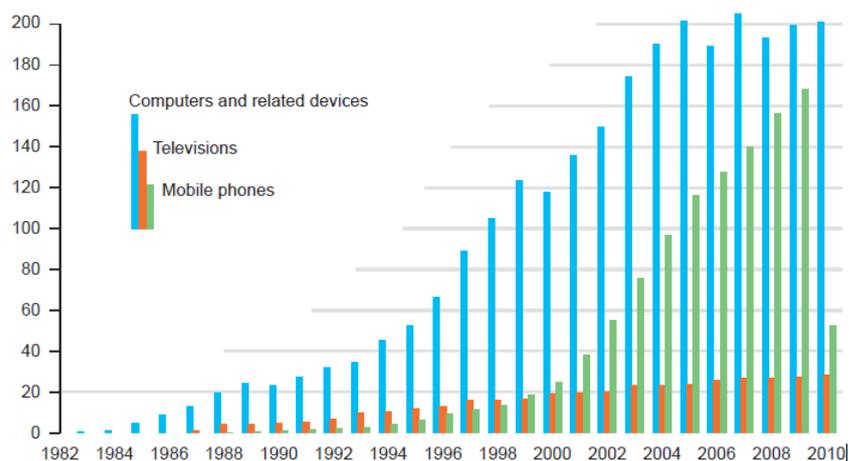


Figura 16: EEE obsoletos nos Estados Unidos.

Fonte: (USEPA, 2011a)

A Estratégia Nacional para a Gestão de Eletrônicos dos EUA apresenta quatro objetivos gerais e os projetos necessários para alcançá-los, resumidos a seguir:

1. Criar incentivos para o “Design Verde” de eletrônicos, aprimorar a ciência, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico nos Estados Unidos;
2. Assegurar a liderança do Governo Federal (americano) através do exemplo;
3. Aprimorar a gestão segura e eficaz para manuseio de equipamentos eletrônicos usados nos Estados Unidos;
4. Reduzir os danos causados pelas exportações de lixo eletrônico dos EUA e melhorar a manipulação segura de equipamentos eletrônicos usados em países em desenvolvimento;

Além dessa estratégia mais genérica, desde meados de 2011, está em trâmite o projeto de lei de Reciclagem Responsável de Eletrônicos, HR 2284<sup>18</sup>, tanto na Câmara como no Senado americano. O projeto de lei tornará ilegal exportar lixo eletrônico tóxico para países em desenvolvimento. Conforme publicação da American Metal Market (AMM, 2011) este projeto é apoiado por grupos ambientais bem como por fabricantes de eletrônicos (Dell, HP, Samsung, Apple e Best Buy), os quais já têm políticas que proíbem a exportação de lixo eletrônico para países em desenvolvimento. A HP desafiou publicamente outras empresas a se juntarem à ela no apoio à legislação. O projeto de lei também é apoiado por uma nova e crescente coalizão de empresas chamada de “*Coalition for American Electronics Recycling* (CAER, 2012). Esta coalizão inclui 56 empresas que operam mais de 100 instalações em 32 estados. Sua composição inclui empresas como a Waste Management, a Sims Recycling Solutions (a maior empresa de reciclagem de eletrônicos do mundo), a Covanta e a Alcoa.

---

<sup>18</sup>Disponível em: <http://www.govtrack.us/congress/bills/112/hr2284>

### 3.4.3. China

Em primeiro de Janeiro de 2011 a China deu mais um passo na direção de ter um maior controle sob seu mercado de REEE. O país aprovou a Regulamentação para a Administração da Recuperação e Eliminação de Resíduos Elétricos e Eletrônicos (Regulations for the Administration of the Recovery and disposal of Waste Electrical and Electronic products: RAW), muitas vezes referida como “*China WEEE Directive*”. Essa iniciativa visou padronizar a recuperação e eliminação desse tipo de resíduo.

Hong Zhang (2011), ao realizar uma análise sobre as leis e políticas que regulamentam os resíduos eletrônicos na China, afirma que aquele país reconhece ser o maior exportador de EEE e importador de REEE no mundo e desempenha um papel importante no ciclo de vida global de eletrônicos. Por isso, hoje o país está enfrentando graves problemas relacionados aos REEE devido à quantidade e toxicidade desses produtos presentes no país. A geração desses resíduos é potencializada tanto pelo crescimento da produção interna quanto pela deposição ilegal em território chinês por parte dos países desenvolvidos. Em resposta a esses problemas, o governo chinês tem desenvolvido uma série de políticas desde os anos 2000 mas nenhuma das leis aprovadas antes de 2011 se tornou abrangente com relação especificamente aos REEE, essas políticas anteriores não foram suficientes para garantir um tratamento adequado dos REEE e construir um sistema de disposição final e reciclagem eficiente, ambientalmente adequado e ético.

Para Sung-Woo Chung e Rie Murakami-Suzuki (2008) existem 3 grandes fatores que influenciam o fluxo de resíduos eletrônicos que saem dos países desenvolvidos para a China e outros países asiáticos e africanos. *O primeiro* é o baixo custo de mão de obra. Esta é uma das razões substanciais que explica esse fenômeno, os exportadores de REEE perseguem os baixos custos de tratamento. *Em segundo* lugar, a taxa de comercialização de eletrodomésticos novos na parte pobre da China é relativamente baixa enquanto a demanda por bens de segunda mão é bastante elevada. *E por fim*, as empresas de reciclagem desempenham um papel mais significativo na reciclagem de REEE na China do que nos países



Um exemplo de cidade na China que recebe parte desses fluxos é Guiyu. Esta cidade possui uma área total de 52 km<sup>2</sup> e uma população de 150.000 habitantes, sendo que desses, 100.000 trabalham no mercado da reciclagem. É uma região de cultivo de arroz e sua indústria tem sido dominada pela reciclagem de resíduos eletrônicos desde o início de 1990. Porém, os métodos utilizados para reciclagem desse material são rudimentares e inseguros. Estas práticas perigosas, apresentadas nas Figuras 18, 19 e 20 incluem (XIEZHI et al, 2008):

- Bater com martelo em tubos de raios catódicos abertos, expondo o pó tóxico de fósforo;
- Cozinhar placas de circuito em *woks* (panela tradicional chinesa) para derreter a solda de chumbo, respirando a fumaça tóxica;
- Queimar montanhas de fios em áreas abertas para derreter o plástico chegando ao interior de cobre;
- Queimar os invólucros de plástico, criando dioxinas e furanos – uma das fumaças mais tóxicas existentes;
- Descartar os indesejados, mas muito perigosos, vidros de chumbo em valas de irrigação antigas;
- Descartar ácidos puros e metais pesados dissolvidos diretamente nos rios.



Fonte: EWASTE, 2012.

Figura 18: Estação de trabalho ao lado da incineração dentro das casas. Guiyu, China.



Fonte: EWASTE, 2012.

Figura 19: Vista de dentro da casa de incineração aonde mulheres sentam perto do fogo e cozinham partes de computadores importados. Guiyu, China.



Fonte: EWASTE, 2012.

Figura 20: Trabalhadores imigrantes abrindo componentes carbonizados para remoção de cobre. Guiyu, China.

Como consequência desse processamento impactante e sem controle ambiental, o solo nesta área está altamente contaminado com metais pesados, com os éteres difenílicos polibromados (PBDEs), BFRs, PCBs e outros compostos tóxicos. Da mesma forma, a água da cidade de Guiyu foi identificada como imprópria para consumo; atualmente a água potável para abastecer a cidade tem que ser importada.

Leung (2008) também estudou a reciclagem de REEE em Guiyu, mas dessa vez a pesquisa foi direcionada para as placas de circuito impresso recicladas na região. Para avaliar a extensão da contaminação por metais pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) proveniente desse tipo de reciclagem de placas de circuitos impressos, amostras de poeira de superfície foram coletadas a partir de oficinas de reciclagem, estradas adjacentes, uma escola, e um mercado de alimentos ao ar livre. Análises revelaram elevadas concentrações médias no pó da oficina de reciclagem (Pb 110.000, Cu 8.360, Zn 4.420, e Ni 1.500 mg/kg) e na poeira de estradas adjacentes (Pb 22.600, Cu 6.170, Zn 2.370, e Ni 304 mg/kg). A concentração de chumbo e cobre na poeira da estrada foram, respectivamente, 371 e 155 maiores nos locais de processamento desses materiais comparados com as áreas de não produção localizados entre 8 e 30 km de distância onde não são processados esses materiais. Níveis de concentração encontrados no mercado de alimentos e no pátio da escola estudada mostraram que locais públicos foram impactados adversamente. A avaliação de risco realizada pelo autor previu que os níveis encontrados de chumbo e cobre provenientes de reciclagem de placas de circuito impresso têm o potencial de representar sérios riscos à saúde de trabalhadores e moradores locais de Guiyu, especialmente crianças.

O governo chinês, preocupado com o agravamento desse cenário, desenvolveu três leis aplicáveis para gestão de REEE na China que são adotadas pelo Comitê Permanente do Congresso Nacional do Povo (Standing Committee of the National People's Congress, NPC). Essas políticas podem ser classificadas em três tipos:

**Tipo 1:** políticas que se baseiam no princípio da prevenção da poluição para incentivar o *eco-design* e a *produção limpa*;

**Tipo 2:** políticas que incidem principalmente sobre o início da cadeia de REEE, com o princípio de *tratamento de fim-de-linha* (“*end-of-pipe treatment principle*”);

**Tipo 3:** políticas que tentam cobrir todo o ciclo de vida dos REEE com a promoção de conceitos como “3R” e “*economia circular*”.

Leung afirma que o desenvolvimento gradual dessas políticas mostra a crescente atenção do governo chinês sobre a gestão de REEE na última década. Foi verificado que o surgimento de operadores qualificados, como empresas privadas autorizadas a tratar os REEE, bem como os dados crescentes apresentados pelo programa “*velho por novo*”<sup>19</sup>, tornam-se importantes indicadores para o desenvolvimento da gestão dos REEE na China. De qualquer maneira, deficiências nessas políticas são encontradas e coexistem com os avanços da legislação sobre REEE naquele país.

#### **3.4.3.1. A Nova Regulamentação Chinesa: RAW**

Hoje, a RAW<sup>20</sup> é a primeira regulamentação específica sobre resíduos eletroeletrônicos na China. Isso significa que a maioria das políticas sobre REEE anteriores tiveram que seguir as disposições pertinentes apresentadas na RAW. Em relação ao quadro geral, o escopo da RAW é limitado a cinco grupos principais de aparelhos domésticos que possuem obrigatoriedade de reciclagem. De qualquer maneira, a RAW cobre quase todas as etapas (*upstream, midstream e downstream*) do sistema de gestão de REEE.

No *upstream*, a RAW especifica responsabilidades mais concretas e claras para os produtores. Uma de suas principais conquistas foi fazer com que os produtores tivessem que pagar pelo custo da reciclagem de REEE.

<sup>19</sup> Programa de compensação para os consumidores que trocam o seu EEE descartado por um novo. Estimula o consumo de eletrodomésticos e reduz a poluição por REEE.

<sup>20</sup> Em 1 de Janeiro de 2011 foi promulgada a Regulamentação de Administração da Recuperação e Eliminação de Resíduos Elétricos e Eletrônicos (RAW da sigla em inglês), muitas vezes referida como a Diretiva WEEE da China (em referência à diretiva europeia).

No *midstream*, a RAW propõe um *multi-canal* de rede de coleta e incentiva todas as instituições e indivíduos a aderirem à rede, o que nunca apareceu nas políticas anteriores.

No *downstream*, o mecanismo de financiamento da RAW está inspirando os atores envolvidos. Trata-se do fundo cobrado aos produtores direcionado ao fornecimento de subsídios para operadores de reciclagem qualificados. A RAW também especifica normas mais concretas relacionadas à reciclagem e eliminação de REEE na China. Além disso, adotou-se um procedimento de licenciamento que deve ser empregado nas empresas que realizam a gestão de REEE, o que permite que apenas operadores qualificados realizem o tratamento final desses resíduos.

Atualmente, os produtores de EEE na China, como Changhong e TCL, estão cada vez mais dispostos a direcionar esforços para a reciclagem de REEE e a se envolverem neste mercado através da criação de seus próprios programas de reciclagem nessa indústria emergente. Alguns governos locais em cidades como Haikou, Wuhan e Fengcheng entre outros, iniciaram práticas interessantes como enormes centros de reciclagem, lojas de coleta de REEE, entre outras iniciativas focadas na gestão desses resíduos. Leung explica que todos os operadores qualificados para reciclagem de REEE percebem a RAW como um apoio e um fomento à essa nova indústria. Diante desse crescimento, a maioria das empresas desse mercado planeja expandir seu negócio atual com diferentes estratégias.

#### **3.4.4. Japão**

Vizinho da China e em constante relação, o Japão é outro país que acumula larga experiência sobre reciclagem de REEE. Estimulado pelo aumento da quantidade de aparelhos elétricos e eletrônicos em seus aterros municipais e pela falta de capacidade de processamento desses resíduos, a *Home Appliance Recycling Law – LRHA* (Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos) foi um grande passo em direção à responsabilidade do produtor no Japão. Em vigor desde abril de 2001, a lei exige que os fabricantes e importadores coletem e reciclem seus próprios equipamentos eletroeletrônicos.

De acordo com estudo produzido pela Global Watch Mission (DTI, 2005), o início desse processo ocorreu na década de 1970 quando municípios japoneses passaram a exigir que eletrodomésticos usados fossem considerados “resíduos problemáticos” pelo Ministério da Previdência Social (MOW<sup>21</sup>). Com a pressão realizada pelos administradores municipais, o governo central aceitou iniciar o tratamento desses resíduos. Porém, esse trabalho em instalações municipais, para possuir qualidade e controles rigorosos, exigiu que fossem empregados trabalhadores qualificados, o que levou a um aumento nos custos de tratamento. Para reduzir esses custos de trabalho os municípios começaram a recorrer aos aterros como uma alternativa. Porém, essa ação só piorou a situação dos poucos aterros existentes naquele país, que acabaram lotados.

Chung (2008) explica que, como solução, o Japão hoje lida com os resíduos eletrônicos de duas maneiras: uma delas é através da Lei de Promoção da Utilização Eficiente de Recursos (LPEUR), que se concentra em reforçar as medidas de reciclagem de bens e reduzir a geração de resíduos. A outra, é através da Lei de Reciclagem de Tipos Especificados de Eletrodomésticos (LRHA), que impõe certas responsabilidades para os fabricantes e consumidores relacionadas à reciclagem de eletrodomésticos. A LPEUR abrange pequenas baterias secundárias e computadores pessoais designados como produtos recicláveis, enquanto a LRHA considera quatro classes de itens: aparelhos de televisão, geladeiras, máquinas de lavar e aparelhos de ar condicionado. Após revisão em dezembro de 2008, a Lei passou a incluir as secadoras de roupa e os televisores de cristal líquido (LCD) e de plasma. O fundo comum para a promulgação destas duas leis no Japão foi uma crescente escassez de locais de eliminação de resíduos e aumento de custos para eliminação destes.

A diferença significativa entre a LPEUR e a LRHA é que a primeira encoraja esforços voluntários dos fabricantes enquanto a segunda impõe obrigações compulsórias sobre eles. Graças a essas leis as taxas de reciclagem de eletroeletrônicos no Japão se encontram entre 64% e 84%, dependendo do tipo de equipamento. Seus princípios fundamentais são a substituição de substâncias

---

<sup>21</sup> Ministry of Welfare

tóxicas, o aumento do percentual de material reciclável nos EEE, o incentivo à reciclagem e a proibição de depósitos inadequados.

Sena (2012) resume as responsabilidades que os atores passaram a assumir no processo de reciclagem de REEE com a aprovação da LRHA em 2001:

- *Os fabricantes:* devem se esforçar para minimizar o volume de resíduos domésticos gerados por aparelho, através do aumento da durabilidade; da viabilização e facilitação do reparo; da escolha de materiais na fabricação que minimizem as despesas necessárias para reciclagem;
- *Os varejistas:* devem prover informações suficientes sobre o produto para que o usuário amplie a utilização do mesmo pelo maior tempo possível;
- *Os consumidores:* devem estender a vida útil do utensílio pelo maior tempo possível. Quando acabar, devem entregar o resíduo para os responsáveis pela coleta, transporte ou reciclagem, cooperando nas taxas necessárias para manter o serviço em operação;
- *O governo:* deve se esforçar para promover cooperação entre as empresas e os consumidores quanto à coleta, transporte e reciclagem de resíduos de eletrodomésticos, assim como a difusão dos resultados do seu trabalho. O governo também deve esforçar-se para promover a conscientização pública para a coleta, transporte e reciclagem de eletrodomésticos e buscar a cooperação da sociedade para sua execução.

### **3.4.5. África**

O acesso às tecnologias de informação e comunicação (TIC) tem sido considerado um indicador de desenvolvimento econômico e social de um determinado país, é o que aponta o estudo “Where are WEEe in África” (UNEP/BASEL, 2011).

A diferença no acesso às TIC entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento é comumente referido como "exclusão digital". Alguns países da África por sua vez, na tentativa de reduzir esse tipo de exclusão, têm importado

computadores, telefones celulares e aparelhos de TV, a maior parte de segunda mão ou usada, provenientes de países desenvolvidos. Os países da região, no entanto, não possuem a infraestrutura e recursos necessários para a gestão ambientalmente correta dos REEE que surgem quando essas importações chegam ao fim de sua vida útil.

Apesar das dificuldades de obtenção de dados sobre EEE novos e usados, estudos em Gana, por exemplo, revelaram que em 2009 cerca de 70% de todas as importações daquele país foram de equipamentos eletroeletrônicos usados. Trinta por cento dos EEE usados que foram importados estavam classificados como “não funcionando”, destes, metade foi reparada localmente e vendida aos consumidores e metade, irreparável, foi diretamente dispensada como REEE. O processo de aproveitamento desse resíduos nos países da África segue o mesmo padrão asiático, ou seja, muito impactante e com pouco ou nenhum controle (UNEP/BASEL, 2011).

Não está claro para os pesquisadores, porém, quantos do total de EEE importados usados funcionam por um tempo minimamente razoável após adquiridos. Classificados como “*quase-fim-de-vida*” os EEE usados são inicialmente importados para países da África ocidental como equipamentos funcionando, mas em um tempo relativamente curto transformam-se em resíduo. Nos cinco países selecionados do Oeste Africano, estão sendo gerados em torno de 650.000 a 1.000.000 de toneladas de REEE doméstico por ano, resíduo esse tratado com métodos artesanais ou simplesmente despejado no ambiente.

Os países com elevadas importações de EEE usados, como Gana e Nigéria, geram os mais altos volumes de REEE. Isto se deve, como explicado, à importações direta de EEE que não funcionam ou que não são reparáveis. Esses elevados números se devem também ao fato desses países servirem como centros de distribuição desses equipamentos para outros países da África.

#### 4. Resíduos eletroeletrônicos no Brasil

O segmento de eletroeletrônicos no Brasil representa aproximadamente 4,5% do Produto Interno Bruto e esse mercado cresce mais rápido que a média da economia nacional, fazendo com que sejam geradas toneladas de resíduos eletrônicos todos os anos. Com uma população crescente de mais de 190 milhões de habitantes, aproximadamente 85% vivendo em áreas urbanas, o país possui uma elevada taxa de penetração de EEE nos centros urbanos. Principalmente devido ao fato das vendas para os consumidores serem bem desenvolvidas, com uma concentração em grandes redes de varejo espalhadas por todo o país (ARAÚJO, 2012).

Com o poder de compra crescente dos brasileiros, o consumo destes produtos está sendo impulsionado especialmente entre as classes C e D devido a uma economia em expansão e aos programas federais de incentivo ao consumo. Essa tendência está demonstrada em panorama sobre o mercado de eletrônicos produzido pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINNE, 2012). A tabela 5 apresenta um panorama sobre o desenvolvimento econômico do setor.

Tabela 5: Indicadores Gerais da Indústria Elétrica e Eletrônica

INDICADORES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
FATURAMENTO (R\$ bilhões)	81,6	92,8	104,1	111,7	123,1	111,8	124,4	138,1
FATURAMENTO (US\$ bilhões)	27,9	38,1	47,8	57,3	67,0	56,1	70,7	82,5
FATURAMENTO/PIB (%) (1) (2)	4,2	4,3	4,4	4,2	4,1	3,5	3,3	3,3
NÚMERO DE EMPREGADOS (em mil)	132,9	133,1	142,9	156,1	161,9	159,8	174,7	180,3
FATURAMENTO/EMPREGADO (US\$ mil)	209,9	286,6	334,6	367,3	413,8	350,8	404,8	457,5
INVESTIMENTOS EM ATIVO FIXO (porcentagem sobre o faturamento)	2,9%	3,4%	3,1%	3,2%	4,0%	2,8%	2,9%	3,2%
INVESTIMENTOS EM ATIVO FIXO (R\$ bilhões)	2,4	3,1	3,2	3,5	4,9	3,1	3,6	4,4

Fonte: panorama ABINEE, 2012.

O mercado eletrônico brasileiro é considerado o quinto maior depois da China, EUA, Japão e Rússia de acordo com Araujo (2012). Porém, o autor conta que o Brasil é um país com uma indústria eletrônica ainda incipiente. A produção nacional expressiva é a de computadores pré-montados com a participação de empresas como Itautec, Positivo e CCE que dominam o mercado além de empresas multinacionais como a Dell e a Toshiba. O Brasil já foi também um

grande fabricante de telefones celulares, incluindo para exportação, mas nos últimos anos os produtores locais perderam participação de mercado para dispositivos importados que, além dos celulares, vem ocupando cada vez mais o mercado brasileiro, conforme Figura a 21.

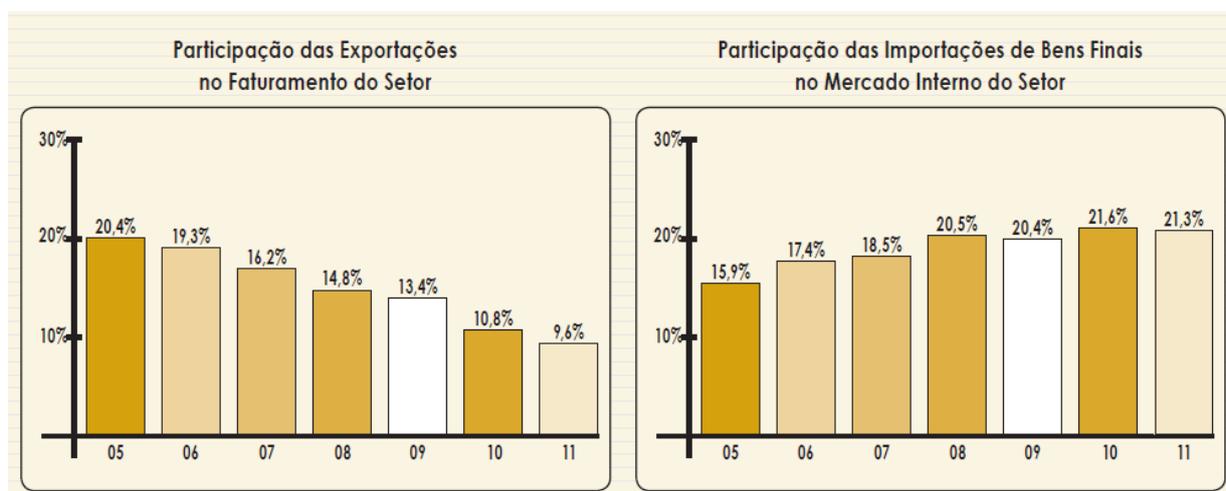


Figura 21: Evolução da Participação das Exportações no Faturamento e das Importações de Bens Finais no Mercado Interno.

Fonte: ABINEE,2012.

A questão é que, ao mesmo tempo em que produtos eletroeletrônicos, nacionais ou importados são vendidos a taxas crescentes no país, a estimativa da própria ABINEE é de que apenas 2% desses equipamentos estejam sendo reciclados ao final de sua vida útil. E, como indicado na Tabela 6, com a obsolescência dos produtos vendidos nos últimos anos passa a existir no país uma grande oportunidade para se iniciar uma estrutura de tratamento formal de REEE que desde o início possua o apoio de catadores e recicladores para alcançar uma maior recuperação de metais e um tratamento adequado das substâncias perigosas.

Tabela 6: Domicílios Particulares segundo suas Características

EXISTÊNCIA DE	2004		2005		2006		2007		2008		2009	
	milhões unid	% (1)										
ILUMINAÇÃO ELÉTRICA	50,1	97	51,6	97	53,3	98	54,8	98	56,8	99	57,9	99
FOGÃO	50,5	98	51,8	98	53,3	98	54,7	98	56,5	98	57,6	98
TELEVISÃO	46,7	90	48,5	91	50,8	93	52,7	94	54,8	95	56,0	96
GELADEIRA	45,2	87	46,7	88	48,7	89	50,6	91	53,0	92	54,7	93
RÁDIO	45,4	88	46,8	88	48,0	88	49,1	88	51,2	89	51,5	88
TELEFONE	33,8	65	38,0	72	40,7	74	42,9	77	47,2	82	49,4	84
SOMENTE TELEFONE CELULAR	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15,1	28	17,7	32	21,7	38	24,1	41
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	17,8	34	19,0	36	20,5	38	21,9	39	23,9	42	26,0	44
FREEZER	8,9	17	8,9	17	9,0	16	9,0	16	9,2	16	8,9	15
<b>TOTAL DE DOMICÍLIOS</b>	<b>51,8</b>	<b>-</b>	<b>53,1</b>	<b>-</b>	<b>54,6</b>	<b>-</b>	<b>55,8</b>	<b>-</b>	<b>57,6</b>	<b>-</b>	<b>58,6</b>	<b>-</b>

n.d. = não disponível  
(1) % em relação ao total de domicílios.  
Fonte: PNAD 2009 - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - IBGE

Fonte: ABINEE,2012.

Porém, a viabilidade de uma estrutura desse tipo depende de incentivos governamentais por meio de benefícios fiscais e apoio financeiro com taxas de juros mais baixas para investimentos desse tipo. Além disso, o mercado de materiais secundários tem um papel importante nessa equação financeira. Isto é particularmente verdade no Brasil, onde os preços dos metais primários são baixos, já que o país é um grande fornecedor global de diversos metais (MAGRINI, 2012). Esse preço baixo oferecido pelos metais primários desestimula os investidores, já que os valores obtidos com os metais provenientes da reciclagem não cobrem os custos para obtenção dos mesmos. De qualquer maneira, esse não é o caso quando se trata de metais raros e valiosos.

É o que aponta recente notícia veiculada no jornal Estadão (ESTADÃO, 2012). No primeiro semestre de 2013, segundo informou Bruno Deiro, a cidade de Sorocaba em São Paulo deve receber a primeira usina do país a realizar o último elo da reciclagem de eletroeletrônicos, o processamento de metais, que atualmente é feito no exterior. Além de abrir caminho para a exploração da chamada mineração urbana o projeto que está sendo chamado de “Sinctronics” prevê a reinserção na cadeia de consumo de quase 100 mil toneladas de resíduo eletrônico produzido no país anualmente. Bruno Deiro explica que quase todo o metal presente nesses resíduos é descartado incorretamente ou acaba exportado para

países como Bélgica, Grã-Bretanha e Alemanha, que dispõem de tecnologia avançada para fazer o processamento.

De acordo com Kami Saidi, diretor de operações desse projeto, “*o Sinctronics será o primeiro ecossistema integrado de soluções sustentáveis para o mercado eletroeletrônico no Brasil atendendo a uma cadeia produtiva de ponta a ponta*”. A parte tecnológica do projeto ficará a cargo da Flextronics, uma enorme empresa de Cingapura do ramo de eletrônicos que possui fábrica em Manaus.

Segundo Saidi, inicialmente será possível fazer a reciclagem de 250 toneladas de plástico por mês. O plástico representa 45% do volume dos aparelhos celulares das quase 250 milhões de unidades no país, que com vida útil mais reduzida (22 meses, em média) em breve serão descartados. A novidade, no entanto, será mesmo a extração dos metais, cujo potencial não foi revelado na reportagem. Focadas no alto valor dos minérios, as empresas envolvidas esperam lucrar com o resíduo eletrônico. Estima-se que para cada tonelada seja possível extrair entre 200g e 300g de ouro. Outros metais menos nobres, como o cobre, o bronze, o alumínio e o ferro, retornarão à cadeia produtiva. Em Sorocaba será possível reciclar todos os tipos e quaisquer marcas de eletrônicos, o produto que será mais reciclado dependerá da demanda de devolução do mercado. Além da Flextronics, a Cimelia, outra empresa com sede em Cingapura, cogita fazer a extração de metais em território brasileiro. Atualmente, ela exporta até 400 toneladas de lixo eletrônico por mês para serem processadas em Cingapura.

De qualquer maneira, estimulados pela aprovação da própria Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), várias empresas e estados brasileiras estão realizando iniciativas e desenvolvendo regulamentações para melhorar a gestão dos REEE nos centros urbanos. Nesse Capítulo são apresentadas algumas dessas iniciativas e discutidos os principais fundamentos da PNRS, além de ser abordado como a logística reversa pode ter uma função essencial nesse cenário de estruturação da cadeia de reciclagem dos REEE no Brasil.

#### **4.1. Política nacional de resíduos sólidos**

Embora existam no Brasil diversas legislações específicas, estaduais e municipais, um grande marco legislativo no país foi dado pela aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Com aproximadamente 21 anos de tramitação o projeto de lei ganhou alguns aperfeiçoamentos, tais como a introdução de capítulos destinados à Logística Reversa de resíduos pós-consumo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (LEI Nº. 12.305/10) foi sancionada pelo governo federal no dia 02 de Agosto de 2010 e o decreto que a regulamenta (DECRETO Nº. 7.404/10) foi sancionado no dia 23 de dezembro de 2010. Em linhas gerais, trata-se de uma política sobre diversos aspectos com relação à gestão de resíduos sólidos de alguns produtos no sentido de garantir processos ambientalmente corretos por parte dos diversos agentes das cadeias diretas e reversas envolvidas com cada tipo de produto. A PNRS segue em linhas gerais os modelos europeus de responsabilidade ampliada do produtor, onde a responsabilidade do equacionamento da coleta e retorno de embalagens e produtos usados é confiada às empresas que os geram através de seus produtos ou atividades. Porém, com certa flexibilização, ao atribuir essa responsabilidade de forma compartilhada entre os demais atores do ciclo de vida dos produtos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos são:

- I - Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- II - Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;

VI - Incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - Gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - Articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - Capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X - Regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;

XI - Prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:

a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII - Integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII - Estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao

reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

#### XV - Estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

Percebe-se ao analisar os objetivos expostos que a nova legislação é ousada, abrangente e incorpora conceitos atuais desenvolvidos e aplicados em muitos países, conforme demonstrado no início do capítulo, como o incentivo à avaliação do ciclo de vida, à implementação de sistemas de gestão ambiental, à rotulagem ambiental e à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Além disso, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos também são apontados como o meio para se alcançar a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental.

Essa postura ousada e abrangente pode ser observada quando é sugerido que para se alcançar padrões sustentáveis de produção e consumo é preciso que se adote, desenvolva e se aprimore as tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais. Para isso, a política indica como ferramenta a gestão integrada de resíduos sólidos a partir da articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira. Ao mesmo tempo em que surgem esses estímulos para a base da indústria e para o desenvolvimento da logística reversa, os governos também pretendem liderar o desenvolvimento desse mercado incentivando e priorizando aquisições e contratações governamentais de produtos reciclados e recicláveis além de bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis.

Para atingir tais objetivos a PNRS prevê a criação de alguns instrumentos importantes, dentre os quais merecem destaque:

- **Sistemas de logística reversa:** Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em

seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

- **Acordos setoriais:** Ato de natureza contratual firmado entre o Poder Público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto através da logística reversa;
- **Termos de compromisso:** O Poder Público poderá celebrar termos de compromisso com os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes<sup>22</sup> visando o estabelecimento de sistema de logística reversa nas hipóteses em que não houver em uma mesma área de abrangência acordo setorial ou regulamento específico, ou para a fixação de compromissos e metas mais exigentes que o previsto em acordo setorial ou regulamento.
- **Planos de Resíduos Sólidos:** Plano Nacional de Resíduos Sólidos; planos estaduais; os planos microrregionais; planos de regiões metropolitanas; planos intermunicipais; os planos municipais de gestão integrada; e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Conforme mencionado anteriormente, a PNRS incorpora o Princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, considerando-a como um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. De acordo com a política, essas atribuições deverão ser implementadas de forma individualizada e encadeada, abrangendo os

---

<sup>22</sup> Referidos no art. 18 do decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos de forma consorciada.

Os consumidores por sua vez passam a ter um papel importante nessa cadeia. Conforme descrito na PNRS, os consumidores são obrigados, sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou quando instituídos sistemas de logística reversa, a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e a disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução. Além disso, a lei prevê que os consumidores devem observar as regras de acondicionamento, segregação e destinação final dos resíduos previstas na legislação do titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Ou seja, todos os moradores de centros urbanos passarão a exercer uma função ativa na construção dessa cadeia de logística reversa, fazendo com que a eficiência do sistema dependa da iniciativa dos cidadãos. Com isso, espera-se que o hábito de consumo, priorizando produtos mais sustentáveis, estimule toda a cadeia a se reposicionar em função das novas demandas mais conscientes, fazendo com que surjam no mercado produtos menos tóxicos, que gerem menos resíduos ou que possuam maior percentual de partes recicláveis.

Essa estratégia é estimulada pelo princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos que tem por objetivo:

I - Compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;

II - Promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;

III - Reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;

IV - Incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;

V - Estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;

VI - Propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;

VII - Incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

Desenvolver a estrutura formal e prática para o desenvolvimento de todas essas iniciativas previstas na PNRS não está sendo uma tarefa simples. Com essa finalidade, foi criado o **Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos** que, por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais, possibilitará o cumprimento das determinações e das metas previstas na PNRS. O comitê conta com representantes de 10 ministérios além de um da Casa Civil e um da Secretaria de Relações Institucionais da Presidência da República.

Compete ao Comitê Interministerial:

- Instituir os procedimentos para elaborar e avaliar a implementação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- Implantar ações destinadas a apoiar a elaboração, implementação, execução e revisão dos Planos de Resíduos Sólidos;
- Formular estratégia para a promoção e difusão de tecnologias limpas para a Gestão e o Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
- Incentivar a pesquisa e o desenvolvimento nas atividades de reciclagem, reaproveitamento e tratamento dos resíduos sólidos;
- Promover estudos e propor medidas visando à desoneração tributária de produtos recicláveis e reutilizáveis.

Outra vertente considerada importante enfatizada pela PNRS é a priorização da participação de cooperativas e de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis no sistema de coleta seletiva de resíduos

sólidos e na própria logística reversa. Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos também deverão definir programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas e outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda. É previsto também que a União deverá criar programas com a finalidade de melhorar as condições de trabalho e as oportunidades de inclusão social e econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Finalmente, uma questão que vale ser ressaltada é a incoerência sobre a regulação de fluxos internacionais de resíduos. Em um contexto mundial onde empresas de muitos países estão incentivando, através da exportação ilegal de REEE, o desenvolvimento de práticas de reciclagem fora de padrões mínimos, ficou evidente a ausência de referências e regulamentações sobre a exportação de resíduos na PNRS. Entretanto a mesma proibiu a importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos, bem como de resíduos sólidos cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal, ainda que para tratamento, reforma, reuso, reutilização ou recuperação. Ou seja, há um resguardo para que o que está ocorrendo em países da África e Ásia não ocorra aqui, mas foram deixadas abertas as portas para que o país exporte REEE.

#### **4.1.1.**

##### **A logística reversa como racionalidade**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos entende que a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial. Esse resíduo deve ser reaproveitado no ciclo de vida do produto da própria empresa, reencaminhado a outros ciclos produtivos ou receber uma destinação final ambientalmente adequada.

A partir da aprovação da lei, alguns fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes passaram a ser obrigados a estruturar sistemas de logística reversa

de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. São obrigados a implementar a logística reversa de forma compartilhada os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos seguintes produtos:

- Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem após o uso constitua resíduo perigoso;
- Pilhas e Baterias;
- Pneus;
- Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- Lâmpadas Fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- **Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.**

Os sistemas de logística reversa previstos acima também serão estendidos a embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens considerando o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente gerados por seus resíduos. Na operacionalização do sistema de logística reversa poderão ser adotados procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas e instituídos postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis, devendo ser priorizada, especialmente no caso de embalagens pós-consumo, a participação de cooperativas de catadores de material reciclável.

Como dito anteriormente, fica claro na nova lei que os consumidores passam a ter uma participação fundamental, pois são eles que deverão efetuar a devolução dos resíduos às cooperativas ou aos comerciantes dos produtos e embalagens utilizadas. Os comerciantes e distribuidores, por sua vez, deverão efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores desses produtos. Dessa maneira, os fabricantes e os importadores darão destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens coletadas, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada. Para o cumprimento desse objetivo, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes ficam responsáveis pela realização da logística reversa *no limite da proporção* dos produtos que colocarem no mercado interno, conforme metas progressivas, intermediárias e finais a serem definidas através de regulamentos. A PNRS afirma que os sistemas de logística

reversa deverão ser operacionalizados por meio dos seguintes instrumentos: Acordos Setoriais; Regulamentos Expedidos pelo Poder Público; e Termos de Compromisso. A seguir é focado o Acordo Setorial, uma vez que as outras modalidades passam a existir apenas quando ocorre algum tipo de impedimento para a realização dos Acordos Setoriais.

#### **4.1.1.1. Acordos Setoriais**

Os acordos setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. O procedimento para implantação da logística reversa por meio de acordo setorial poderá ser iniciado pelo Poder Público ou pela iniciativa privada.

Os acordos setoriais visando a implementação da logística reversa deverão conter, entre outros, os seguintes requisitos:

- Descrição das etapas do ciclo de vida em que o sistema de logística reversa se insere;
- Descrição da forma de operacionalização da logística reversa;
- Possibilidade de contratação de entidades, cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis;
- Participação de órgãos públicos nas ações propostas, quando estes se encarregarem de alguma etapa da logística a ser implantada;
- Definição das formas de participação do consumidor;
- Mecanismos para a divulgação de informações relativas aos métodos existentes para evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos e embalagens;
- Metas a serem alcançadas no âmbito do sistema de logística reversa a ser implantado;
- Avaliação dos impactos sociais e econômicos da implantação da logística reversa;

- Cláusulas prevendo as penalidades aplicáveis no caso de descumprimento das obrigações previstas no acordo.

#### **4.1.1.2. Comitê Orientador**

Para alcançar o desafio de criar um sistema tão complexo quanto esse que está sendo proposto, o Decreto que regulamenta a PNRS criou o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa. Esse Comitê conta com a participação de 5 ministros e seus grupos técnicos, a saber: do Meio Ambiente; da Saúde; do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior; da Agricultura, da Pecuária e Abastecimento; e da Fazenda. Seu objetivo é estabelecer a orientação estratégica da implementação de sistemas de logística reversa, fixar cronograma para a implantação dos sistemas, aprovar os estudos de viabilidade técnica e econômica dos acordos setoriais, promover estudos e propor medidas de desoneração tributária das cadeias produtivas sujeitas à logística reversa, entre outros. Neste contexto, é importante lembrar também que para implantar a logística reversa o comitê orientador terá que criar interrelações com vários outros dispositivos legais, quais sejam: a Lei nº 11.107/2005 – **Lei dos Consórcios Públicos e seu Decreto regulamentador**; a Lei nº 11.445/2007 – **Lei do Saneamento Básico**; a Lei nº 9.433/1997 – **Lei que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos**; a Lei nº 6.938/1981 – **Política Nacional de Meio Ambiente**; a Lei nº 9.795/1999 – **Política Nacional de Educação Ambiental**; a Lei nº 10.257/2001 – **Estatuto das Cidades**, e a Lei 12.187/09 – **Política Nacional sobre Mudança do Clima**; bem como **resoluções CONAMA** pertinentes ao tema.

Em face deste quadro, pode-se dizer que a implementação dos princípios e objetivos da PNRS certamente não será tarefa fácil, pois demandará a interação entre governantes e uma ampla gama de atores sociais em um horizonte de poucos anos. Essa interação, envolvendo os principais atores de toda a cadeia do ciclo de vida de equipamentos eletroeletrônicos, iniciou de fato no dia 5/5/2011 quando ocorreu a primeira reunião do Grupo de Trabalho Temático – Eletroeletrônicos (GTT-REEE), que é um grupo técnico temático do Comitê Orientador para implementação da Logística Reversa. No 5º capítulo dessa dissertação, tendo

como base de reflexão a realidade da cadeia de reciclagem de REEE no município do Rio de Janeiro, são analisadas as definições presentes nas 10 atas das reuniões do GTT-REEE que ocorreram até o dia 17/5/2012, e o resultado do estudo desenvolvido pelo grupo, intitulado: Logística Reversa de REEE: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.

## 5. Cadeia pós-consumo de REEE no município do Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro vivencia hoje um cenário complexo com relação à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Existem três fatores-chaves para se começar a entender essa dinâmica.

*Fator 1)* No estado e no município do Rio já existem regulamentações desde 2001 que dispõem sobre a gestão dos REEE. É o caso da Lei municipal n.º 3.273/01 sobre a **Gestão do Sistema de Limpeza Urbana no Município do Rio de Janeiro**, quando referindo-se aos REEE afirma que considera como Resíduo Sólido Urbano (RSU) para fins de coleta pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) os *eletrodomésticos* ou assemelhados cuja forma ou volume os impeçam de serem removidos pelo veículo da coleta domiciliar regular, devendo ser recolhidos pelo serviço de coleta programada da própria instituição. Por outro lado, a lei impede que outros tipos de REEE sejam destinados como RSU para fins de coleta, pois exclui da tipificação os resíduos com características perigosas. Dessa forma, os resíduos eletroeletrônicos também ficam excluídos da coleta seletiva desenvolvida pela Comlurb.

Já em 2008, sete anos depois, foi promulgada a Lei municipal n.º 4.969 que dispõe sobre a **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no Município do Rio de Janeiro**. Essa nova lei trás uma seção específica sobre pilhas, baterias, lâmpadas e produtos Eletro-Eletrônicos. Por considerá-los perigosos à saúde e ao meio ambiente esses resíduos ficam proibidos de serem dispostos em aterros sanitários destinados a resíduos domiciliares. Esses produtos discriminados na lei, após sua utilização ou esgotamento energético, deverão ser entregues, pelos usuários, aos estabelecimentos que os comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores para que estes adotem diretamente ou por meio de terceiros os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada. Com essas duas legislações o município passou a ficar resguardado com relação à gestão dos REEE, já que atribui tal responsabilidade aos consumidores.

Por outro lado, existem também iniciativas do estado do Rio de Janeiro através do programa Recicla Rio<sup>23</sup>, que é um instrumento da política de resíduos e está inserido dentro do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS). Em fase de estruturação, este programa tem como objetivo principal a valorização dos resíduos sólidos e a promoção da parceria entre os agentes públicos, privados e comunitários, visando fortalecer as iniciativas e a cadeia produtiva da reciclagem no território do estado do Rio de Janeiro. Com essa finalidade, já existem ações da Secretaria do Ambiente focadas em REEE, como a Fábrica Verde. Esse projeto recebe doações de computadores e periféricos para reutilização, capacitando jovens para a atividade de manutenção e montagem de computadores. Em 2010, 2011 e 2012 foi realizada também a Campanha Natal da Eletro Reciclagem, Figura 22, que contribui para a conscientização da população ao mesmo tempo em que coletou e destinou para a reciclagem e reaproveitamento toneladas de equipamentos eletroeletrônicos.



Figura 22: Campanha Natal da Eletroreciclagem. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Próprio Autor

<sup>23</sup> Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=574909>

*Fator 2)* Devido à longa tramitação, quando da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Congresso Nacional, diversos estados e municípios já haviam desenvolvido legislação e mecanismos próprios voltados ao gerenciamento de REEE, como foi o caso do município e do estado do Rio de Janeiro. No entanto, a PNRS constitucionalmente sobrepõe-se a esses dispositivos, prevendo a suspensão automática e imediata das legislações estaduais e municipais no momento da entrada em vigor da norma geral federal. Parte-se do princípio de que “o genérico compete à União e o detalhamento ao poder estadual ou local, mas que estes só podem ser mais restritivos do que a União, nunca mais brandos ou tênues” (GTT-REEE, 2012). Essas discussões estão no âmbito do GTT-REEE (Grupo de Trabalho Técnico - Eletroeletrônico) em Brasília que irá instituir o acordo setorial, o qual, por fim, dará as diretrizes para implementação da logística reversa dos eletroeletrônicos em todo o país.

Esse fator está causando uma ausência de responsabilidades com relação à gestão de REEE no município do Rio de Janeiro, pois enquanto essas diretrizes e os próprios acordos setoriais não são definidos, o município se isenta de qualquer responsabilidade com relação à gestão de REEE. O que leva a um entendimento do terceiro fator a seguir.

*Fator 3)* Ao mesmo tempo em que ainda não existe uma estrutura robusta e organizada para gerir os REEE no município do Rio, algumas empresas recicladoras desses materiais estão exercendo uma forte demanda por REEE no mercado. Como existem apenas poucos projetos formais que buscam processar parte desses resíduos, eles não suprem por si a necessidade das empresas recicladoras, gerando assim um grande mercado que mescla práticas formais e informais no comércio e beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos no município e adjacências.

## **5.1. A Cadeia de Reciclagem e seus Atores**

Para se avançar na compreensão dessa dinâmica, foi elaborado um fluxograma com a representação dos caminhos que os resíduos eletroeletrônicos percorrem ao

longo da cadeia de reciclagem no município do Rio de Janeiro. Esse fluxograma servirá como base para uma série de análises detalhadas sobre as práticas e características de todo o processo. Assim, as informações que serão apresentadas sugerem um momento, como uma fotografia de um processo dinâmico e complexo. Portanto, não pretende ser uma representação precisa da realidade. A maior parte das informações foi obtida através de entrevistas com os principais agentes que atuam nesse segmento de mercado, incluindo representantes da Comlurb, de cooperativas, de empresas privadas, de ONG's, entre outros.

Conforme apresentado no fluxograma 1, todo o processo que representa a reciclagem dos REEE no município do Rio de Janeiro foi dividido em **4 etapas**: Entrada; Triagem; Processamento e Destinação.

**Entrada:** São os canais pelos quais os REEE entram na cadeia de reciclagem. Podem ser formais, no caso de algumas cooperativas, ONG's e projetos da iniciativa privada ou informais como no caso dos catadores que coletam esses resíduos das ruas, nos lixões, nas estações de transferência e nos próprios aterros. Esses canais normalmente enviam o REEE sem processamento para a etapa seguinte que é realizada por outros atores.

**Triagem:** É o primeiro tratamento que o REEE recebe. Pode ser em cooperativas especializadas, ONG's, empresas privadas ou através de atores informais. Nesse momento são separados os diferentes tipos por tamanho, potencial de reaproveitamento e toxicidade. As partes plásticas, as metálicas, as placas de circuito impresso (PCI) e os componentes tóxicos são separados e encaminhados de acordo com sua composição para a etapa seguinte, aqui denominada de processamento. Foi constatado que no município do Rio de Janeiro o componente mais valioso e mais comercializado dentre os REEE é a PCI. Esse componente possui metais preciosos e muitos materiais valiosos, sendo o produto mais demandado pelas indústrias de reciclagem de REEE e que possui a maior cadeia de atravessadores informais espalhados pelo município.

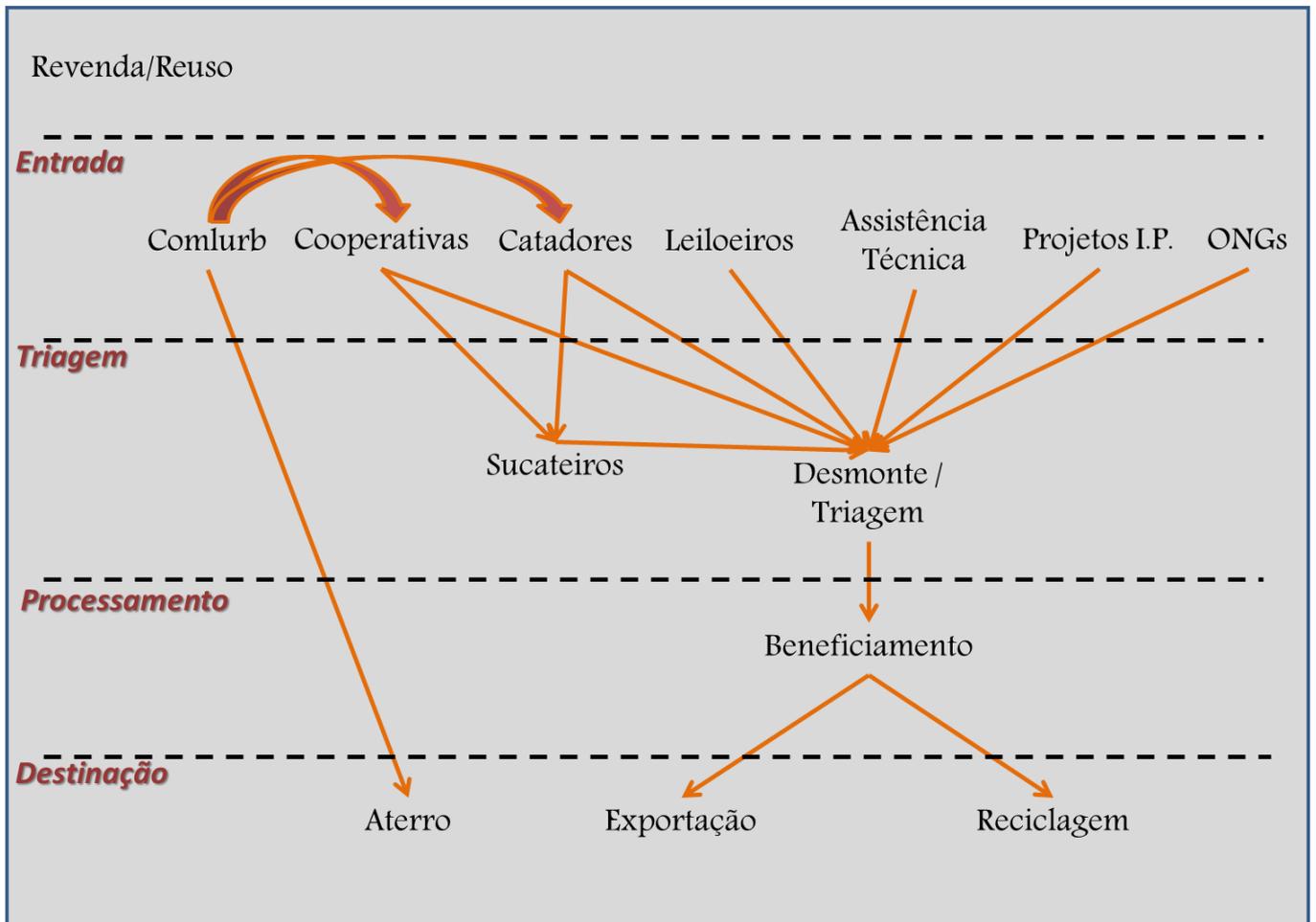
**Processamento:** É quando os materiais de características semelhantes (ferrosos; não ferrosos; e plásticos) são moídos e compactados para seguirem para as indústrias de reciclagem. Esse beneficiamento, conforme constatado, é

realizado por poucas empresas específicas, a maior parte delas em São Paulo, e serve para que seja agregado valor ao produto ao ser disponibilizado para as indústrias já padronizado, homogêneo e em grandes volumes. Esse processamento existe principalmente devido aos elevados custos da operação, como a logística e o armazenamento desse material.

**Destinação:** São os destinos finais que os componentes dos REEE recebem. Eles podem terminar nos aterros da Comlurb, da iniciativa privada ou até mesmo em lixões clandestinos. Eles também podem ser enviados para indústrias nacionais que os incorporarão nos seus processos produtivos ou acabam sendo exportados para que os materiais mais valiosos sejam reaproveitados e revendidos. Esse último processo de reaproveitamento de metais preciosos, por exemplo, ainda não existe no Brasil. Todavia, algumas iniciativas nacionais estão em fase de implementação e outras em planejamento, o que demonstra a disposição do mercado em fechar toda a cadeia de reciclagem desse tipo de resíduo dentro do país.

Os levantamentos realizados para essa pesquisa apontam para a existência de duas cadeias de reciclagem que se relacionam intensamente, a formal e a informal. Os atores formais e informais podem ser encontrados em todas as etapas do processo de reciclagem no município do Rio de Janeiro e se caracterizam por comercializar ou processar os REEE sem licenças, notas fiscais, etc. Além disso, foi constatado que em todas as etapas podem existir atravessadores que realizam um papel fundamental, o de conectar os diferentes atores em uma cadeia de reciclagem pouco conectada.

Fluxograma 1: A Cadeia de Reciclagem de REEE no Município do Rio de Janeiro



**Legenda: Projetos I.P (Projetos Iniciativa Privada)**

Fonte: Próprio Autor.

## 5.2. Os Atores Formais

Os atores formais normalmente realizam uma cadeia de reciclagem estruturada que pode assumir diferentes modelos e estão apoiados em uma cadeia logística que normalmente encaminha os resíduos para São Paulo, onde existe maior oferta de empresas que processam os REEE. De lá, normalmente são enviados para fora do país. A seguir, será analisada a função de cada ator formal na cadeia de reciclagem do município do Rio de Janeiro.

### 5.2.1. COMLURB (Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro)

A Comlurb, conforme mencionado anteriormente, recolhe pelo serviço de coleta programada os eletrodomésticos ou RSU cuja forma ou volume impedem a coleta domiciliar regular e não aceita, por lei, que os resíduos com características perigosas sejam destinados, para fins de coleta, como RSU; excluindo-os, portanto tanto da coleta programada como também da coleta seletiva desenvolvida pela instituição.

No entanto, durante investigação de campo realizada na Estação de Transferência do Caju (ET-Caju), foi possível observar que a própria cooperativa instalada dentro da ET-Caju, que realiza a triagem dos resíduos recicláveis nas instalações do local, quando se depara com REEE, separa as partes recicláveis e armazena as PCI's, que segundo a representante da cooperativa, é encaminhado para Duque de Caxias. Porém, esse armazenamento é realizado de forma precária, oferecendo muitos riscos de acordo com as Figuras 23 a 27.



Figura 23: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa Comlurb: ET Caju – Separação de REEE (PLACAS).

Fonte: Próprio Autor



Figura 24: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa Comlurb: ET Caju – Separação de REEE (CABOS).

Fonte: Próprio Autor



Figura 25: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa Comlurb: ET Caju – Separação de REEE (PLACAS).

Fonte: Próprio Autor.



Figura 26: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa Comlurb: ET Caju – Separação de REEE (INSERVÍVEIS).

Fonte: Próprio Autor.



Figura 27: Estação de Triagem de Resíduos Recicláveis. Cooperativa Comlurb: ET Caju – Separação de REEE (INSERVÍVEIS).

Fonte: Próprio Autor

A informação oficial é que essa cooperativa realiza a triagem de resíduos recicláveis. Porém, quando o espaço da cooperativa foi visitado foi constatado que os cooperativados triam parte dos resíduos que chegam dos caminhões da coleta domiciliar normal, os RSU, e não dos caminhões que realizam a coleta seletiva. Os caminhões contendo os resíduos da coleta seletiva passam pela ET-Caju para pesagem e descarregam em terrenos de outras cooperativas cadastradas na Comlurb, conforme apresentado na Figura 28.

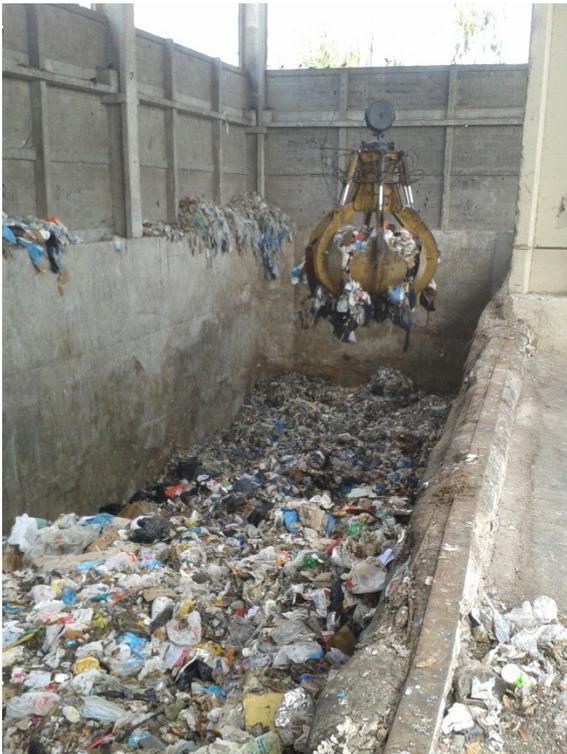


Figura 28: Estação de Triagem de Resíduos “Recicláveis”. Cooperativa Comlurb: ET Caju

Fonte: Próprio Autor

Além disso, também existem no local alguns catadores informais, moradores das comunidades vizinhas, que invadem o terreno da ET-Caju na busca de resíduos recicláveis, mas quando encontram resíduos eletroeletrônicos também separam as PCI's para serem vendidas a atravessadores que, de acordo com os próprios catadores, também é revendida em Duque de Caxias. Já com relação aos grandes eletrodomésticos coletados pela Comlurb, seu representante afirmou que são encaminhados para empresas que reciclam metais, como a Balprensa. As

pilhas e baterias coletadas pela Comlurb são incineradas ou enviadas para aterros especiais onde são encapsuladas. Finalmente, os REEE que acabam eventualmente sendo depositados como RSU são enviados diretamente para os aterros da Comlurb, já que não existe um processo de triagem para que sejam retirados os resíduos com características perigosas do RSU.

### **5.2.2. Cooperativas**

Atualmente existe apenas uma cooperativa que é licenciada para armazenar, realizar a triagem dos REEE e vendê-los para o mercado de beneficiamento e reciclagem, é a Cooperativa Céu Azul (Coop Céu Azul) que atua em parceria com a Cooperativa Amigos do Meio Ambiente (Coopama) e a Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP-COPPE; UFRJ<sup>24</sup>). Outras duas iniciativas que atuavam na triagem e desmontagem de REEE no município hoje se encontram fechadas, a Regenero e a Pevida. No entanto, não foi possível descobrir os motivos que as fizeram encerrar as atividades. Além dessas, a única iniciativa identificada, mas que não foi possível estabelecer contato, foi a da Associação de Reciclagem de Lixo Eletrônico (ARLE). Portanto, a única cooperativa atuante que foi identificada, a Coop Céu Azul, está presente nas duas primeiras etapas do Fluxograma, atua, ao mesmo tempo, como um canal de entrada de REEE na cadeia e também na triagem e desmonte desses resíduos. A Coop Céu Azul recebe todos os tipos de REEE em sua instalação localizada em Maria da Graça, onde realiza a separação dos materiais e o encaminhamento para os respectivos compradores. De acordo com seu representante essa é a única cooperativa licenciada para realizar esse tipo de atividade. No entanto, conforme averiguado, tanto a procedência dos REEE quanto a própria destinação destes realizada pela cooperativa, podem ter a participação de atores informais, já que catadores não regulamentados participam do processo e em alguns casos as PCI's são “exportadas diretamente para o japonês, sem passar por nenhum atravessador” conforme comentou o representante da Coop Céu Azul. Por outro lado, existem muitas cooperativas legalizadas no município do Rio de Janeiro que trabalham com materiais recicláveis e não são autorizadas a manejarem os REEE. Porém, de acordo com entrevistas realizadas com representantes de algumas dessas

---

<sup>24</sup> [www.itcp.coppe.ufrj.br](http://www.itcp.coppe.ufrj.br)

cooperativas, foi possível constatar que esse tipo de resíduo de fato chega até os pátios das cooperativas. Quando questionados sobre qual seria a destinação realizada para os REEE a resposta foi praticamente a mesma, as partes de metal e plástico são separadas e as PCI's são encaminhadas para “compradores” (atravessadores) que abastecem uma cadeia informal de destinação no município. Muitos relatos apontaram para um polo em Duque de Caxias para onde esses resíduos estariam sendo encaminhados.

### **5.2.3. Leiloeiros**

Os leiloeiros ocupam um elo importante da cadeia, normalmente conectam grandes empresas que se desfazem de suas estações tecnológicas (impressoras; provedores; roteadores; monitores; etc.; normalmente descartados por obsolescência) com a cadeia de reciclagem de REEE. Em alguns casos os leiloeiros ([www.joaoemilio.com.br](http://www.joaoemilio.com.br); por exemplo) compram a preços simbólicos esses equipamentos dos grandes ofertantes, realizam uma pequena triagem para revender partes em bom estado e encaminham o restante para compradores diversos, a princípio formais e informais. Em outros casos, os leiloeiros realizam apenas a intermediação.

### **5.2.4. Assistência Técnica**

Nesses casos os resíduos são enviados pelos consumidores para as centrais de assistência técnica das empresas produtoras de EEE, de onde seguem direto para serem processados por empresas licenciadas, normalmente fora do país ou em São Paulo. Existem estudos internacionais que afirmam que algumas empresas estão exportando esse material para serem processados em países que não possuem estrutura, perseguindo os baixos custos para destinação final, conforme demonstrado no capítulo 3.

### **5.2.5. Projetos da Iniciativa Privada**

Em contato direto com o consumidor, o varejo já tem oferecido, pontualmente e de maneira espontânea, pontos de recebimento de diferentes materiais

eletroeletrônicos ou afins. Como reflexo da crescente presença da preocupação ambiental na opinião pública, tais iniciativas são por vezes propostas até mesmo por empresas que não estão necessariamente relacionadas ao mercado dos eletroeletrônicos. No entanto, a coleta espontânea de REEE no varejo encontra dificuldades particulares. Uma delas é o alto custo para manutenção da necessária infraestrutura física de recebimento e armazenagem. Os benefícios decorrentes da associação da marca à sustentabilidade podem não ser suficientemente vantajosos em relação à ocupação de espaço com uma atividade que essencialmente não gera receita direta. Ainda mais delicados são os potenciais problemas decorrentes do fato dos REEE serem classificados como resíduos perigosos. De qualquer maneira, existem casos de sucesso no município como o “Papa-Pilha” do banco Santander, que recebe também baterias, cartuchos e celulares em suas unidades e um outro projeto do grupo Pão de Açúcar que também disponibiliza urnas para celulares e baterias. Além disso, existem algumas empresas que cobram pequenas taxas para coletar e realizar a destinação correta para esses resíduos, como a B-Welt<sup>25</sup>, sediada no Rio, e a Ecotronic<sup>26</sup>, sediada na região serrana. Por outro lado, a maior parte das empresas formais de processamento de REEE está sediada em São Paulo, sendo que algumas possuem alcance nacional como a Descarte Certo<sup>27</sup>, a Reciclo Metais<sup>28</sup>, a Sircompany<sup>29</sup>, entre outras que possuem apenas representação no Rio.

#### **5.2.6. ONGs**

As ONG's exercem hoje um papel muito importante com relação à inclusão e democratização da informática no município do Rio de Janeiro. De acordo com a pesquisa realizada, são dois os principais projetos que trabalham com reuso, capacitação de jovens e inclusão social através do reaproveitamento e manufatura reversa de REEE: a Fábrica Verde e o Comitê de Democratização da Informática (CDI). Ambos recebem doações e, a partir da capacitação de jovens, reaproveitam computadores que são doados para centros de mídias em determinadas comunidades. Esses projetos possuem canais formais estruturados por empresas

---

<sup>25</sup> [www.b-welt.com](http://www.b-welt.com)

<sup>26</sup> [www.ecotronicbr.com](http://www.ecotronicbr.com)

<sup>27</sup> [www.descartecerto.com.br](http://www.descartecerto.com.br)

<sup>28</sup> [www.reciclometais.com.br](http://www.reciclometais.com.br)

<sup>29</sup> [www.sircompany.com.br](http://www.sircompany.com.br)

licenciadas que destinam os resíduos para serem processados em São Paulo. O Projeto Fábrica Verde é financiado pela Secretaria do Ambiente do Governo do Estado do Rio, possui uma sede na Rocinha e uma no complexo do Alemão além de muitos pontos de coleta espalhados pela cidade. Já o projeto CDI conta com financiamento voluntário e, além de capacitar os técnicos em informática e doar os computadores que são reaproveitados, montam as instalações dos laboratórios de informática comunitários que são concebidos em parceria com as associações de moradores.

### **5.2.7. Beneficiamento**

A única empresa de beneficiamento de REEE que foi encontrada atuante no município do Rio de Janeiro foi uma representante da empresa Lorene<sup>30</sup>, com sede em São Paulo, a Lorene Sucata Davi Comércio de Sucatas. Essa empresa comercializa apenas PCI's, HD's, CD-ROM's e celulares sem bateria. De acordo com seu representante, seus “compradores” (agentes que compram REEE em nome da empresa) atuam no estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo e compram os resíduos principalmente de “ferros-velhos”. Os resíduos, após uma triagem mais detalhada, são moídos, armazenados em “big-bags” e enviados para indústrias recicladoras nos Estados Unidos, Japão e Alemanha. Existe, porém, uma questão importante sobre essa empresa. Conforme relatos, ela atua comprando REEE de fontes formais, mas também de muitas fontes informais, o que acaba derrubando os preços de venda dos materiais. Isso ocorre, pois muitos desses vendedores informais vivenciam o que foi chamado de “síndrome da sexta-feira”, que representa a necessidade desses vendedores informais de levantarem recursos para o final de semana, aceitando vender os materiais por preços menores que os praticados normalmente. Outros relatos apontam também para a existência de aproximadamente 8 empresas/iniciativas que realizam o mesmo processo que a Lorene. No entanto, durante toda a pesquisa em campo, entrevistas e investigação por meio digital, nenhuma delas foi encontrada ou identificada, o que pode sugerir que elas também atuariam no mercado informal.

---

<sup>30</sup> [www.lorene.com.br](http://www.lorene.com.br)

### 5.3. O Mercado Informal

O que está sendo chamado de mercado informal nesse estudo representa o conjunto de ações realizadas pelos atores envolvidos na cadeia de reciclagem de REEE no município do Rio de Janeiro que de alguma maneira não são legalizados. Ou seja, não possuem registros ou licenças, comercializam resíduos sem a emissão de notas fiscais e são, por consequência, potenciais geradores de danos à saúde e ao meio ambiente.

Essa cadeia se inicia com os catadores informais que circulam nas ruas da cidade recolhendo resíduos recicláveis, sucatas e afins (também é possível que essa mesma lógica seja realizada por catadores cooperativados). Como se sabe, muitos resíduos eletrônicos são descartados nas ruas sem os devidos cuidados e normalmente são recolhidos por esses catadores, como demonstrado nas Figura 29, 30 e 31.



Figura 29: REEE doméstico depositado na rua no município do Rio de Janeiro

Fonte: Próprio Autor.



Figura 30: REEE de pessoa jurídica para ser entregue a catadores no município do Rio de Janeiro

Fonte: Próprio Autor



Figura 31: REEE doméstico depositado na rua no município do Rio de Janeiro

Fonte: Próprio Autor

Ao serem entrevistados, alguns catadores contaram que normalmente enviam os REEE para os “ferros-velhos”. No entanto, o que mais chamou a atenção foram os depoimentos que também apontaram Duque de Caxias como um polo de recebimento de REEE. Muitos relatos afirmaram que esse polo realmente existe e que, inclusive, pode estar havendo uma espécie de processamento e beneficiamento ilegal de características físico-químicas que pode estar sendo realizado sem qualquer tipo de controle, visando à extração de **ouro**, **prata** e **cobre** presentes nas PCI’s, por exemplo. Por outro lado, quando o REEE proveniente de fontes informais não é enviado diretamente para Duque de Caxias, eles são revendidos para sucateiros e atravessadores espalhados por todo o município do Rio de Janeiro que possivelmente os encaminham para uma das empresas de processamento e beneficiamento presentes no Rio, São Paulo e Minas Gerais, fazendo com que esses resíduos retornem para a cadeia formal novamente.

O que se pode constatar sobre esse cenário que envolve atores informais na cadeia de reciclagem é que existe um descompasso entre a demanda das empresas de reciclagem de REEE e a capacidade do mercado formal em atendê-la. Dessa maneira, como existe essa forte demanda por parte de empresas sediadas no município do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais e em outros países, demanda essa motivada em parte pelos altos valores dos materiais presentes nos REEE, a entrada de atores informais no processo se faz necessária uma vez que não existe resíduos eletrônico suficiente disponível através dos canais formais. Além disso, os resíduos de equipamentos eletrônicos, quando triados, podem alcançar o maior valor de venda dentre todos os produtos recicláveis. E como foi demonstrado, esse tipo de resíduo pode ser obtido de muitas maneiras diferentes, motivando ainda mais a entrada de agentes informais na cadeia.

#### **5.4. As dificuldades na Investigação**

O mercado de gestão de resíduos historicamente é conhecido por possuir a participação de organizações criminosas, como relatou André Trigueiro em

reportagem publicada pelo portal G1<sup>31</sup> e o autor do Blog Máfia do Lixo<sup>32</sup>. Dessa maneira, já eram esperadas dificuldades para a obtenção de dados precisos e informações completas. Muitos atores contatados não se dispuseram a fornecer informações e outros apenas aceitaram ser entrevistados após terem certeza de que não se tratava de nenhuma manobra de concorrentes ou atravessadores querendo obter informações privilegiadas. Ainda assim, o mapeamento do mercado informal ficou prejudicado por dois motivos, o primeiro devido à grande dispersão geográfica dos atores, o que impossibilitou uma amostragem mais completa, e o segundo, pelo fato da maioria dos entrevistados apontarem Duque de Caxias como um polo de processamento desse resíduo. Como o recorte geográfico desse estudo é o município do Rio de Janeiro, não coube a essa pesquisa se aprofundar nesta investigação. Ainda assim, ao perguntar para um determinado ator sobre a possibilidade de investigação naquele município o mesmo fez o seguinte alerta: “Se você for lá assim, fazendo perguntas, querendo saber quem vende, quem compra, pode nem voltar”.

## **5.5. Discussão e Análise dos Resultados**

O desafio de encontrar, no Brasil, uma solução comum para a Logística Reversa de REEE que contemple todos os atores envolvidos nessa cadeia de reciclagem, tem sido uma tarefa que o Grupo de Trabalho Temático de Eletroeletrônicos (GTT-REEE, 2012) do Comitê Orientador da PNRS está empenhado desde maio de 2011. Para que a logística reversa de REEE seja alcançada no país, esse grupo conta com o apoio de representantes da iniciativa privada, sociedade civil e do Poder Público que juntos equacionam um cenário que envolve uma conjugação de forças e interesses bastante distintos. Muitos dos desafios, nesse sentido, identificados no caso do Rio de Janeiro, parecem se repetir no contexto nacional e serviram de base para as primeiras reflexões do GTT.

---

<sup>31</sup> <http://g1.globo.com/platb/mundo-sustentavel/2012/08/30/a-mafia-do-lixo/>

<sup>32</sup> <http://www.mafiadolixo.com>

Uma das constatações à qual o grupo chegou diz respeito à periculosidade dos REEE. Está sendo sugerido pelo grupo a não caracterização desse tipo de resíduo como resíduo perigoso. Isto se deve ao fato de que ao considerar os REEE como perigosos se torna inviável a operação de parte da cadeia de reciclagem, pois a cadeia formal se inicia com a devolução dos produtos a uma série de estabelecimentos que por esta regra não estariam aptos a manusearem e armazenarem resíduos perigosos, como seria o caso dos estabelecimentos comerciais que hoje já recolhem alguns tipos de REEE. Pelo analisado na cadeia do Rio de Janeiro essa é uma definição bastante importante. A maior parte dos atores envolvidos na cadeia de reciclagem do Rio não teria condição de se adequar a regras mais rigorosas, pois hoje já trabalham no limite da precariedade e a renda proveniente do comércio dos REEE não suportaria tais modernizações. Dentro dos debates do GTT, surgiu também a intenção de se criar a isenção da emissão de documento fiscal para o recebimento e transporte dos produtos eletroeletrônicos descartados e movimentados dos pontos de coleta até o local onde serão descaracterizados. Essa seria uma medida bastante importante na tentativa de incluir na cadeia os atores informais que hoje já comercializam esses produtos sem controle e sem documentos fiscais, como apresentado na Figura 32. Cumprir-se-ia assim com mais um objetivo da PNRS que é a inclusão de cooperativas de catadores na logística reversa de diferentes resíduos.



Figura 32: Transporte de REEE por cooperativa no município do Rio de Janeiro

Fonte: Próprio Autor

Outro problema recorrente no caso do Rio de Janeiro é a responsabilidade pelos resíduos órfãos, que são aqueles para os quais não é possível identificar o fabricante; o fabricante ou produtor tiver declarado falência; ou o seu paradeiro for desconhecido. Esse é um conceito que apenas faz sentido em um contexto onde os fabricantes assumem responsabilidade somente pelos resíduos que colocou no mercado, referentes às suas marcas, que é uma corrente forte hoje no GTT. Sendo assim, naturalmente a iniciativa privada está pressionando para que o Poder Público assuma os custos para a reciclagem dos REEE órfãos. De qualquer maneira, a proposta final para esse assunto, apresentada no estudo de Análise de Viabilidade Técnica e Econômica (AVTE), prevê que o Poder Público compense o custo de processamento dos produtos órfãos através de políticas de incentivos, desoneração fiscal, fomento a P&D, entre outras iniciativas (INVENTTA, 2012).

Uma discussão interessante que surge a partir da interpretação da PNRS é a que pretende diferenciar os tipos de “consumidores”, já que a lei os imputa a responsabilidade de participar ativamente da cadeia de logística reversa de REEE. Esse debate surge com a constatação de que existem os EEE considerados bens de consumo e os considerado bens de capital, fazendo emergir uma diferenciação entre pessoa física e pessoa jurídica, que passariam a ter responsabilidades diferenciadas. Sendo assim, a própria AVTE se isenta desse debate ao afirmar que “o sistema será estruturado para lidar com REEE de consumo, ou seja, para lidar com descartes em volumes razoáveis para o perfil de consumo de uma pessoa física. Os REEE oriundos de pessoas jurídicas não estão sendo considerados na modelagem”. Porém, conforme constatado no município do Rio de Janeiro, existe uma grande quantidade de REEE disponibilizado para a cadeia de reciclagem que são provenientes da obsolescência de equipamentos provenientes de empresas privadas, conforme apresentado nas Figuras 33 e 34. Para que esses produtos não sejam enviados diretamente para o mercado informal é necessário que esse assunto seja debatido com mais clareza e que as devidas responsabilidades sejam atribuídas para os geradores considerados pessoas jurídicas.



Figura 33: REEE de pessoa jurídica depositado na rua no município do Rio de Janeiro  
Fonte: Próprio Autor



Figura 34: REEE depositado na rua no município do Rio de Janeiro

Fonte: Próprio Autor

Na mesma linha de impasses se encontram os REEE hospitalares ou resíduos provenientes de Produtos Eletromédicos:

“são equipamentos elétricos, sob regime da Vigilância Sanitária, que são energizados por meio de rede de alimentação elétrica ou fonte de alimentação interna com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, utilizados direta ou indiretamente para diagnóstico, tratamento e monitoração em seres humanos, e ainda com finalidade de embelezamento e estética.” (INVENTTA, 2012).

A gestão desses resíduos deve ser diferenciada já que oferecem risco de contaminação biológica ao serem manuseados. Ou seja, a implantação de postos de coleta em locais públicos é problemática, já que diversos produtos médicos podem estar infectados ou contaminados podendo causar riscos à saúde pública. Outro risco que envolve esse tipo de resíduos é o de quebra de informações sigilosas. Diversos equipamentos médicos podem conter informações sigilosas de pacientes, necessitando de procedimentos específicos para a formatação e descaracterização destes antes de serem descartados. Finalmente, esse já é um mercado altamente regulado, pois já existem restrições quanto ao acondicionamento, reuso e reciclagem de produtos médicos (Ex: ANVISA CP nº 34). Porém, de acordo com o Decreto Federal nº 7.404, que regulamenta a PNRS, os produtos eletromédicos apresentam-se enquadrados no grupo de equipamentos eletroeletrônicos. Dessa forma, o AVTE sugere que, devido às particularidades do setor de eletromédicos, seja criado um subgrupo dentro do GTT de eletroeletrônicos para tratar da Logística Reversa de Eletromédicos.

Também está sendo debatida no GTT uma metodologia para que os diferentes tipos de REEE possuam tratamentos distintos em função das suas características e dimensões. Ou seja, a primeira distinção que está sendo proposta leva em consideração a segmentação das linhas de produto: **Linha Branca** (Condicionador de ar; Lavadoras de Roupas; Fogões; Refrigeradores; Micro-ondas; Freezers; e Lavadora de louças); **Linha Verde** (Impressoras; Notebook; e Desktops); **Linha Azul** (Furadeiras; Forno elétrico; Liquidificador; e Batedeiras); e **Linha Marrom** (Câmeras e filmadoras; Produtos de Áudio DVD/VHS; Televisor LCD/Plasma; e Televisor Tubo), ficando cada fabricante responsável pela reciclagem de seu produto específico. E a outra, possui relação com o tamanho dos REEE. Pensa-se uma regra de proporção que cria uma relação entre o tamanho das lojas que receberiam os REEE e o volume dos REEE aceitos.

Dessa forma, pequenos estabelecimentos receberiam apenas pilhas, celulares e afins, enquanto os grandes pontos de recebimento aceitariam geladeiras, fogões, etc. Essa parece ser uma lógica interessante tratando-se da incorporação dos pontos de comércio na cadeia de coleta de REEE, principalmente por acolher as considerações feitas pelos próprios comerciantes com relação à utilização de espaços produtivos para atividades fora do negócio principal das empresas. Além disso, outra reivindicação dos empresários que operariam esses pontos de coleta diz respeito à dificuldade de realização de qualquer tipo de triagem, separação ou beneficiamento desses produtos dentro dos espaços das lojas. Segundo seus representantes, além da dificuldade de disponibilizar espaço para essas atividades, também incorreriam custos com pessoal, treinamento, EPI, etc. O que tornaria esse processamento inviável.

Por fim, o GTT aprovou em ATA que, em um primeiro momento, para cada um dos responsáveis (principalmente fabricantes e importadores) não haverá metas quantitativas (absolutas ou relativas à colocação de produtos no mercado interno) para reciclagem de REEE. Em compensação, até que existam informações suficientes para que estas metas sejam fixadas, haverá um conjunto abrangente de obrigações para todos os participantes da logística reversa no tocante à recepção e encaminhamento de REEE. Outros pontos também foram elencados pelo GTT como entraves para a solução da logística reversa de REEE no Brasil: transporte, legislação, política fiscal simplificada, leis divergentes estaduais e municipais, dentre outros, que vão ao encontro das reais necessidades levantadas no município do Rio de Janeiro.

### **5.5.1.**

#### **O Desenvolvimento do Mercado de Reciclagem de REEE**

Enquanto o Comitê Orientador da Logística Reversa de REEE não soluciona definitivamente quais serão os parâmetros e modelos a serem seguidos por toda a cadeia de reciclagem de REEE no Brasil, a iniciativa privada já inicia um movimento de expansão de empresas recicladores desses resíduos, fomentado pela demanda reprimida que já existe hoje.

É o que publicou o site Ecodesenvolvimento na matéria “Impulsionada por lei, reciclagem de eletrônicos registra crescimento no Brasil” no final de 2012<sup>33</sup>. De acordo com a matéria, o diretor da recicladora de eletrônicos *Vertas*, situada em Mauá (SP), afirmou que passou a receber um número maior de consultas e de produtos desde que a PNRS passou a valer como lei. Maria Tereza Carvalho, diretora do Cedir (Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática), da USP, já afirma que há uma “demanda reprimida” pela reciclagem. Muita gente a consulta para montar seu próprio centro. Ao mesmo tempo, Herbert Mascarenhas, da Abree (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos), que tem como parceiras AOC, Panasonic, Philips e outros, também concorda que houve aumento na procura. “É hoje uma área bastante assediada. Tenho recebido muito mais consultas sobre a gestão do processo.” Outra matéria<sup>34</sup>, publicada também no final de 2012 no portal G1 intitulada “Reciclagem de lixo eletrônico, o e-lixo, é oportunidade de mercado”, também afirma que o mercado de recicladores de REEE é crescente. A reportagem mostra que, por ano, o Brasil gera mais de três quilos de lixo eletrônico por habitante, mas que agora a lei força a gestão desses resíduos, fazendo surgir assim as oportunidades de negócio.

Esse movimento também é percebido no momento em que grandes empresas iniciam um posicionamento mais ousado, incorporando em seus modelos de negócio a reciclagem de REEE. É o caso da empresa de telefonia Oi. A matéria publicada no site Convergência Digital<sup>35</sup> comenta que a empresa fechou parceria estratégica com a Descarte Certo, empreendimento do Grupo Ambipar, especializada no serviços de coleta, manejo de resíduos e reciclagem de REEE. Por meio dessa parceria, a Oi financiará a construção de cinco fábricas de reciclagem no país (Rio de Janeiro; Rio Grande do Sul; Pernambuco; Amazonas; e Goiás). O total do financiamento será de R\$ 10 milhões ao longo de seis anos e as cinco unidades vão gerar cerca de cinco mil empregos diretos e indiretos. Ao todo, as fábricas terão capacidade para processamento de 1.200 toneladas de resíduos por mês, praticamente dobrando a capacidade instalada para

<sup>33</sup><http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/dezembro/impulsionada-por-lei-reciclagem-de-eletronicos?tag=rrr>

<sup>34</sup><http://g1.globo.com/economia/pme/noticia/2012/10/reciclagem-de-lixo-eletronico-o-e-lixo-e-oportunidade-de-mercado.html>

<sup>35</sup> <http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=32619&sid=16>

processamento de lixo eletroeletrônico atual. A Oi é a primeira operadora de telefonia e a primeira empresa da iniciativa privada a fechar uma parceria estratégica que viabiliza a cadeia completa de gestão de resíduos eletrônicos.

Em paralelo, a HP também batalha para ser a primeira empresa em território nacional a fechar o ciclo da reciclagem de REEE assumindo o processamento de metais, que atualmente é realizado no exterior. Em reportagem publicada no jornal *Estadão*<sup>36</sup>, o diretor de operações e líder do Programa Integrado de Sustentabilidade da HP, Kami Saidi, afirma que esse projeto, chamado de *Sintronics*, facilitará a reinserção na cadeia de consumo das quase 100 mil toneladas de lixo eletrônico produzidos anualmente no País. Toda a parte tecnológica do processo ficará a cargo da Flextronics, uma grande empresa de Cingapura do ramo de eletrônicos que possui fábrica em Manaus. Além da Flextronics, a Cimelia, outra empresa com sede em Cingapura, também cogita fazer a extração de metais em território brasileiro. Atualmente, ela exporta até 400 toneladas de lixo eletrônico por mês para serem processadas no país asiático. Segundo dados divulgados na reportagem, cerca de 500 milhões de aparelhos sem uso no país estão guardados em residências para serem reciclados. De acordo com a matéria, empresas e entidades ligadas ao setor de eletrônicos esperam que iniciativas como essa tragam incrementos a toda a cadeia de reciclagem de eletrônicos, cujo maior problema é a falta de um ciclo constante.

Prova de que esse mercado está em franca expansão é o modelo de negócio que está sendo desenvolvido pela empresa BVRIO<sup>37</sup> (Bolsa Verde do Rio). Especializada na comercialização de créditos de reserva legal, a empresa possui uma plataforma onde proprietários de terrenos podem negociar suas áreas verdes com a finalidade de cumprirem com a necessidade mínima de reserva florestal. Essa mesma lógica está sendo transferida para a cadeia de logística reversa. Ou seja, uma determinada empresa que possui obrigação de participar de um acordo setorial ou arranjo para a logística reversa de REEE poderia comprar “créditos” (um tipo de participação) em um modelo de reciclagem já montado, sem precisar arcar assim com custos operacionais ou logísticos. Segundo o representante da

---

<sup>36</sup><http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,com-usina-em-sorocaba-pais-fechara-elo-da-reciclagem-de-eletronicos-,952012,0.htm>

<sup>37</sup> <http://www.bvrrio.org>

BVRIO, esse modelo já é operado na cadeia de logística reversa de pneus, o que comprovaria sua eficiência.

Em um estudo apresentado pelo Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata Não Ferrosa e de Ferro e Aço (INESFA), apresentado na 8ª reunião do GTT-REEE, comprova que existem hoje no Brasil 89 empresas que comercializam em algum nível os REEE. Pelo exposto, é provável que esse número continue crescendo e que essas empresas ocupem todas as etapas da cadeia de reciclagem de REEE no país. No que tange à geração de empregos formais, a avaliação apresentada na AVTE estima o potencial de criação de cerca de 10 a 15 mil posições de trabalho para operação do sistema desde os pontos de descarte/recebimento, passando pelos centros de triagem e chegando até às recicladoras que irão processar o volume de REEE. Tal estimativa considera o momento em que o sistema estará em plena operação, cobrindo 100% do território nacional. Outro impacto que merece destaque é a expectativa de retorno de matérias-primas ao mercado. Conforme demonstrado no estudo, para alguns materiais existe o potencial do sistema de logística reversa dos REEE contribuir com até 18% de crescimento da disponibilidade de certos tipos de materiais reciclados no mercado, como é o caso dos plásticos (INVENTTA, 2012).

### **5.5.2.**

#### **As Soluções Propostas para Logística Reversa de REEE**

Na tentativa de criar um modelo único para a logística reversa de REEE em todo Brasil composto pelos interesses de todos os atores envolvidos na cadeia, a AVTE desenvolveu uma metodologia de comparações de cenários com o intuito de definir e indicar qual seria a melhor matriz de responsabilidade que desse conta das variáveis-chave constantes na Tabela 7:

Tabela 7: Descrição e Alternativas Consideradas para cada Variável-Chave.

Variável-chave	Descrição	Alternativas consideradas
A. Fonte dos recursos para viabilização	Refere-se a predominância da origem dos recursos para cobertura dos custos previstos na modelagem do sistema de logística reversa	1. Taxa ou Imposto 2. Fabricante / Importador 3. Custos compartilhados
B. Responsabilidade pelos produtos órfãos	Determina quem arca com o custo da logística reversa relativa aos resíduos eletroeletrônicos de produtos órfãos	1. Poder público 2. Fabricante / Importador
C. Metas de recolhimento e reciclagem	Refere-se ao estabelecimento ou não de metas de recolhimento e reciclagem dos REEE	1. Sem metas 2. Com meta de reciclagem 3. Com meta de recolhimento e reciclagem
D. Grau de responsabilidade do Poder Público	Refere-se ao grau de envolvimento e responsabilidade do Poder Público na gestão, operação e viabilização do sistema de logística reversa de REEE	1. Legislador, regulamentador e fiscalizador 2. Atuante 3. Operador
E. Tratamento do REEE	Considera o tratamento formal a ser dado ao resíduo eletroeletrônico	1. Mercadoria 2. Resíduo não perigoso 3. Resíduo perigoso
F. Reuso no sistema de logística reversa	Refere-se ao tratamento a ser dado ao reuso dentro do sistema de logística reversa	1. Não estimulado 2. Estimulado por campanhas 3. Viabilizado pelo sistema
G. Segregação do resíduo por marcas	Determina se haverá a segregação do resíduo eletroeletrônico por marca, suportando a determinação das responsabilidades referente a cada fabricante / importador	1. Com segregação por marca 2. Monitoramento por amostragem 3. Sem segregação por marca
H. Responsabilidade pelo REEE	Refere-se ao modelo de estabelecimento do volume de REEE sob a responsabilidade de cada fabricante	1. Individualizada 2. Definida proporcionalmente
I. Modelo de competição	Refere-se ao grau de competição a ser estimulado na modelagem da logística reversa.	1. Monopólio 2. Competitivo

Fonte: INVENTTA, 2012.

A modelagem proposta pela AVTE para a Logística Reversa de REEE teve como características básicas os seguintes pontos:

- O sistema será estruturado para lidar com REEE de consumo, ou seja, para lidar com descartes em volumes razoáveis para o perfil de consumo de uma pessoa física. Os REEE oriundos de pessoas jurídicas não estão sendo considerados na modelagem;
- Logística reversa dividida entre logística primária (transporte da casa do consumidor até o centro de triagem) e logística secundária (transporte do centro de triagem até sua destinação final);

- Logística primária distinta entre REEE de pequeno porte (portáteis) e REEE de grande porte;
- Associação obrigatória de fabricantes e importadores em uma ou mais organizações gestoras que irão gerenciar o sistema de logística reversa e farão a interface com os órgãos reguladores;
- Implantação do sistema em fases de implantação, priorizando inicialmente regiões com maior densidade de resíduos;
- Disponibilização de rede de pontos fixos de descarte/recebimento em municípios de grande porte;
- Realização de campanhas de recolhimento em municípios não cobertos pela rede de pontos fixos de descarte/recebimento;
- Não haverá distinção entre marcas para fins logísticos, apenas um monitoramento por amostragem para gestão e controle do sistema;
- Produtos considerados órfãos serão custeados pelo poder público através de políticas de incentivos, isenção fiscal, fomento à pesquisa, e outros instrumentos a serem criados (p.e.: fundo para reciclagem).

Dessa maneira, após realizar uma análise detalhada para cada variável-chave, onde foram abordados pontos positivos e negativos, além de benchmarks nacionais e internacionais, foi possível enquadrar as variáveis no modelo proposto da seguinte forma:

Tabela 8: Variáveis-Chave Enquadradas no Modelo Proposto

Variável	Modelo	Observações
<b>A. Fonte dos recursos para viabilização</b>	Custos compartilhados	Consumidor, Comércio, Fabricantes e Importadores arcam com os custos de todo o processo.
<b>B. Responsabilidade pelos produtos órfãos</b>	Poder público	Poder Público compensa custo de processamento dos produtos órfãos através de políticas de incentivos, desoneração fiscal, fomento a P&D, e outras iniciativas.
<b>C. Metas de recolhimento e reciclagem</b>	Com meta de reciclagem	100% dos REEE que entrarem no sistema estabelecido pelas organizações gestoras representantes dos fabricantes e importadores deverão ser processados.
<b>D. Grau de responsabilidade do Poder Público</b>	Atuante	Não opera o sistema, mas atua de forma a estimular o seu melhor funcionamento através de provimento de fonte de recursos para PD&I, financiamento para infra-estrutura, campanha para reuso e recolhimento de REEE, entre outros.
<b>E. Tratamento do REEE</b>	Resíduo não perigoso	REEE não deve ser descaracterizado até chegar à recicladora, quem deverá estar devidamente licenciada para processar sua destinação.
<b>F. Reuso no sistema de logística reversa</b>	Possibilitado	Consumidor que declarar intenção de doar seu equipamento para reuso será instruído nos pontos de descarta/recebimento ou nas centrais de atendimento das gestoras.
<b>G. Segregação do resíduo por marcas</b>	Monitoramento por amostragem	REEE descartados via pontos de recebimento do sistema não serão segregados por marca. Deverão ser medidos por amostragem nos centros de triagem para fins de determinação de órfão, encontro de contas com outras organizações gestoras e informação ao órgão regulador. Fica a critério dos fabricantes e importadores estabelecerem um sistema mais preciso de medição.
<b>H. Determinação da responsabilidade pelo REEE</b>	Definida proporcionalmente	Responsabilidade de cada fabricante determinada por sua proporção de vendas do ano anterior. O equilíbrio do sistema será realizado através de recomendações dos órgãos fiscalizadores.
<b>I. Modelo de competição</b>	Competitivo	Fabricantes e Importadores se agrupam em organizações gestoras para estruturarem e gerirem a logística reversa, ficando a critério dos mesmos a escolha dos seus parceiros de logística e reciclagem. Incentiva-se que mais de uma organização gestora seja criada.

Fonte: INVENTTA, 2012.

De acordo com esse estudo, o estabelecimento do sistema de Logística Reversa tem como principal virtude fortalecer o mercado da reciclagem no Brasil podendo trazer benefícios nos três pilares da sustentabilidade: **Social** - Geração de empregos formais, fortalecimento das associações de catadores com geração de oportunidades de prestação de serviços ao sistema, promoção de uma maior

conscientização da população quanto às questões ambientais relacionadas aos equipamentos eletroeletrônicos e minimização de problemas de saúde causados pelo manuseio incorreto de REEE; **Econômico** - Maior retorno ao mercado de matérias-primas advindas da reciclagem de REEE, fortalecimento da indústria da reciclagem pelo consequente aumento da demanda e desenvolvimento de conhecimento e tecnologias relacionada a reciclagem de REEE; e **Ambiental** - Diminuição de casos de descarte incorreto de REEE, melhoria da qualidade dos serviços de reciclagem e consequente menor nível de rejeitos nos aterros e redução de gasto energético por conta de uso de materiais reciclados (p.ex.: o gasto de energia para reciclagem de alumínio é 95% menor do que para sua produção primária) (INVENTTA, 2012).

Portanto, após realizar um profundo mergulho no entendimento da cadeia e do arcabouço que envolve a questão da logística reversa dos REEE, a AVTE identificou uma série de condições necessárias para que o sistema de logística reversa proposto fosse viável, operando de forma eficaz e eficiente:

**Aspectos tributários e legais:** Revisar marco legal de forma a se permitir tratar o REEE como resíduo não perigoso no processo de logística reversa (antes de transformações físicas e químicas); Rever legislação que impõe a existência do termo de doação no caso da transferência de posse do REEE; Avançar na discussão das questões relacionadas a incidência de impostos na cadeia de reciclagem de forma a isentar impostos no transporte de REEE; Promover o mercado da reciclagem através de incentivos fiscais pelo uso de material reciclado, venda de produtos com conteúdo reciclável ou com design ecológico e criar instrumentos legais de controle para garantir que todos os Fabricantes, Importadores e Comerciantes se vinculem ao sistema.

**Instrumentos financeiros:** Disponibilizar linhas de crédito para investimentos em infraestrutura das recicladoras regionais através de linhas de crédito incentivadas;

**Incentivo a P,D&I:** Prover fomento a pesquisa para desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem, aplicações das matérias primas recicladas e ecodesign;

**Infraestrutura:** Promover articulação entre Fabricantes, Importadores, Comércio e Poder Público para alinhamento dos objetivos do sistema de logística reversa dos REEE com os planos de gestão de resíduos sólidos.

**Política comercial e aduaneira:** Incluir nas embalagens e manuais dos produtos eletroeletrônicos, instruções quanto aos procedimentos de descarte.

**Modelo operacional:** Estabelecer parcerias com Associações e Cooperativas para suporte operacional da logística primária e centros de triagem; Planejar ações de divulgação e conscientização que deverão ser implementadas pelo poder público, organizações gestoras e comércio; Detalhar infraestrutura de descarte/recebimento dos REEE segundo suas especificações técnicas; Detalhar infraestrutura para triagem dos REEE; Definir critérios que diferenciarão resíduos de pequeno porte dos de grande porte; Estabelecer um comitê de acompanhamento da implantação do sistema, de forma a se implementar os ajustes necessários para eficácia do modelo; Detalhar as condições e o processo de formalização e cadastro das organizações gestoras; Detalhar o fluxo de informações e interfaces com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR); e Definir as condições técnicas para certificação das recicladoras que poderão compor o sistema.

Possuindo como base a análise do cenário da cadeia de reciclagem de REEE no município do Rio de Janeiro, é possível acreditar que o conjunto de soluções fornecidas possui a intenção correta. No entanto, como comprovado, já existe um mercado informal bastante desenvolvido e para que esses atores sejam incluídos no Logística Reversa de forma definitiva seria preciso um esforço de fiscalização e trabalho conjunto das três esferas do Poder Público, não contemplado nas soluções da AVTE com o devido enfoque.

## **6. Considerações Finais**

A gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil está hoje em sua gênese. Em 2007, quando Rodrigues (2007) identificou os primeiros fluxos de gestão de REEE no Brasil, ainda não existia uma cadeia estruturada e poucas empresas formais realizavam a gestão dos resíduos eletroeletrônicos. Atualmente, com o aumento da demanda das indústrias recicladoras por partes específicas encontradas nos REEE, as empresas especializadas que já existiam no país começam a se expandir e muitas outras estão sendo construídas e planejadas. Dessa maneira, empreendedores nacionais e internacionais estão focados no grande potencial do mercado de reciclagem de REEE no Brasil.

No Rio de Janeiro o cenário é parecido, porém, bastante informal. Durante a pesquisa desenvolvida para esse estudo foi encontrada apenas uma empresa que realiza o beneficiamento dos REEE para reciclagem e uma cooperativa licenciada que atua na coleta e processamento desses resíduos. No entanto, paralelo a esse cenário existe também uma grande quantidade de atores informais que operam uma rede de reciclagem que se inicia no descarte dos resíduos e termina em supostas centrais de reciclagem clandestinas em municípios vizinhos. O maior desafio para os formuladores da Logística Reversa de REEE é de fato a incorporação desse mercado informal, ou mesmo a regulamentação e fiscalização desses atores, o que não está sendo previsto até hoje. Quando é afirmado na PNRS ser necessária a absorção das cooperativas e associações de catadores nos processos de logística reversa, ela está se referindo aos atores formais desse processo e não aos informais, e essa interpretação segue igual, inclusive sendo reafirmada no Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes (MMA/EDITAL Nº 01/2013), publicado no dia 13 de fevereiro de 2013.

Conforme esse Edital, a proposta de Acordo Setorial poderá ser elaborada com a participação das cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis, desconsiderando os atores não associados ou não organizados e as empresas não licenciadas. De certa forma essa é a única

estratégia possível para incorporar os catadores associados ou cooperativados (formais), uma vez que não é possível incentivar o trabalho informal. No entanto, ignorar a existência de um mercado informal de grandes proporções e com alto potencial de impacto ambiental e econômico gera a impressão de que continuarão a existir dois sistemas paralelos, um formal e estruturado e um informal e precário. A única alternativa para esse cenário seria uma articulação do estado e do município do Rio de Janeiro com o objetivo de fiscalizar, regular e incentivar a migração do mercado informal para o formal.

É possível crer que o contexto encontrado no município do Rio de Janeiro seja parecido com o das demais cidades do Brasil. Isso leva a acreditar que durante a elaboração do Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos poderia estar sendo direcionada mais atenção para a identificação e incorporação de atores informais que já existem, subsidiando sua formalização. No entanto, isto não está sendo previsto, já que nos termos do Edital:

“Qualquer entidade **juridicamente constituída** poderá realizar as ações propostas nas etapas do sistema de logística reversa incluindo cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis ou outras formas de empreendimentos sociais, instituições sem fins lucrativos e empresas do comércio de reciclagem, desde que **resguardados os requisitos de proteção ao meio ambiente, saúde e segurança do trabalho.**” (MMA/EDITAL Nº 01/2013)

Essa lógica certamente irá fortalecer os mercados formais que hoje são mais estruturados e se encontram no eixo sul-sudeste do país em detrimento do desenvolvimento dos mercados locais dos municípios com mais de 80.000 habitantes, que possivelmente possuem grande parte do mercado de reciclagem de REEE na informalidade (todos os municípios com mais de 80.000 habitantes deverão participar da Logística Reversa sendo necessário pelo menos um ponto de coleta para cada 25.000 habitantes).

Outra estratégia adotada para os primeiros cinco anos do Acordo Setorial foi considerar que os resíduos objeto desse acordo serão aqueles oriundos de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico apenas, sendo excluído os de uso industrial, hospitalar e os de bem de capital. Portanto, ao partir da premissa que os primeiros cinco anos de implantação da Logística Reversa servirão de teste, essa estratégia

de reduzir a quantidade e as fontes geradoras de REEE parece justa, ainda mais quando se pensa em uma cidade como o Rio de Janeiro, onde a maior parte dos REEE descartada incorretamente é mesmo de origem doméstica. De qualquer forma, as metas para esse Acordo Setorial são modestas: atingir até o quinto ano após a assinatura do Acordo o recolhimento e a destinação final ambientalmente adequada de 17% (dezessete por cento), em peso, dos produtos eletroeletrônicos que foram colocados no mercado nacional no ano anterior ao da assinatura do Acordo Setorial. Ou seja, em 2018 o Brasil deverá ter reciclado 17% do que foi vendido em 2012. Se se pensar que a cada ano a venda de produtos eletrônicos aumenta, é fácil perceber que se levará muitos anos para se ter um sistema de reciclagem de REEE eficiente e relevante no país. Além disso, a viabilidade de uma estrutura desse tipo depende de incentivos federais por meio de benefícios fiscais e apoio financeiro, o que também não está sendo previsto no Edital.

Por outro lado, é na base da produção o local onde as ações para a resolução dos principais problemas relacionados aos resíduos eletroeletrônico podem ser mais efetivas, pois é nela que as decisões sobre projetos e componentes são tomadas. Apesar da PNRS mencionar claramente a necessidade da incorporação de conceitos como eco-design e avaliação do ciclo de vida em todos os processos produtivos, pouco está sendo discutido no contexto nacional sobre as medidas que suportem essas mudanças.

Além disso, também não foi encontrada nenhuma definição, estudo ou debate sobre os limites e critérios de fiscalização que devem existir para coibir a exportação ilegal de REEE para países em desenvolvimento e sem estrutura para reciclagem. Esse é um problema que está sendo debatido seriamente em muitos países enquanto no Brasil passa-se ao largo. Além desse, outro tema que não está recebendo destaque no Brasil são os programas de certificação para toda a cadeia de reciclagem de REEE. Assim, é possível deduzir que, por se estar em um momento de criação de um mercado formal estruturado de reciclagem de REEE, muitos assuntos relevantes perdem importância nas pautas de debate já que a definição das medidas de estruturação desse mercado devem ser prioritárias. O Brasil ainda não possui, também, tecnologia de ponta para o processamento de certos componentes dos REEE. Enquanto não se desenvolverem essas novas

tecnologias de tratamento, internamente ou através de acordos de transferência de tecnologia, o Brasil continuará recebendo uma série de empresas internacionais que, ao ocuparem o espaço existente nesse mercado, reduzem os seus custos de exportação, incorporando um mercado ainda maior aos seus negócios.

Pelo exposto, percebe-se um movimento de identificação de todo o potencial do mercado de reciclagem de REEE no Brasil e no Rio de Janeiro. No entanto, é necessário que os empresários brasileiros se articulem rapidamente e busquem parcerias com o poder público a fim de se desenvolverem para não serem ultrapassados por empresas internacionais. E, ao poder público, cabe a missão de continuar a incorporar os conceitos de gestão de REEE e aprimorar a legislação e fiscalização com o intuito de abarcar todas as realidades que existem no país e todas as dificuldades, como as elevadas taxas, impostos e burocracias, além de ter que realizar o grande esforço de trazer para a formalidade toda uma rede de pessoas que hoje trabalha na porção não iluminada da sociedade.

Ao fim da presente pesquisa foi possível apresentar e analisar, à luz das melhores práticas nacionais e internacionais sobre gestão de resíduos eletroeletrônicos e das atividades e estudos atualmente desenvolvidos para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, grande parte dos gargalos, entraves, conflitos e oportunidades para a efetiva implementação da Logística Reversa de REEE na cidade do Rio de Janeiro.

Posto isso, pode-se afirmar que grande parte dos resíduos eletroeletrônicos no município do Rio de Janeiro não recebe destinação final ambientalmente adequada. Isso se deve pela constatação que a maior parte dos REEE acaba nos aterros sanitários. Além disso, todos os processos que envolvem a coleta, transporte, desmonte e beneficiamento desses resíduos, nos casos estudados no município do Rio de Janeiro, não possuem procedimentos que resguardem os requisitos de proteção ao meio ambiente, saúde e segurança do trabalho.

Ademais, muitas janelas foram abertas por esse estudo que merecem investigações mais profundas. É o caso dos indícios que apontam para uma central de desmonte e processamento ilegal de REEE em Duque de Caxias. De acordo

com alguns relatos, estão inclusive queimando Placas de Circuito Impresso para extração de ouro naquele município. Outros relatos que merecem apuração mencionam atividades ilegais por parte de algumas empresas de desmonte e beneficiamento de componentes de REEE no Brasil. Alguns entrevistados afirmam que essas empresas estão exportando componentes de REEE para países da Ásia e Oriente Médio para serem reciclados no mercado informal que existe em muitos países, perseguindo os baixos custos de destinação final. Além disso, para um mapeamento mais detalhado de toda a cadeia de reciclagem de REEE no município do Rio de Janeiro seria necessário que fossem desenvolvidos estudos de quantificação sobre geração e destinação de REEE e, para complementar o cenário, seria importante que os municípios vizinhos ao Rio de Janeiro também fossem estudados.

## Referências bibliográficas

ABINNE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Panorama Econômico e Desempenho Setorial 2012**. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon40.htm>

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. Resíduos Sólidos – Classificação – **NBR10.004**. Rio de Janeiro: ABNT.

AINOL-NOVO. **Site institucional**. Disponível em <<http://www.ainol-novo.com/>>. Acessado em: 3/12/2012.

AMM. American Metal Market. **E-Waste Legislation Gaining Support**. Publicado em 30 de Dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.amm.com/article/2954835/e-waste-lagislation-gaining-support.html>>

ANTUNES, R. **Os sentidos do trabalho**. São Paulo: Boitempo, 7ª ed. 2005.

ARAUJO, A., MAGRINI, A. et al. **Model for Estimation of Potential Generation of Waste Electrical and Electronic Equipment in Brazil**. In: COSSU, R. Waste Management. Elsevier, February, 2012.

ASHLEY, P. **Gestão Ecocêntrica e Consumo Responsável: Desafios para a Responsabilidade Social Corporativa**. in Ashley, P. (org.) *Ética e Responsabilidade Social nos Negócios*. São Paulo. Editora Saraiva. 2002.

BRASIL. Lei 12.305, de dezembro de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Poder Executivo. Decreto 7.404 de 23 de Dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos**. Diário Oficial da Imprensa Nacional. Brasil, 2010.

CAER. Coalition for American Electronics Recycling. **About these bills - and why their passage is important to America**. Disponível em: <<http://www.americanerecycling.org/aboutthebills.html>>. Acessado em 15/12/2012.

CALCE. **The Center for Advanced Life Cycle Engineering**. Site institucional. Disponível em <<http://www.calce.umd.edu/index.htm>>. Acessado em 29/11/2012.

CALVÃO DA SILVA, João. **Responsabilidade civil do produtor**. Coimbra: Almedina, 1999, p.13.

CETEM/MCT. SANTOS, F.; SOUZA, C. **Série Tecnologia Ambiental: Resíduos de origem eletrônica**. ISSN 0103-7374 ISBN 978-85-61121-65-5 STA – 57. CETEM/MCT, 2010.

CHUNG, Sung-Woo; SUZUKI, Rie Murakami. A comparative study of e-waste recycling systems in Japan, South Korea and Taiwan from the EPR perspective: implications for developing countries. In: Michikazu Kojima ed., **Promoting 3Rs in Developing Countries: Lessons from the Japanese Experience**, Chiba, IDE-JETRO, 2008.

DALCOL, P.R.T.; ZUKIN, M. **Flexibilidade de manufatura na indústria eletroeletrônica: percepção gerencial e aplicação. Gestão e Produção**. V.%, n.1, p.18-33, 1998.

DIAS, João Carlos Quaresma. **Logística Global e Macrologística**. Lisboa: Edições Sílabo, 2005. ISBN 978-972-618-369-3

DTI. **Waste electrical and electronic equipment (WEEE): innovating novel recovery and recycling technologies in Japan**. Global Watch Mission Report. September, 2005.

ELETRONLIVRE. **Blog autônomo**. Disponível em <<http://eletrons-livre.blogspot.com.br>>. Acessado em 4/12/2012.

ESTADÃO. Jornal O Estado de São Paulo. **Com usina em Sorocaba, País fechará elo da reciclagem de eletrônicos**. Publicação: 28 de Outubro de 2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,com-usina-em-sorocaba-pais-fechara-elo-da-reciclagem-de-eletronicos-,952012,0.htm>>. Acessado em: 15/11/2012.

E-STEWARDS. **The e-waste crisis introduction**. Site institucional. Disponível em: <<http://e-stewards.org/the-e-waste-crisis/>>. Acessado em: 5/12/2012.

E-STEWARDS. **What's driving the e-waste crisis**. Site institucional. Disponível em: <<http://e-stewards.org/the-e-waste-crisis/>>. Acessado em: 5/12/2012b.

EWASTE. **Ewasteguide.info - a knowledge base for the sustainable recycling of e-Waste**. Disponível em: <[http://www.ewasteguide.info/images\\_galleries](http://www.ewasteguide.info/images_galleries)>. Acessado em: 4/12/2012.

FERNANDES, AJ. **Implicações ambientais do marketing contemporâneo**. Santa Bárbara Dóeste; 2001. 157 p. (Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção) Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo – UNIMEP.

FIGUEIREDO, PJM. **A Sociedade do Lixo: Os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. 2ª ed. Piracicaba – SP: UNIMEP, 1995.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GTT-REEE. **ATA de Reunião do GTT-REEE's - Grupo de Trabalho Temático -Eletroeletrônicos**. Grupo de Trabalho para Implantação da Logística Reversa da PNRS. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Secretaria do Desenvolvimento da Produção Departamento de Competitividade

Industrial. Memória de Reunião de 1 a 10. Brasília, DF. De 05/05/2011 a 17/05/2012.

HEISNAKEN, E. The institutional logic of life cycle thinking, **Journal of Cleaner Production**. Volume 10, n.5, 2002, p. 427-437, Elsevier.

HOLZMANN, Mário César, et al. **Avaliação do ciclo de vida (acv) na indústria eletrônica: Aspectos teóricos e práticos**. In: XI Encontro Nacional e I Encontro Internacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2009, Fortaleza. Anais do XI ENGEMA.

INVENTTA. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. Estudo elaborado a pedido do GTT-REEE, 2012. Brasília, DF. Setembro de 2012. Disponível em: <[http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1350582301.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1350582301.pdf)>.

ISO 14.040:2001. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**.

JESWIET, J.; HAUSCHILD, M. EcoDesign and future environmental impacts, **Materials & Design**, Volume 26, n.7, 2005, p.629-634, Elsevier.

KOSHIBA, Luiz. **História. Origens. Estruturas e processos**. São Paulo: Atual, 2000. P.165.

KOTLER, P. **Marketing de A a Z – 80 Conceitos que tudo profissional precisa saber**. Trad. Alonso Celso Cunha Serra – Rio de Janeiro: Campus, 2003.

LEUNG, Anna O. W, et al. **Heavy Metals Concentrations of Surface Dust from e-Waste Recycling and Its Human Health Implications in Southeast China**. Environ Sci Technol. Hong Kong, PR China, 2008.

LEE, CH et al. **An overview of recycling and treatment of scrap computers**. Journal of Hazardous Materials. Volume 114, n. 1-3, 2004, P. 93-100, Elsevier.

LEE, CH et al. **Management of scrap computer recycling in Taiwan**. Journal of Hazardous Materials, 2000, Volume 73, n. 1-3, 2000, P.209-220, Elsevier.

LEITE, Paulo Robert; et al. **O Papel da Logística Reversa no Reaproveitamento do “Lixo Eletrônico” – Um Estudo No Setor De Computadores**. Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA, São Paulo. v.5, n.1, 2011.

LEMOS, Patrícia Faga Iglecias. **Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo**. 1a. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2011.

LEONARD, Annie. **A História das Coisas: da Natureza ao Lixo, o que Acontece com Tudo que Consumimos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

LINDHQVIST, T. **Extended producer responsibility in cleaner production: policy principle to promote environmental improvements of product systems.** Tese (Doutorado) - The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University, 2000.

LOPES, José Reinaldo de lima. **O Direito na história. Lições introdutórias.** São Paulo: Max Liminad, 2002, p.50-52.

MAGRINI, A., ARAUJO, M. Araujo, et al. **Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment, a Case Study: Brazil.** In: Global Risk-Based Management of Chemical Additives. The Handbook of Environmental Chemistry. Springer, 2012.

MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada.** 3ª Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANZINI, E., VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** São Paulo: EDUSP, 2005.

MATTOS, Karen Maria da Costa. **Os Impactos Ambientais Causados pelo Lixo Eletrônico e o Uso da Logística Reversa para Minimizar os Efeitos Causados ao Meio Ambiente.** XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENGEPE. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.

MCDONOUGH, W. BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things.** North Point Press, NY, 2002.

MERCADO A., CÓRDOVA, K. Desarrollo sustentable – Industria: más controversias menos respuestas, **Ambiente & Sociedad** – Vol. VIII nº. 1 jan./jun, 2005.

MÉSZÁROS, I. **Produção Destrutiva e Estado Capitalista.** São Paulo: Ensaio, 1989.

MMA/EDITAL Nº 01/2013. **Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes.** Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, DF, 2013.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal do Rio de Janeiro. **Lei 4.969 de 3 Dezembro de 2008.** Objetivos, Instrumentos, Princípios e Diretrizes Para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no Município Do Rio De Janeiro.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA; F. S. P. **Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Cleaner Production Initiatives and Challenges For a Sustainable World, vol. 20, maio, 2011.

OECD. **The Organization for Economic Co-operation and Development.** Environmental policy tools and evaluation. Site institucional. Disponível em:

<<http://www.oecd.org/env/environmentalpolicytoolsandevaluation/extendedproductresponsibility.htm>>. Acessado em: 30/11/2012.

PALONE, S. **Resíduo Eletrônico: Redução, Reutilização, Reciclagem e Recuperação.** Reportagem. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=32&id=379>>. Acessado em: 3/12/2012.

PARLAMENTO EUROPEU. **Diretiva 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 elétrico e eletrônicos,** in: Jornal Oficial da União Europeia de 13.02.2003.

PARLAMENTO EUROPEU. **Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de Janeiro de 2003: Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE),** in: Jornal Oficial da União Europeia de 13.02.2003.

PIRES, S.R.I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management): Conceitos, estratégias, práticas e casos.** São Paulo: Atlas, 2004.

PRADO, M. R. ; KASKANTZIS NETO, G. **A Análise do Ciclo de Vida Como Ferramenta de Otimização de Processos e Gestão Ambiental.** Revista Eletrônica Polidisciplinar Voos. Vol. 1, Número 1. Paraná. 2005.

RIFKIN, Jeremy. **A era do acesso.** São Paulo: Makron Books, 2001, p. 86.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impactos Socioambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos:** estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba. São Paulo, 2007.

RUBIK, F. Environmental sound product innovation and Integrated Product Policy (IPP), **The Journal of Sustainable Product Design 1:** Kluwer Academic Publishers, p.219-232, 2001.

SENA, Fabricio Roberto. **Evolução da Tecnologia Móvel Celular e o Impacto nos Resíduos de Eletroeletrônicos.** Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2012.

SILVIA, Edna Lúcia, et al. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4ª Ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SLACK, N, et al. **Administração da Produção,** Trad. Maria Tereza Correa de Oliveira, 2. Ed. – São Paulo: Atlas, 2002.

STARTIPP. **Start Integrated Product Policy.** Site institucional. Disponível em: <[http://www.startipp.gr/whatis\\_pt.htm](http://www.startipp.gr/whatis_pt.htm)>. Acessado em: 30/11/2012.

TAKEBACK. Electronics Takeback Coalition. **Facts and Figures on E-Waste and Recycling**. Publicado em 21/02/2012. Disponível em: <[http://www.electronicstakeback.com/wp\\_content/uploads/Facts\\_and\\_Figures\\_on\\_EWaste\\_and\\_Recycling.pdf](http://www.electronicstakeback.com/wp_content/uploads/Facts_and_Figures_on_EWaste_and_Recycling.pdf)>. Acessado em: 10/12/2012.

TIEZZI, E. **Tempos históricos, Tempos biológicos: a Terra ou a morte: Os problemas da nova ecologia**; trad. De Frank Roy Cintra Ferreira, Luiz Eduardo de Lima Brandão. – São Paulo: Nobel, 1988.

UNEP. United Nations Environment Program. **Basel Conference Addresses Electronic Wastes Challenge**. Site institucional. Artigo publicado em 2006. Disponível em: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=485&ArticleID=5431&l=en>>. Acessado em: 7/12/2012.

UNEP. United Nations Environment Program. **Recycling - From E-Waste To Resources**. [S.I.], Junho 2009. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=DTI/1192/PA>>. Acesso em: 20/12/2012.

UNEP/BASEL Convention. **Vital Waste Graphics 3**. The Secretariat of the Basel Convention. Belley, France, 2012.

UNEP/BASEL Convention. **Where Are WEEE in Africa? Findings from the Basel Convention E-waste Africa Programme**. Châtelaine, Switzerland: The Secretariat of the Basel Convention, United Nations Environment Programme, 2011.

USEPA. **Electronics Waste Management in the United States Through 2009**. EPA 530-R-11-002. May, 2011b. Disponível em <<http://www.epa.gov/wastes/conservation/materials/ecycling/docs/fullbaselinereport2011.pdf>>.

USEPA. **National Strategy for Electronics Stewardship**. Interagency Task Force on Electronics Stewardship. White House Council on Environmental Quality. Julho, 2011a. Disponível em <<http://www.epa.gov/wastes/conservation/materials/ecycling/taskforce/docs/strategy.pdf>>.

USGS. U.S. Geological Survey. **Obsolete Computers, “Gold Mine,” or High-Tech Trash? Resource Recovery from Recycling**. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/fs060-01/fs060-01.pdf>>. Acessado em 23/10/2012.

XIEZHI, Y; MARKUS, S. **E-Waste Recycling Heavily Contaminates a Chinese City With Chlorinated, Brominated and Mixed Halogenated Dioxins**. School of the Environment, Nanjing University, Nanjing, China. Organohalogen Compounds, Volume 70, 2008. Disponível em: <<http://www.electronicstakeback.com/global-e-waste-dumping/>>

ZHANG, Hong. **Analysis of the “China WEEE Directive”: Characteristics, breakthroughs and challenges of the new WEEE legislation in China.** Dissertação de Mestrado: Lund University. IITEE, Sweden, 2011.