



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Geociências

LUCIARA CID GIGANTE

POLÍTICAS DE REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS

CAMPINAS

2016

LUCIARA CID GIGANTE

POLÍTICAS DE REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTORA EM POLÍTICA CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. LEDA MARIA CAIRA GITAHY

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA LUCIARA CID
GIGANTE E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. LEDA
MARIA CAIRA GITAHY.

CAMPINAS

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

G367 Gigante, Luciara Cid, 1986-
Políticas de regulação e inovação : reciclagem de resíduos eletroeletrônicos / Luciara Cid Gigante. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Leda Maria Caira Gitahy.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Políticas públicas - Brasil. 2. Políticas públicas - China. 3. Reciclagem. 4. Resíduos eletrônicos. 5. Gestão integrada de resíduos sólidos. I. Gitahy, Leda Maria Caira, 1949-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Regulation and innovation policies : electrical and electronic waste recycling

Palavras-chave em inglês:

Public policy - Brazil

Public policy - China

Recycling

Electronic waste

Integrated management resources group

Área de concentração: Política Científica e Tecnológica

Titulação: Doutora em Política Científica e Tecnológica

Banca examinadora:

Leda Maria Caira Gitahy [Orientador]

Flávia Luciane Consoni de Mello

Glicia Vieira dos Santos

Sergio Medeiros Paulino de Carvalho

Rosana Icassatti Corazza

Data de defesa: 29-08-2016

Programa de Pós-Graduação: Política Científica e Tecnológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

AUTORA: Luciara Cid Gigante

“POLÍTICAS DE REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: RECICLAGEM DE RESÍDUOS
ELETROELETRÔNICOS”.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Leda Maria Caira Gitahy

Aprovada em: 29 / 08 / 2016

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Leda Maria Caira Gitahy

Profa. Dra. Flávia Luciane Consoni de Mello

Profa. Dra. Glicia Vieira dos Santos

Prof. Dr. Sergio Medeiros Paulino de Carvalho

Profa. Dra. Rosana Icassatti Corazza

***A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no
processo de vida acadêmica do aluno.***

Campinas, 29 de agosto de 2016.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas doaram um pouco de seu tempo e de seus conhecimentos durante o caminho percorrido no desenvolvimento desta tese. Pensávamos que o início desta jornada seria atribulado, como toda boa pesquisa é, mas hoje percebemos que todo o caminho foi repleto de pedras e percalços.

Muito tem se falado da importância de se preservar o meio ambiente para as gerações futuras, mas nos esquecemos de que o amanhã começa hoje.

Por isso, agradeço imensamente àqueles que me mostraram a realidade dos fatos, e não somente a realidade das teorias que eu estava estudando, pois sem eles eu ainda estaria presa àquela bolha junto da qual adentrei, em 2012, ao Departamento de Política Científica e Tecnológica. Em especial, agradeço:

À minha orientadora Professora Leda Gitahy, pela acolhida ao DPCT, por tomar as rédeas de minha orientação, pelos ensinamentos ao longo das disciplinas e reuniões de orientação, mas, sobretudo, por acreditar no meu potencial e me libertar para explorar o mundo da pesquisa. Só assim foi possível amadurecer os conhecimentos que eu já possuía e abrir minha mente para milhares de outros novos. Obrigada!

À Professora Flávia Consoni, que adotou meu tema desenvolvendo-o em um projeto de iniciação científica sobre o e-lixo da Unicamp, pelo aprendizado em suas disciplinas, conversas no horário de almoço e companhia em várias visitas para a pesquisa de campo. Obrigada pelo interesse constante em ajudar!

Aos professores do DPCT que influenciaram diretamente nos recortes iniciais do projeto desta pesquisa: André Furtado e Maria Beatriz Bonacelli. Obrigada pelas sugestões, críticas e questionamentos pertinentes!

Às secretárias, Adriana (DPCT) e Valdirene (pós), por ajudar com os percalços da vida acadêmica e da pesquisa de campo.

Às colegas de DPCT Rafaela Francisconi e Marília Mazon pelas trocas constantes de informações, dados e dicas de pesquisa.

À Camila Rigolin e Júlia Fernandes pelas sugestões durante a elaboração do projeto e incentivo a prestar a seleção do doutorado na Unicamp.

Aos empresários, diretores e trabalhadores que me receberam em seus locais de trabalho e investiram um pouco de seu tempo para colaborar com esta pesquisa, e para

conversar sobre os problemas das políticas ambientais do Brasil. Obrigada pela disponibilidade e simpatia em me receber.

À Professora Lúcia Xavier, do Instituto Joaquim Nabuco, por generosamente revisar os termos da minha expressão de busca e esclarecer detalhes sobre a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Às professoras da graduação em Biblioteconomia na UFSCar (de 2006 a 2009), que acreditaram e incentivaram o potencial de pesquisadora que começava a se mostrar em mim, e que hoje têm orgulho de dizer que foram minhas professoras naquela época. Em especial, à Professora Maria Cristina Comunian Ferraz e à Professora Eliane Colepícolo. Obrigada por me encaminharem ao caminho científico da academia.

Às amigas de sempre e de toda hora: Adriana Puerta, Maria Fernanda de Oliveira, Fernanda Tochio e Paula Gargarella, por me apoiarem, me ouvirem e me incentivarem a nunca desistir. Obrigada meninas! Este caminho também pode ser o de vocês.

À toda minha família (que não é pequena não!): primas, primos, tias, tios, avós, tios-avôs e tias-avós por me apoiarem e não me deixarem desistir desta travessia.

Aos meus pais, Moacir e Maristela, meu irmão Lucas, minha cunhada Priscila por me manterem no caminho certo da vida, fazerem meus dias melhores e me mostrarem que tudo na vida tem uma solução: seja fácil ou difícil, a solução está sempre ao nosso alcance e começa com um primeiro passo. E que o pequeno Guilherme, meu sobrinho que nasceu no último ano deste doutorado, cresça e amadureça seu olhar atento às artes e ao conhecimento que já lhe passamos em todos os momentos de conversas e passeios a que o submetemos.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro recebido durante o desenvolvimento deste doutorado, obrigada.

"A rapidez da mudança e a velocidade com que novas situações se criam acompanham o ritmo impetuoso e insensato do Homem, ao invés de acompanhar o passo deliberado da Natureza."

(RACHEL CARSON, 1962, p. 17).

RESUMO

O objetivo desta tese é discutir em que medida o surgimento e a difusão de um quadro regulatório internacional sobre a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) está influenciando por um lado as práticas nessa cadeia produtiva e por outro a constituição de uma cadeia global de reciclagem de REEE. No caso do Brasil analisa-se a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, em vigor desde agosto de 2010, e sua relação com a cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. O estudo foca na difusão de normas ambientais (regulação) como promotora da inovação. Para isso, compreendeu a análise de patentes, na Plataforma Questel Orbit, de artigos científicos, na base de dados Scopus, e dados empíricos a partir da realização de pesquisa de campo em diferentes empreendimentos relacionados à reciclagem de eletroeletrônicos no Brasil. Foi possível verificar o aumento do patenteamento de tecnologias de produto e processo para a gestão de REEE na medida em que ocorreram as discussões, aprovações e implementações de políticas internacionais de regulação dos mesmos – como, por exemplo, a Convenção de Basileia, as diretivas europeia WEEE e RoHS, e as políticas chinesas sobre esses resíduos. Tanto os rankings de publicação de artigos científicos como os de patenteamento foram liderados por instituições da China — que de paraíso de poluição se tornou líder do ranking mundial de inovação. As principais tecnologias reivindicadas recuperadas nas buscas caracterizaram-se, em grande medida, por processos de separação de materiais sólidos e líquidos; processos químicos ou físicos; processos e dispositivos para a trituração, pulverização ou desintegração em geral dos materiais; processos para a coleta e eliminação de resíduos sólidos; produção ou refino de metais e pré-tratamento dessas matérias-primas; e, tratamento de águas residuais provenientes de instalações de reciclagem, dentre outras. No Brasil, a implementação da Política Nacional de Resíduos sólidos ainda engatinha em torno das discussões do acordo setorial de eletroeletrônicos para o estabelecimento do sistema nacional de logística reversa destes resíduos e seus custos. Além disso, foi evidente a ausência de uma cadeia de reciclagem estruturada, em que as atividades de coleta, transporte e processamento sigam em fluxos contínuos, passando por locais e atores pré-determinados, terminando com a destinação final ambientalmente correta dos materiais. Foram evidenciados vários problemas enfrentados pelos empreendimentos no setor de reciclagem de REEE, inclusive a falta de capacidade tecnológica instalada no país para a reciclagem de ciclo fechado desses resíduos, onde todos os materiais retornariam ao ciclo de vida produtivo.

Palavras-chaves: Política pública – Reciclagem. Resíduo eletrônico. Gestão integrada de resíduos sólidos. China. Brasil.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to discuss to what extent the emergence and dissemination of an international regulatory framework, and in several countries on the management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) is influenced on the one hand the practices in the production chain and on the other hand the establishment of a global network of WEEE recycling. In Brazil it analyzes the implementation of the National Policy on Solid Waste in the country, in force since August 2010, and its relationship with the chain of recycling electronic waste. The study focuses on the diffusion of environmental standards (regulation) as a promoter of innovation. For this, included analysis of patents, in Questel Orbit platform, scientific articles, in Scopus database, and empirical data from conducting field survey of different projects related to electronics recycling in Brazil. It was possible to check the increase in output technologies patenting and method for the management of WEEE in that occurred discussions, international approval policies and implementations of their regulation - such as, for example, the Basel Convention, European directives WEEE and RoHS, and Chinese policies on this waste. Both of scientific articles published rankings as patenting the institutions were led by China - which pollution paradise has become a leader in the world ranking of innovation. The main technologies claimed in searches were characterized largely by separation processes of solid and liquid materials; chemical or physical processes; methods and devices for grinding, pulverization or crumbling the material in general; processes for the collection and disposal of solid waste; production or refinery of metals and pre-treatment of these raw materials; and treatment of waste water from recycling facilities, among others. In Brazil, the implementation of the National Solid Waste Policy still crawling around the discussions of the sectoral agreement of electronics to the national system of reverse logistics of this waste, and their costs. Moreover, the absence of a structured recycling chain was evident in the collection activities, transportation and processing follow in continuous flows, through local and predetermined actors, ending with the final disposal of environmentally friendly materials. Were highlighted several problems faced by enterprises in WEEE recycling sector, including the lack of technological capacity installed in the country for recycling closed loop of this waste, where all materials would return to productive life cycle.

Keywords: Public policy – Recycling. Electronic waste. Integrated management resources group. China. Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Composição geral dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.	44
Figura 1.2: Ranking mundial de geração de resíduos eletroeletrônicos (em quilotoneladas).	48
Figura 1.3: Mapa da Nigéria (à esquerda) e armazém com computadores usados perto do Porto de Apapa, em Lagos (à direita).	50
Figura 1.4: Rotina dos mercados de equipamentos eletroeletrônicos em Lagos (Nigéria) e o despejo irregular destes resíduos.	51
Figura 1.5: Cadeia produtiva global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.	53
Figura 1.6: Diagrama de fluxo simplificado para a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	58
Figura 1.7: Exemplos de peças e componentes de resíduos eletroeletrônicos do segmento de TI.	59
Figura 1.8: Sistema modelo de tratamento de resíduos eletroeletrônicos da <i>United Nations Environment Programme</i>	60
Figura 1.9: Cadeia de suprimentos integrada.	64
Figura 1.10: Linha de operações de beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos.	72
Figura 2.1: Cronologia das legislações sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos de 1989 a 2010.	89
Figura 2.2: Fluxos de exportação de resíduos tóxicos no mundo (incluindo os resíduos eletroeletrônicos).	91
Figura 2.3: Patentes e artigos recuperados com o termo “ <i>electronic waste</i> ” nas bases Questel Orbit e Scopus (1990-2015).	100
Figura 2.4: Ranking de países que mais publicam artigos e depositam patentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” nas bases Questel Orbit e Scopus (1990-2015).	102
Figura 2.5: Evolução do patenteamento (dos registros somados) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).	105
Figura 2.6: Ranking dos países de prioridade, na somatória geral, dos documentos sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).	107

Figura 2.7: Evolução das patentes reivindicadas nos países de prioridade, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).....	108
Figura 2.8: Evolução do patenteamento dos países de prioridade Top5 para o período de 1980 a 2015, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit.....	109
Figura 2.9: Cronologia das patentes da expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).....	111
Figura 2.10: Cronologia do depósito de patentes da expressão (A) sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).	112
Figura 2.11: Cronologia do depósito de patentes da expressão (C) sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).....	112
Figura 2.12: Cronologia do depósito de patentes da expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).	113
Figura 2.13: Cronologia das patentes da expressão (E) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem de resíduos na Plataforma Questel Orbit (1960-2015).....	114
Figura 2.14: Ranking dos países de prioridade da expressão (A) sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (1950-2015).	115
Figura 2.15: Ranking dos países de prioridade da expressão (C) sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).....	116
Figura 2.16: Ranking dos países de prioridade da expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).....	117
Figura 2.17: Ranking dos países de prioridade da expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).....	118
Figura 2.18: Ranking dos países de prioridade da expressão (E) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem (1960-2015).	121
Figura 2.19: Transporte informal de lixo eletrônico e criança em aterro digital na China. ..	122
Figura 3.1: Subgrupos da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit (1990-2015).	136

Figura 3.2: Subgrupos da IPC mais recorrentes no conjunto de dados somados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).....	139
Figura 3.3: Evolução do depósito de patentes (do conjunto da somatória) por subclasses da IPC entre 1980 e 2015.	140
Figura 3.4: Áreas de conhecimento das patentes recuperadas pela expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).	143
Figura 3.5: Filiação dos artigos científicos sobre “ <i>electronic waste</i> ” na Scopus (1990-2015).	151
Figura 3.6: Filiação das patentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit (1990-2015).	152
Figura 3.7: Rede de colaboração entre depositantes sobre “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit.	154
Figura 3.8: Ranking de instituições na somatória geral das patentes recuperadas (e excluídas as repetições) sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).....	156
Figura 3.9: Evolução do depósito de patentes por depositante ao longo de 1980 a 2015, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	157
Figura 3.10: Rede simples de colaboração entre empresas depositantes, do conjunto de dados relativo à somatória total das patentes, sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).	159
Figura 3.11: Rede completa da colaboração entre empresas depositantes, do conjunto de dados relativo à somatória total das patentes, sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).....	160
Figura 3.12: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (A), sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).	161
Figura 3.13: Colaboração entre instituições da expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).....	162
Figura 3.14: Colaboração entre instituições do setor eletrônico na expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).	162
Figura 3.15: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).	163
Figura 3.16: Colaboração entre instituições da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).	167
Figura 3.17: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).....	168

Figura 3.18: Colaboração entre instituições da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes no resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	173
Figura 3.19: Ranking de instituições depositantes de patentes na expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	174
Figura 3.20: Rede de colaboração entre instituições na expressão (D), sobre reciclagem de plásticos contidos nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	177
Figura 3.21: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem (1960-2015).	178
Figura 3.22: Colaboração entre instituições depositantes de patentes na expressão (E), que mencionaram políticas ambientais (1960-2015).	182
Figura 4.1: Cronologia da construção da Política Nacional de Resíduos Sólidos e legislações federais relacionadas.	191
Figura 4.2: Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.	193
Figura 4.3: Hierarquia dos empreendimentos que atuam na reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.	224
Figura 4.4: Fluxo de exportação de resíduos eletroeletrônicos do Brasil para o mundo.	226
Figura 4.5: Atividades científica e tecnológica no Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).	229
Figura 4.6: Áreas de conhecimento dos artigos do Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na base Scopus (1980-2015).	231
Figura 4.7: Áreas de conhecimento das patentes do Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).	232
Figura 4.8: Ranking de países de artigos e patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).	233
Figura 4.9: Evolução do depósito de patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos filtrados por “ <i>Brazil</i> ”, na Plataforma Questel Orbit, dos países Top10 (1985-2015).	234
Figura 4.10: Evolução do depósito de patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos filtrados por “ <i>Brazil</i> ”, na Plataforma Questel Orbit, dos países Top5 (1985-2015).	235
Figura 4.11: Afiliação dos artigos científicos da base Scopus, sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).	236
Figura 4.12: Afiliação das patentes da Plataforma Questel Orbit, sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).	237

Figura 4.13: Rede de colaboração entre depositantes de patentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).....	237
Figura 4.14: Rede de citações entre depositantes de patentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).....	238
Figura 4.15: Subgrupos da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes no conjunto de dados sobre “ <i>electronic waste</i> ” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).	239
Figura 4.16: Evolução do depósito de patentes nas categorias (A), (C), (D) e (E), com o Brasil como país de prioridade (1990-2015).	242

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplos de termos utilizados na elaboração das expressões de busca.....	34
Quadro 2: Número de patentes recuperadas por categoria de análise na Plataforma Questel Orbit.....	36
Quadro 1.1: Categorias de equipamentos eletroeletrônicos abrangidas pela Diretiva WEEE.	42
Quadro 1.2: Substâncias tóxicas encontradas em componentes de equipamentos eletroeletrônicos.....	45
Quadro 1.3: Efeitos das substâncias tóxicas, presentes nos resíduos eletroeletrônicos, na saúde humana.	46
Quadro 1.4: Métodos de tratamento de resíduos eletroeletrônicos.	61
Quadro 1.5: Comparação entre as opções de recuperação de produtos eletroeletrônicos.....	65
Quadro 1.6: Fases de tratamento de resíduos eletroeletrônicos internalizadas pelo Brasil.....	66
Quadro 1.7: Ciclo de tratamento de resíduos eletroeletrônicos.	67
Quadro 1.8: Equipamentos utilizados no processo de beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos.....	69
Quadro 2.1: Atribuições do Princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor (Diretiva WEEE 2012/19/EU).	93
Quadro 2.2: Exemplos de instrumentos de política baseada em EPR.....	96
Quadro 2.3: Exemplos de medidas tomadas por fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos no Japão para eliminar ou reduzir o uso de substâncias perigosas.	97
Quadro 2.4: Número de artigos e patentes recuperados com o termo “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus.....	99
Quadro 2.5: Patentes de depositantes da Índia para a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	119
Quadro 2.6: Patentes de depositantes de Taiwan para a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	120
Quadro 2.7: Comparação da legislação para gestão de resíduos eletroeletrônicos da União Europeia e da China.....	131

Quadro 2.8: Dispersão das responsabilidades sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos na China WEEE.	132
Quadro 3.1: Caracterização e descrição das subclasses da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit.	137
Quadro 3.2: Tipos de tecnologias recuperadas com a expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral.	142
Quadro 3.3: Tipos de tecnologias recuperadas com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	144
Quadro 3.4: Patentes recuperadas com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.	145
Quadro 3.5: Variedade de subgrupos da IPC recuperados de patentes que mencionaram políticas ambientais.	147
Quadro 3.6: Top20 das patentes, por taxa de relevância, da China para a expressão (E).	150
Quadro 3.7: Ranking das universidades chinesas que coincidiram nas filiações dos artigos científicos e das patentes sobre “ <i>electronic waste</i> ”.	155
Quadro 3.8: Patentes depositadas pela empresa Jiangxi Nerin, recuperadas com a expressão (B).	165
Quadro 3.9: Patentes depositadas pela Tsinghua University, recuperadas com a expressão (B).	165
Quadro 3.10: Patentes depositadas pela empresa Lanxess, recuperadas com a expressão (B).	166
Quadro 3.11: Patentes depositadas por Hitachi, recuperadas com a expressão (C).	169
Quadro 3.12: Patentes depositadas por Panasonic, recuperadas com a expressão (C).	170
Quadro 3.13: Ranking de instituições chinesas da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	171
Quadro 3.14: Ranking de instituições japonesas da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	172
Quadro 3.15: Ranking de instituições da China para a expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).	175
Quadro 3.16: Ranking top20 das patentes, por taxa de relevância, da China para a expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015). ...	176
Quadro 3.17: Patentes depositadas pela Tsinghua University, recuperadas com a expressão (E).	179

Quadro 3.18: Ranking de instituições depositantes de patentes da China para a expressão (E) (1960-2015).	180
Quadro 3.19: Patentes depositadas pela empresa Eastman Kodak, recuperadas com a expressão (E).	181
Quadro 4.1: Atribuições do princípio da responsabilidade compartilhada da Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	196
Quadro 4.2: Recomendações do estudo da ABDI (2012) para implementação do sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.....	198
Quadro 4.3: Benefícios do sistema de logística reversa.....	200
Quadro 4.4: Empreendimentos de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos entrevistados no Brasil.....	205
Quadro 4.5: Número de artigos e patentes recuperados com o termo “ <i>electronic waste</i> ” na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus filtrados por “ <i>Brazil</i> ”.....	228
Quadro 4.6: Caracterização e descrição das subclasses da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “ <i>electronic waste</i> ” no Brasil na Plataforma Questel Orbit..	240
Quadro 4.7: Depositantes de patentes no Brasil por categoria de análise.....	241
Quadro 4.8: Patentes de depositantes brasileiros no Brasil para a expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos.	243

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução do crescimento dos resíduos eletroeletrônicos no mundo (em quilotoneladas).	26
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABEMA	Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente
ABEMUSICA	Associação Brasileira da Música
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABIMED	Associação Brasileira da Indústria de Alta Tecnologia de Equipamentos, Produtos e Suprimentos Médico-hospitalares
ABIMO	Associação Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAS	Associação Brasileira de Supermercados
ABRASA	Associação Brasileira das Entidades Representativas e Empresas de Serviço Autorizado em Eletroeletrônicos
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABRINQ	Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
AMLURB	Autoridade Municipal de Limpeza Urbana do Município de São Paulo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APEX	Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos
BAN	<i>Basel Action Network</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAA	<i>Clean Air Act</i>
CAC	Comando e Controle
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
Cd	Cádmio
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CDI-DF	Comitê para Democratização da Informática do Distrito Federal

CEMPRE	Compromisso Empresarial para Sustentabilidade
CENTCOOP	Central de Cooperativas de Materiais Recicláveis do Distrito Federal
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFC	Clorofluorcarbono
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNC	Confederação Nacional de Comércio
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONESAN	Conselho Estadual de Saneamento
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SP)
Cr6+	Cromo Hexavalente
CRT	Tubos de Raios Catódicos
Cu	Cobre
DDT	Diclorodifeniltricloreto
DGA	Diretoria Geral da Administração
DII	<i>Derwent Innovations Index</i>
ECT	Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos
EEA	Agência Ambiental Europeia
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
ELETROS	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPO	Escritório Europeu de Patentes
EPR	Responsabilidade Estendida do Produtor
EPS	Poliestireno Expandido (isopor)
Eurostat	Escritório de Estatísticas da União Europeia
<i>e-waste</i>	<i>Electronic waste</i>
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FEPACOORE	Federação Paulista de Cooperativas de Reciclagem
FNP	Frente Nacional de Prefeitos
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
g	Gramma
GEREE	Gestão Estratégica de Resíduos Eletroeletrônicos
GMCONS	Soluções em Logística Reversa e Reciclagem de Eletroeletrônicos (empresa privada)
GTT	Grupos de Trabalhos Temáticos
HD	Hard Disk
Hg	Mercurio
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INESFA	Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
INRE	Instituto Nacional de Resíduos
IPC	Classificação Internacional de Patentes
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPLA	Parceria Internacional para Expansão de Serviços de Gestão de Resíduos para Autoridades Locais
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
kg	Quilograma
kt	Quilotoneladas
LCD	Visor de Cristal Líquido
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Brasil)
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (Brasil)
MF	Ministério da Fazenda (Brasil)
mg	Miligrama
MIIT	Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (China)
MJ	Ministério da Justiça (Brasil)
MMA	Ministério do Meio Ambiente (Brasil)
MNRC	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
MOC	Ministério do Comércio (China)

NBR	Norma Brasileira
Ni	Níquel
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
Pb	Chumbo
PBB	Bifenilas Polibromadas
PBDE	Éteres difenil-polibromados
PC	Computador pessoal
PCH	Policarbonato
PCT	Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Politereftalato de Etileno
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Projeto de Lei
PMC	Prefeitura Municipal de Campinas-SP (Brasil)
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil)
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil)
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Cloreto de Polivinil
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
RoHS	<i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
Sb	Antimônio
SEPA	Agência de Proteção Ambiental do Estado (China)

SINAEES	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos Eletrônicos e Similares
SINDITELEBRASIL	Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal
SIREE	Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
SO ₂	Dióxido de Enxofre
StEP	<i>Solving the E-waste Problem</i>
t	Tonelada
TI	Tecnologia da Informação
UE	União Europeia
UNASER	União Nacional dos Sindicatos e Associações das Empresas de Reciclagem
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas (Brasil)
WEEE	<i>Waste of Electrical and Electronic Equipment</i>
WIPO	Organização Mundial da Propriedade Intelectual
Zn	Zinco

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	25
CAPÍTULO 1 – RISCOS E TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS	40
1.1 Riscos ao meio ambiente e à saúde pública.....	40
1.2 Tecnologias de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.....	55
1.3 Considerações finais	74
CAPÍTULO 2 – REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: EVOLUÇÃO DO PATENTEAMENTO E DA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS, E PAÍSES	76
2.1 Regulação e inovação	76
2.2 Evolução das políticas internacionais de gestão de resíduos eletroeletrônicos	87
2.3 Evolução da publicação científica e do patenteamento no mundo	98
2.4 Regulação e inovação: o caso da China.....	121
2.5 Considerações finais	133
CAPÍTULO 3 – REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: TECNOLOGIAS PATENTEADAS E INSTITUIÇÕES	135
3.1 Tipos de tecnologias patenteadas	135
3.2 Instituições e redes de colaboração	150
3.3 Considerações finais	183
CAPÍTULO 4 – A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL	186
4.1 Da Constituição Federal à Política Nacional de Resíduos Sólidos	186
4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos: responsabilidade compartilhada	195
4.3 A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil	203
4.4 Evolução dos artigos científicos e das patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil	227
4.5 Considerações finais	243

CONCLUSÕES	246
REFERÊNCIAS	253
APÊNDICE A – Expressões de busca.....	269
APÊNDICE B – Políticas de reciclagem de REEE no âmbito internacional.....	276
APÊNDICE C – Questionário aplicado nas entrevistas.....	299
APÊNDICE D – Expositores e tecnologias de gestão de REEE na Feira Ecomondo (2014)	301
APÊNDICE E – Expositores e tecnologias de gestão de REEE na Feira RWM Brasil (2014)	305
APÊNDICE F – Cronologia das políticas brasileiras sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.....	313
APÊNDICE G – Entrevistados	317
APÊNDICE H – Lista dos participantes das reuniões do GTT de eletroeletrônicos, entre 2011 e 2012	319

INTRODUÇÃO

O objetivo desta tese é discutir em que medida o surgimento e a difusão de um complexo quadro regulatório internacional sobre a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE, ou *e-waste*, em inglês) está influenciando por um lado, as práticas nessa cadeia produtiva e por outro, a constituição de uma cadeia global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. No caso do Brasil vamos analisar a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, em vigor desde agosto de 2010, e sua relação com a cadeia de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos¹.

A pergunta que orienta esta pesquisa é em que medida a regulação, ou seja, as políticas que regulamentam a responsabilidade e o destino dos resíduos eletroeletrônicos, está induzindo inovações de produto e processo na cadeia produtiva da indústria eletrônica e na indústria de reciclagem e tratamento desses resíduos.

Para isso nos baseamos nos trabalhos de autores como Porter e Van Der Linde (1995), Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010) que consideram a difusão de normas ambientais (regulação) como promotora da inovação.

O crescimento do consumo de produtos da indústria eletrônica, que inicialmente aparecia como “limpa” levou ao crescimento do impacto ambiental desses resíduos e a iniciativas para enfrentar o problema. Para Pandey et al. (2004, p. 139)²:

A ideia inicial de que as atividades de fabricação da indústria eletrônica e de TI, envolvendo altas tecnologias que seriam limpas e livres de problemas de poluição, não é mais válida hoje. Com a rápida expansão da indústria de eletrônicos tornou-se evidente que a diversidade da indústria e de seus produtos podem causar danos consideráveis ao ambiente se não forem adequadamente geridas. Os principais impactos incluem a poluição proveniente da fabricação, eliminação de resíduos e uso de materiais tóxicos e produtos químicos que podem causar danos à água, solo e ar, eventualmente, poluindo nossos oceanos e nosso planeta.

¹ No que se refere aos resíduos eletroeletrônicos vale destacar a atuação da ELETROS (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos) e da ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), associações representativas de cerca de seiscentas empresas, entre elas empresas do segmento eletroeletrônico das linhas branca (geladeiras, fogões, lava-roupas e aparelhos condicionadores de ar domésticos), verde (desktops, laptops, impressoras e aparelhos celulares), marrom (televisores, DVDs, aparelhos de áudio) e azul (batedeiras, liquidificadores, fornos elétricos, furadeiras e outros eletroportáteis).

² No original: “The initial thinking that the IT & electronics manufacturing activities, involving high technologies would be clean and free from pollution problems, is no more valid today. As the electronics industry rapidly expanded it became evident that the diversity of the industry and its products could cause considerable environmental damage if not properly managed. The major impacts include pollution from manufacturing, waste disposal and use of toxic materials and chemicals that can cause damage to water, soil and air eventually polluting our Oceans and our Planet.” (PANDEY et al., 2004, p. 139).

A indústria de eletrônicos e de tecnologias de informação (TI) é uma das que mais cresce no mundo. Esse crescimento, combinado com a rápida obsolescência dos produtos associada a políticas de obsolescência programada e ao descarte de seus resíduos, tem provocado vários problemas. Entre eles, é importante destacar a velocidade de crescimento da geração de resíduos, sua toxicidade e os problemas gerados pela exportação desse lixo e o fluxo desses resíduos entre países industrializados e os países em via de industrialização.

O crescimento da geração de resíduos eletroeletrônicos é três vezes mais rápido que, por exemplo, a geração de resíduos sólidos urbanos (MARQUES, 2015, p. 201). A Tabela 1 apresenta os dados com a evolução do crescimento do montante de resíduos eletroeletrônicos descartados no mundo em 2005, 2011 e 2014, e a projeção do montante para 2016.

Tabela 1: Evolução do crescimento dos resíduos eletroeletrônicos no mundo (em quilotoneladas³).

Milhões de toneladas			
2005	2011	2014	2016
40	41,5	41,8	93,5

Fonte: StEP⁴ *E-waste World Map*⁵ e Marques (2015, p. 201).

Dado o uso de produtos químicos tóxicos⁶ nos equipamentos eletrônicos, tais como os retardantes de chama à base de brominato utilizados em plásticos e placas de circuitos impressos, ligas de berílio em conectores, soldas de ligas de chumbo e estanho, etc., os REEE são considerados resíduos perigosos.

³ 1 quilotoneladas (símbolo: “kt”) = mil toneladas.

⁴ *Solving the E-waste Problem* (StEP) é uma iniciativa internacional, criada para desenvolver soluções para resolver problemas associados aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Conta com alguns dos atores mais eminentes nas áreas de produção, reutilização e reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), agências governamentais e organizações não governamentais, bem como organizações da ONU entre os seus membros. StEP incentiva a colaboração de todas as partes interessadas relacionadas com o e-lixo, enfatizando uma abordagem holística e científica aplicável ao problema. Assim, o trabalho de StEP se baseia em avaliações científicas e incorpora uma visão abrangente dos aspectos sociais, ambientais e econômicos sobre e-lixo.

⁵ O “*E-waste World Map*” pode ser acessado pelo site: <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>.

⁶ Segundo Paramaguru (2013), citado por Marques (2015, p. 201), se “vinte ou trinta anos atrás os equipamentos eletrônicos eram fabricados com 11 elementos, hoje computadores e *smartphones* usam algo como 63 elementos”.

Os maiores geradores de resíduos eletroeletrônicos são os países da União Europeia (UE) e os Estados Unidos. Com 515 milhões de habitantes, a UE gerou 18,7 quilos *per capita* de REEE em 2012, enquanto que os EUA, com uma população de 314,31 milhões de habitantes, geraram 29,8 quilos *per capita*. Quando mensurados em quilotoneladas, os dados da UE são da ordem de 9.500 kt (cerca de 9.500.000 toneladas). Comparando a geração de REEE em outros países, EUA lideram este ranking, tendo gerado cerca de 9.360 kt em 2012. Logo atrás, está China, que gerou 7.253 kt, seguida de Índia e Japão. O Brasil, com pouco mais de 196 milhões de habitantes, faz parte dos dez países que mais geraram resíduos eletroeletrônicos, em sétimo lugar, gerou 1.387 kt em 2012 (STEP, 2012).

Devido a brechas na legislação ou à obrigação de ter que gerir adequadamente os resíduos gerados, o trato do lixo, no mundo todo, aparece como um ramo da nova “*dark economy*”⁷ – um negócio em que empresas agem em simbiose com o crime organizado, as assim chamadas “máfias do lixo” ou ecomáfias (MARQUES, 2015).

Em diversos graus, o contrabando de lixo atinge grande parte da Europa. Segundo a Agência Ambiental Europeia (EEA), a exportação ilegal de lixo para a China, por exemplo, é quatro vezes menos dispendiosa do que sua incineração na Holanda⁸. Considerando que o comércio mundial faz transitar entre os portos 550 milhões de contêineres por ano, pode-se ter uma ideia da dificuldade de deter o tráfico ilegal de lixo (MARQUES, 2015, p. 204-206).

A periculosidade destes resíduos do setor eletrônico foi reconhecida pelo tratado internacional da Convenção da Basileia, em 1989, cujo objetivo foi o de controlar e minimizar os fluxos transfronteiriços de resíduos perigosos (dentre eles os REEE) entre nações e sua disposição final. Entretanto, está amplamente documentada não só a existência de fluxos transfronteiriços de resíduos perigosos, mas também um amplo comércio internacional de REEE.

⁷ Por “*dark economy*” entende-se os negócios normalmente não rastreáveis e, portanto, não taxáveis e que não estão incluídos nos cálculos do produto interno bruto (PIB) de um país. Integra negócios da maioria dos países de terceiro mundo com economias do primeiro mundo, é um sistema baseado em dinheiro em espécie em que os registros de transação são mantidos em livros-caixa de contas secretas (os chamados “caixa dois”). Embora empregue métodos ilegais (e até mesmo penais), é uma prática de sobrevivência em regimes fiscais repressivos ou onde a atividade empresarial é difícil por precisar seguir um labirinto de regulamentos. No caso do lixo, essas atividades vão contra a determinação legal que proíbe os movimentos transfronteiriços entre países (D’AMATO; MAZZANTI; NICOLLI, 2015).

⁸ Embora haja uma regulamentação de 2006 (Diretiva EC/1013/2006) que proíba a exportação de resíduo eletroeletrônico europeu para países não pertencentes à OCDE, um relatório da EEA estima que um grande volume de produtos elétricos seja embarcado da Europa para a África ocidental e a Ásia. Muitos deles recebem a classificação de bens usados quando, na realidade, não funcionam. A EEA estima em 250 mil toneladas por ano desse comércio, mas salienta que possivelmente seja muito mais, visto que o comércio ilegal de lixo parece estar crescendo (MARQUES, 2015, p. 205).

A adoção da Convenção ocorreu em 1989, na Conferência de Plenipotenciários, em Basiléia, na Suíça, em resposta ao clamor público após a descoberta, entre os anos de 1987 e 1988, de um dos primeiros casos de depósito irregular de resíduos tóxicos ter ocorrido em Koko Beach, na Nigéria, envolvendo o envio de 18.000 tambores de resíduos perigosos da Itália ao país. Além disso, operou-se contra a existência de depósitos de resíduos tóxicos importados do exterior em outros países em desenvolvimento, como China, Índia, Paquistão, Hong Kong, Vietnã, Senegal, Egito, Costa do Marfim, Gana e Benin (HUISMAN et al., 2012). A Convenção entrou em vigor em maio de 1992 e, em 2011, contava com 175 países signatários, incluindo o Brasil com a ratificação, em 19 de julho de 1993, pelo Ato 875 (via decreto federal).

A ampla e crescente literatura internacional sobre resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, segundo Lepawsky e Billah (2011)⁹ está organizada em torno dos seguintes temas/abordagens:

- a) Justiça social e ambiental que estuda e discute como os fluxos de lixo perigoso se dão a partir de países ricos sendo despejados em “paraísos de poluição” que injustamente carregam o fardo dos efeitos tóxicos sobre suas populações¹⁰.
- b) Toxicologia ambiental e saúde ocupacional, que analisa as implicações toxicológicas para as pessoas e lugares onde o REEE é descartado e processado, colocando-os em alto risco de exposição ao material perigoso¹¹.
- c) Engenharia da gestão de resíduos que estuda os fluxos de energia e materiais na produção de eletrônicos, e maneiras de gerenciar o descarte de produtos eletrônicos pós-consumo¹².
- d) Perspectiva das cadeias globais que mapeia as cadeias globais de mercadorias e os fluxos do *e-waste*. Aqui estão tanto estudos sobre a cadeia produtiva da

⁹ Segundo Lepawsky e Billah (2011, p. 122), o que é comum às três primeiras abordagens é um pressuposto subjacente de que “o único resultado da cadeia de produção-consumo-descarte é uma forma de desperdício, seja de efluentes, emissões, ou perigo tóxico”. Para os autores, na medida em que a cadeia global de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos estabeleça vínculos formais de governança, o que antes era lixo eletrônico começa a retornar aos locais de disposição inicial como constituintes de novos produtos.

¹⁰ Ver, por exemplo, Neumayer (2001); Clapp (2002); Ban (2002, 2005); Pellow e Park (2002); Toxic Link India (2003, 2007); Iles (2004); Smith et al. (2006); Pellow (2007); Greenpeace (2007); Bisschop (2012).

¹¹ Herat (2008); Li et al. (2008, 2011); Nnorom e Osibanjo (2009); Xing et al. (2009); Muenhor et al. (2010); Tue et al. (2010); Wu et al. (2010); Chen et al. (2011); Fu et al. (2011); Wang et al. (2011); Alabi (2012); De-Gao (2013).

¹² Para o fluxo de produção Williams et al. (2002, 2004); Jinglei, Williams e Meiting (2010), e para maneiras de gerenciar o descarte de produtos eletrônicos pós-consumo Kahhat et al. (2008a, 2008b); ABDI (2012); Chaves (2005); Franco (2008); Franco e Lange (2011).

indústria eletrônica, como da cadeia de desmonte e processamento do lixo e destaca o surgimento de novas indústrias para processar os produtos descartados¹³.

- e) Inovações de produto e processo, ou *greening supply chain* e *ecodesign*, que destacam as atividades inovadoras tanto na indústria eletrônica, como na de processamento do lixo eletrônico¹⁴.
- f) Logística reversa de eletroeletrônicos após a implantação de um quadro regulatório com análises de casos em diferentes países que implementaram regulações locais ou regionais para o descarte e a reciclagem de REEE.¹⁵

O estudo de Porter e Van Der Linde (1995) serviu para o embasamento teórico principal deste trabalho. Os autores analisaram os efeitos da implantação de normas ambientais para a competitividade da indústria americana. Para os autores, o paradigma da competitividade dinâmica leva as normas ambientais, adequadamente projetadas, a desencadear inovações, que podem compensar totalmente os custos de cumprimento das mesmas. Por isso, analisaram estudos de caso detalhados de centenas de indústrias, com base em dezenas de países (e foco especial aos Estados Unidos), que revelaram que as empresas competitivas em nível internacional não são aquelas que utilizam insumos mais baratos ou em maior escala, mas sim aquelas com a capacidade para melhorar e inovar continuamente.

Porter e Van Der Linde (1995) concluíram que o novo paradigma da competitividade internacional é dinâmico, baseado na inovação; e, ao estimular a inovação, as normas ambientais rigorosas podem realmente aumentar a competitividade.

Outro estudo importante para o desenvolvimento deste trabalho foi o de Taylor, Rubin e Hounshell (2005) que explorou a relação entre as ações governamentais e a inovação em uma tecnologia de controle ambiental – no caso, tecnologias de controle de emissões de dióxido de enxofre (SO₂) em plantas de geração de energia elétrica. Com isso, procuraram

¹³ Lepawsky e Billah (2011); Lepawsky (2012); Lepawsky e McNabb (2010); Mazon (2014); Mazon et al. (2012a); Mazon et al. (2012b).

¹⁴ Kulecho e Khan (2012); Mavi et al. (2013); Quariguasi-Frota-Neto e Bloemhof (2012); Shakil e Simionescu (2012); Shan (2009); Sochirca e Ilovan (2010).

¹⁵ Aulakoski (2012); Basiye (2008); Braun e Dirckinck-Holmfeld (2005); Chin-Yu (2002); Dindarian, Gibson e Quariguasi-Frota-Neto (2012); Dindarian e Gibson (2011); Hicks (2004); Hischer, Wäger e Gauglhofer (2005); Hong (2011); Kollberg (2003); Lei e Zhenming (2012); Mayers, France e Cowell (2005); O'Connell, Fitzpatrick e Hickey (2010); Relkman (2005); Walther (2010).

compreender como os instrumentos de política podem ser mais bem utilizados para induzir a inovação em tecnologias ambientais¹⁶.

Taylor, Rubin e Hounshell (2005) perceberam que as ações do governo em relação ao controle de SO₂ estiveram presentes em nove eventos regulatórios¹⁷ de âmbito federal nos EUA, que ajudaram a moldar a demanda por sistemas FGD (tecnologia para controle de emissões de SO₂ analisada), pautada pela regulamentação tipo *demand-pull*. Para eles, o governo federal também impulsionou o desenvolvimento da tecnologia por meio do financiamento de PD&I e da facilidade na transferência de tecnologia, tudo como parte do esforço nacional para reduzir as emissões de SO₂ das usinas de energia. Como resultados, os autores pontuaram: (1) a importância da regulação e da antecipação da regulação para estimular invenções; (2) o papel mais importante da regulação, em oposição ao investimento público em P&D, na indução da invenção; (3) a importância da restringência regulatória para determinar as vias técnicas e estimular a colaboração; (4) a importância da difusão tecnológica impulsionada por um quadro regulatório que contribui com a experiência operacional e o custo e o desempenho pós-adoção da inovação.

O estudo de Peters et al. (2012) é semelhante aos demais aqui utilizados, no que diz respeito à investigação dos efeitos de um quadro regulatório na promoção da inovação em dado setor, pois pesquisou como os efeitos das inovações nacionais e estrangeiras diferem nos modelos das políticas *demand-pull* e *technology-push* no caso do desenvolvimento de módulos fotovoltaicos de energia solar em 15 países da OCDE, de 1978 a 2005, com dados de patentes e três variáveis de políticas de demanda: financiamento público de P&D nacional, continental e intercontinental. Os autores concluíram que as políticas de demanda criaram importantes repercussões em nível de inovação no país, mas tanto as políticas de oferta como as de demanda foram consideradas fatores-chave na produção inovadora no setor estudado, pois as políticas de oferta foram adaptadas para complementar o financiamento das políticas de demanda, promover a inovação e melhorar a vantagem competitiva nacional.

Outro estudo, cujos métodos e objetivos vão ao encontro dos nossos, é o de Lee et al. (2010), que investigaram como os fabricantes de automóveis e os fornecedores de componentes a montante cumprem as regulações que forçam o desenvolvimento de

¹⁶ O método utilizado pelos autores centrou-se na análise de dados de: (a) patentes americanas de tecnologia de controle de SO₂; (b) investimentos governamentais em pesquisa básica; (c) anais de conferências sobre tecnologias de controle de SO₂; (d) mercado, desempenho e tendências de custo (para calcular a aprendizagem e curvas de experiência); e, (e) entrevistas com especialistas influentes.

¹⁷ O trabalho de Taylor, Rubin e Hounshell (2005) incluiu um levantamento das regulamentações que implicaram na criação do mercado para a tecnologia estudada.

tecnologia, ou leis que estabelecem padrões de desempenho para além das suas capacidades tecnológicas habituais¹⁸. Como resultados, Lee et al. (2010) mostraram que os altos padrões regulamentares no âmbito do regulamento que força a tecnologia desempenhou um papel importante em estimular as inovações tecnológicas e determinar a direção posterior da mudança tecnológica. Os autores perceberam que as empresas afetadas por medidas regulamentares inovaram (ou seja, realizaram P&D, inventaram alguma coisa “nova e não óbvia”, apresentaram pedidos de patentes de suas invenções, e obtiveram as patentes quando emitidas) cada vez que novas normas de emissões foram definidas.

Metodologia

Para discutir a relação entre a evolução do quadro regulatório internacional sobre reciclagem de REEE e a emergência de inovações de produto e processo realizou-se um levantamento das políticas, sobre gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, no “*StEP E-waste World Map*” e traçou-se a cronologia dessas políticas internacionais. Além disso, analisou-se a evolução do número de depósitos de patentes sobre reciclagem de REEE na Plataforma Questel Orbit e a evolução da publicação de artigos científicos na base Scopus, ambos com o termo internacionalmente conhecido “*electronic waste*”.

A metodologia foi construída seguindo cinco etapas, que não corresponderam ao desenvolvimento da pesquisa em uma ordem cronológica, visto que as três primeiras foram simultâneas e permitiram avançar na definição do foco do trabalho. Foram elas: (1) levantamento bibliográfico; (2) mapeamento da cadeia global da indústria eletrônica e da de processamento de resíduos dessa indústria; (3) levantamento das formas de regulação internacional e no Brasil; (4) levantamento e análise de patentes; e, (5) realização de entrevistas.

A primeira etapa, do levantamento bibliográfico, foi realizada para verificar o estado da arte da discussão sobre reciclagem de resíduos eletrônicos, a fim de conhecermos as abordagens que estão sendo utilizadas nos estudos e nos casos descritos. Esta investigação inicial contribuiu para a identificação dos tipos de tecnologias que são utilizadas pelos atores

¹⁸ Como método, Lee et al. (2010) utilizaram análise de patentes, entrevistas com especialistas, referências a trabalhos técnicos publicados em conferências da *Society of Automotive Engineers* (SAE), e curvas de aprendizagem para compreender em que medida as ações do governo, de meramente ameaçar a impor regulamentos para a imposição real cada vez mais rigorosa, realmente influenciou as atividades inovadoras das montadoras e seus fornecedores.

da indústria de reciclagem de eletroeletrônicos, assim como para a seleção de palavras-chave, utilizadas posteriormente nas buscas nos bancos de dados de patentes.

A segunda etapa, do mapeamento da cadeia global da indústria eletrônica e da de processamento de resíduos dessa indústria, foi realizada por meio do processo de “seguir os atores”. Isso foi possível por meio de um intenso trabalho de pesquisa documental na *internet*¹⁹. Todos os dados extraídos da *internet* foram cuidadosamente cruzados²⁰ com os dados obtidos em entrevistas com empreendedores da cadeia. O resultado desta etapa possibilitou a compreensão das atividades de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos realizadas no Brasil, a posição no mercado de sucata de REEE dos empreendimentos estudados e os fluxos desses resíduos no país e entre o país e o mundo.

Na terceira etapa, do levantamento das formas de regulação internacional e no Brasil, foram levantados e analisados documentos e recomendações internacionais sobre os processos que envolvem o descarte e a reciclagem de eletroeletrônicos pós-consumo²¹.

A quarta etapa, do levantamento e análise de patentes, ocorreu por meio da revisão da literatura e da descrição das tecnologias utilizadas na reciclagem de REEE, o que permitiu a identificação de palavras-chave para serem utilizadas no levantamento de patentes de inovações de produto e processo sobre reciclagem de REEE. O pré-teste das expressões de busca²² foi realizado em diversas bases, como: Espacenet, Google Patents, INPI, JPO,

¹⁹ Dentre as fontes analisadas estão: os repositórios institucionais, relatórios técnicos e listas de associados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (ABREE), dentre outras listadas no Apêndice T; artigos científicos contidos nas revistas *Waste Management Research* e *Journal of Cleaner Production*; relatórios técnicos de instituições independentes (tais como *Greenpeace*, *Toxic Link India*, Compromisso Empresarial para Sustentabilidade-CEMPRE); artigos científicos publicados em congressos da área de gestão de resíduos sólidos (sendo o Congresso Mundial de Resíduos Sólidos da *International Solid Waste Association (ISWA)* o de maior visibilidade frente aos pares da comunidade científica internacional, congresso da Parceria Internacional para Expansão de Serviços de Gestão de Resíduos para Autoridades Locais (IPLA), *Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (SIREE), Feira RWM Brasil 2014 e Fórum Internacional de Resíduos Sólidos); Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq; teses e dissertações que tratavam de gestão de REEE; *sites* e portais empresariais.

²⁰ É importante destacar que este trabalho se beneficiou extensamente do acesso a uma grande quantidade de informações disponíveis *online*, o que não seria possível caso tivesse sido realizado em outro período histórico que não o da “era da informação” (HOBBSAWM, 1995; CASTELLS, 1999). Entretanto, a veracidade e atualização das informações *online* foi um problema de pesquisa para o qual tivemos que nos atentar.

²¹ Em grande parte, os relatórios pertencentes à *Initiative StEP – Solving the e-waste problem* (e *StEP E-waste WorldMap*), órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) que coordena os grupos de trabalho responsáveis por fomentar e desenvolver pesquisas na área de resíduos sólidos.

²² O método de análise de patentes seguido neste estudo é o de Gigante (2012, p. 43); estruturado em dez passos sua aplicação possibilita a identificação de atributos de sustentabilidade e indicações de risco tecnológico e ambiental no conteúdo de documentos de patentes quando da elaboração sistemática de uma expressão de busca.

PatentScope, USPTO e Derwent Innovations Index. Entretanto, optou-se por utilizar no estudo apenas os dados recuperados na Plataforma Questel Orbit, por apresentar os dados organizados em famílias de patentes, conterem mais informações dos dados bibliográficos e menor ocorrência de erros (tanto de sintaxe como de registro).

Uma patente é um direito de propriedade sobre uma invenção, concedido por escritórios nacionais de patentes. “Uma patente dá a seu detentor um monopólio (de duração limitada) sobre a exploração da invenção patenteada como contrapartida da divulgação (com o que se pretende permitir uma utilização social mais ampla da descoberta)” (OCDE, 2004, p. 27).

As patentes podem ser utilizadas como indicador de inovação²³, pois medem a atividade inventiva, mas também são importantes para a compreensão da adoção e difusão de uma tecnologia, visto que inventores tipicamente patenteiam porque esperam comercializar suas invenções (TAYLOR; RUBIN; HOUNSHELL, 2005).

O alcance da tecnologia de nosso conjunto de dados de patentes compreende o processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, ou seja, todas as patentes que se relacionam diretamente ao processo de reciclagem de REEE (incluídas todas as etapas por que o resíduo passa), considerando os mais diversos tipos de equipamentos eletroeletrônicos (conforme determinação das dez categorias expressas na Diretiva WEEE, de 2012), e invenções de produto, tais como novas máquinas de processamento.

Duas abordagens foram utilizadas para gerar o conjunto de patentes relevantes: uma pesquisa baseada em palavras-chave, com recuperação em todos os campos indexáveis da patente (título, resumo, antecedentes da invenção, reivindicações, e termos de indexação incluídos automaticamente pela base de dados) e uma pesquisa baseada em classes e subclasses da Classificação Internacional de Patentes (IPC).

Para determinar em que momento ocorreu uma inovação, utilizou-se o primeiro depósito de uma patente ocorrido no mundo – a data da primeira prioridade – já que ele tende a ser mais próximo da atividade inventiva real (PETERS et al., 2012).

Quando uma pesquisa se sustenta no levantamento de determinados dados, é imprescindível que a elaboração da estratégia de busca seja realizada de maneira minuciosa e criteriosa, a fim de se aumentar a revocação (capacidade de recuperar documentos úteis) e a

²³ Há de se ressaltar que o indicador mais comum de inovação tecnológica é a patente. Entretanto, a literatura o considera como um indicador problemático para medir a inovação (MAZZUCATO, 2014), pois podem apresentar pesos distintos: algumas patentes têm grande significado econômico, outras um impacto muito menor. Além disso, o tipo de inovação, de produto ou processo, também pode variar tendo muito significado para o mercado ou somente para o ambiente interno de uma empresa (FURTADO; QUEIROZ, 2007, p. 25-27).

precisão (capacidade de evitar documentos inúteis) dos dados. Por isso, a construção da expressão de busca padrão se pautou pela junção de diversos termos relacionados ao tema (reciclagem de resíduos eletroeletrônicos) – que obrigatoriamente deveriam constar nos documentos recuperados nas bases de dados utilizadas (conforme exemplos apresentados no Quadro 1).

Quadro 1: Exemplos de termos utilizados na elaboração das expressões de busca.

CATEGORIAS	EXEMPLOS DE TERMOS RELACIONADOS
(1) Sinônimos de REEE ²⁴	electronic*; "electric* electron* equipment*"; "electrical electronic equipment*"; "electronic* scrap"; "electronic* waste"; e-waste.
(2) Exemplos de aparelhos elétricos e eletrônicos	"mobile phone*"; "PC re-use"; "refrigerator*"; "freezer*"; "washing machin*"; "cooker*"; "microwave*"; "air conditioner applianc*"; "toaster*".
(3) Elementos perigosos e restritivos ²⁵	"aluminum"; "antimony"; "barium"; "beryllium"; "bismuth"; "cadmium"; "lead"; "polyvinyl chloride"; "chlorofluorocarbon*"; "dioxin*"; "dibenzo-p-dioxin".
(4) Infraestrutura de TI	"connector*"; "connection*"; cables and wires.
(5) Desempenho de TI	"batter*"; "chip"; "microchip"; "cooling circuit*"; "integrated circuit*"; "condenser"; "conductive heat"; "conductive"; "emitting red phosphorus"; "fitting*".
(6) Ações do ciclo de vida fechado	"electronic recover*"; "reverse logistic* process*"; "reverse supply chain"; "recyc* in supply chain"; "waste disposal activit*"; "remanufacture* electrical and electronic* product*"; "reverse chain".
(7) Setor ²⁶	"electronic* industry waste"; "green* the supply chain"; "electronic* industry recyc*".
(8) Políticas e acordos sobre a produção e disposição final de REEE	"WEEE Directive"; "China RoHS"; "India RoHS"; "Basel Convention"; "Stockholm Convention"; "National Environment Policy".

Fonte: Elaboração própria.

²⁴ Conforme detalhado na categorização da Diretiva europeia WEEE que consta no Capítulo 1 deste trabalho.

²⁵ Incluindo os elementos químicos comumente encontrados nos resíduos de eletroeletrônicos mencionados pela literatura, assim como as siglas destes. Somam-se a esta categoria os tipos de plásticos, retardantes de chama e dioxinas.

²⁶ Abrange a indústria de reciclagem de sucata eletrônica e termos relacionados ao “esverdeamento da cadeia de suprimentos” (“*greening the supply chain*”) que está ligado à inserção de tecnologias e práticas sustentáveis na produção de novos produtos para se adequar aos padrões exigidos pelas legislações (neste caso, à RoHS – que dita sobre a diminuição sucessiva, e posterior eliminação, de substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente na fabricação de novos produtos).

Assim, a expressão de busca padrão uniu palavras-chave²⁷ e classes da IPC. Após sua construção, a expressão de busca, com todos os termos já alinhados à sintaxe da lógica booleana, necessária à recuperação dos documentos de patentes, foi submetida à revisão de uma especialista²⁸ em gestão de resíduos eletroeletrônicos, reconhecida pelos pares no Brasil e no mundo. Posteriormente, essa expressão padrão foi subdividida em cinco expressões²⁹ menores a fim de facilitar a análise das patentes pelo tipo de tecnologia recuperada – detalhadas no Apêndice A.

O conjunto de dados de patentes recuperado na Plataforma Questel Orbit foi levantado para o período de 1900 a 2015. Não foi realizado nenhum tipo de recorte temporal a fim de se analisar o universo da base sobre o tema indicado nas expressões, testar e qualificar a hipótese sobre o aumento da inovação após a implantação de quadros regulatórios sobre a reciclagem de eletroeletrônicos. No total foram recuperados 15.109 documentos de patentes reivindicadas, sendo que o total de documentos, excluídas as repetições, foi de 10.587³⁰. Os valores exatos para cada expressão seguem listados no Quadro 2.

²⁷ Os termos utilizados são fruto do extenso levantamento bibliográfico realizado sobre o tema, assim como da pesquisa realizada para o mapeamento da cadeia de atores. Além disso, novos termos foram agregados à estratégia de busca após a realização dos pré-testes na base de dados *Derwent Innovations Index*, dentre outras.

²⁸ A especialista consultada foi a Profa. Dra. Lúcia Helena Xavier, que possui graduação em Biologia, Bacharelado em Genética pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1997), mestrado (2001) e doutorado (2005) em Gestão Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Foi bolsista PRODOC/CAPES pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba (2006). É pesquisadora titular na Coordenação de Estudos Ambientais da Fundação Joaquim Nabuco (CGEA/FUNDAJ). Professora colaboradora no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco. Professora do MBA em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Pernambuco. Pesquisadora colaboradora do CERSOL (Centro Multidisciplinar de Estudos em Resíduos Sólidos da USP). Fez pós-doutorado na Universidade de São Paulo (2011-2012).

²⁹ As expressões de busca completas, com os termos utilizados e as lógicas booleanas e os operadores de truncamento e proximidade empregados, para as categorias de (A) a (E) estão disponíveis no Apêndice A.

³⁰ A coleta dos dados se deu entre os dias 15 e 16/3/2016.

Quadro 2: Número de patentes recuperadas por categoria de análise na Plataforma Questel Orbit.

EXPRESSÃO	PATENTES REIVINDICADAS
(A) Sobre reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos em geral	7.308
(B) Sobre tecnologia de processo de reciclagem de REEE	186
(C) Sobre reciclagem de metais presentes nos REEE	3.761
(D) Sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE	3.361
(E) Sobre reciclagem de REEE com menção a políticas de regulação de descarte e reciclagem	493
Total	15.109
TOTAL SEM REPETIÇÕES	10.587

Fonte: Elaboração própria.

Após a conclusão do levantamento de dados secundários com a investigação da literatura e o mapeamento da cadeia de atores (realizados entre 2012 e 2014), procedemos ao levantamento de dados primários em pesquisa de campo (no início de 2014) para a realização da quinta etapa da pesquisa – a realização de entrevistas.

Considerando que o Brasil segue na implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em vigor desde agosto de 2010, que necessita de acordos setoriais para ser plenamente seguida, o foco deste estudo foi na relação entre regulação e inovação, buscando analisar as dificuldades enfrentadas pelos empreendimentos na reciclagem de REEE no Brasil durante a implementação da política.

Sendo assim, de março de 2014 a junho de 2015 foram realizadas doze entrevistas, conduzidas com diferentes atores da cadeia, com diferentes funções e em diferentes locais, como escritórios, galpões, terraços de cooperativas e ao ar livre. Dentre os entrevistados estão: diretores comerciais, diretores executivos, diretores de marketing, representantes de cooperativas, cooperados, proprietários de empresas, engenheiros de produção e ambiental e pesquisadores sobre gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, distribuídos pelas seguintes cidades do estado de São Paulo³¹: Amparo, Cabreúva, Campinas, Cotia, Mauá, Ribeirão Preto, São Carlos e São Paulo.

³¹ De acordo com o relatório da ABDI (2012, p. 36), o estado de São Paulo concentra cerca de 40% dos empreendimentos ligados à reciclagem de REEE no Brasil. Assim, os casos paulistas selecionados são representativos da realidade brasileira.

Quanto à realização das entrevistas, quase todas foram realizadas pessoalmente³² a partir de questionário aberto semiestruturado (conforme apresentado no Apêndice C) e definido em torno de três objetivos principais: (1) entender a dinâmica entre os atores que compõem a cadeia global de reciclagem de REEE no Brasil; (2) compreender em que medida as tecnologias são usadas e apropriadas pelos diferentes atores da cadeia de reciclagem; e, (3) entender em que medida a Política Nacional de Resíduos Sólidos está influenciando as ações dos atores da cadeia de reciclagem de REEE no Brasil.

A elaboração da amostra foi intencional para a seleção dos entrevistados. Os critérios para a seleção destes foram: o tipo de ator, o tipo de tecnologia utilizada e seu papel na cadeia. Quanto ao tipo de ator levou-se em consideração as atividades que desempenha, sendo: (1) cooperativas de catadores; (2) sucateiros; (3) postos informais de coleta e projetos sociais que coletam, separam e destinam; (4) empresas de consultoria, coleta, separação e destinação; (5) empresas recicladoras. Quanto aos papéis exercidos, foram entrevistados empreendimentos centrados nas atividades de coleta, separação e destinação dos REEE e nos que efetuam a reciclagem propriamente dita desses resíduos.

No que concerne ao tipo de tecnologia, foram analisadas as técnicas e tecnologias utilizadas nas atividades de reciclagem de REEE, ou seja, na coleta, separação, desmontagem, processamento e destinação final desses resíduos pelos atores da cadeia. Não se pressupôs nenhum método, técnica ou tecnologia específica a ser analisada, visto que a estruturação dessa cadeia no país mostrou-se inicial e incipiente no que diz respeito às relações e trocas de experiências entre os atores.

Esta tese está estruturada em quatro capítulos para além desta introdução. O Capítulo 1 apresenta os tipos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e sua composição, e, a partir disso, discute os riscos ao meio ambiente e à saúde pública do descarte irregular desses resíduos. O contato das diversas substâncias tóxicas, presentes nos REEE, com o solo, a água, o ar e a pele de animais e seres humanos pode provocar reações imediatas (como, por exemplo, alergias cutâneas) ou de longo prazo (como, por exemplo, câncer). Para evitar esses impactos negativos, este capítulo destacou os tipos de tecnologias de reciclagem e tratamento para a gestão destes resíduos, indicadas pela ONU, nos manuais do StEP, e a formação ideal de uma linha produtiva de reciclagem. A viabilização de uma infraestrutura dedicada à reciclagem de eletroeletrônicos é possível quando apoiada por um quadro regulatório específico.

³² Devido à indisponibilidade pessoal de dois proprietários de empresas, uma entrevista foi realizada por telefone e a outra por e-mail.

Assim, o Capítulo 2 discute a relação entre regulação e inovação, a evolução do quadro regulatório internacional sobre reciclagem de REEE e a emergência de inovações de produto e processo. Para isso, foram analisadas a evolução do número de depósitos de patentes sobre reciclagem de REEE, na Plataforma Questel Orbit, e a evolução da publicação de artigos científicos, na base Scopus. A questão investigada neste capítulo foi em que medida a regulação ambiental tem influenciado a inovação de produto ou processo sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. A análise dos dados evidenciou um aumento no número dos registros ao longo do tempo, sendo que tanto os registros de patentes como da publicação de artigos científicos sobre o tema apresentaram aumento nos anos correspondentes às discussões e implementações da Convenção de Basiléia, entre 1989 e 1992, das Diretivas WEEE e RoHS da União Europeia, em 2002, 2003 e 2012, e da lei “China WEEE”, em 2010. O país que se destaca nas atividades científicas e tecnológicas no setor de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos é a China – que de paraíso de poluição se tornou líder do ranking mundial de inovação. A partir da adaptação das diretivas europeias para sua própria demanda, a China elaborou uma política ambiental específica para regular a gestão de REEE, por meio da qual vem conseguindo unir os esforços de recicladores formais certificados e negociantes informais de sucatas na estruturação de cadeia nacional de reciclagem de REEE junto a varejistas e consumidores.

O Capítulo 3 segue na análise dos tipos de tecnologias de reciclagem de REEE patenteadas, recuperadas na Plataforma Questel Orbit, e quais instituições foram responsáveis pelas atividades científicas e tecnológicas. Destacaram-se tecnologias de processo como, por exemplo, aparelho e método de reciclagem de baterias, método e dispositivo para o tratamento de resíduos de geladeiras, método de recuperação de metais a partir de sucata de automóvel e de resíduos eletrônicos, método e dispositivo para reciclagem de lixo eletrônico com componentes complexos, método para separar polibromados difenílicos a partir de plásticos de REEE, método para a reciclagem e reutilização de resíduos eletrônicos, aparelho e método para a regeneração e desalogenação de plásticos de resíduos eletrônicos, aparelho para tratamento e reciclagem de resíduos de produtos eletrodomésticos, método para a recuperação de chumbo a partir de tubos de CRT descartados de lixo eletrônico, placa de circuitos feita a partir de pó de placa de circuitos descartada e processo de fabricação dos mesmos, dentre outras.

O Capítulo 4 discute a evolução do quadro regulatório sobre reciclagem de eletroeletrônicos no Brasil até a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010, e as dificuldades de sua implementação até junho de 2016, a partir de informações coletadas

nas entrevistas. A pergunta que orientou este capítulo foi que dificuldades existem para a implantação da PNRS e para a constituição de uma cadeia de reciclagem de REEE no país. As conclusões deste capítulo suscitam a ausência de uma cadeia de reciclagem estruturada, em que as atividades de coleta, transporte e processamento deveriam seguir em fluxos contínuos passando por locais e atores pré-determinados e terminando com a destinação final ambientalmente correta dos materiais. Ao invés disso, há problemas que vão desde a pouca oferta de eletroeletrônicos a ser processada, pois não há um canal institucionalizado para o descarte correto dos equipamentos pós-consumo pela população e pelas empresas; dificuldades na operacionalização da logística reversa devido à extensão geográfica do país e ao elevado custo do frete; em selecionar parceiros ambientalmente corretos para atuar com a reciclagem de REEE; até com a falta de diálogo com os representantes das empresas no lido do acordo setorial e falta de conscientização da população e do empresariado no que tange à destinação ambientalmente correta dos materiais e na forma como precisam ser acondicionados para o transporte seguro. Além disso, não há capacidade tecnológica instalada no país para a reciclagem de ciclo fechado dos REEE, onde todos os materiais retornam ao ciclo de vida produtivo.

Ao final, está a conclusão da pesquisa, as referências e os apêndices.

CAPÍTULO 1 – RISCOS E TECNOLOGIAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Este capítulo apresenta os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e sua composição, discute os riscos ao meio ambiente e à saúde pública do descarte irregular e as tecnologias de reciclagem e tratamento para a gestão destes resíduos.

1.1 Riscos ao meio ambiente e à saúde pública

Para discutir a periculosidade dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) vamos utilizar a norma brasileira NBR 10.004 (de 2004) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente.

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhe deu origem e de 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.

Os resíduos são classificados em: (a) resíduos classe I – perigosos; e, (b) resíduos classe II – não perigosos (resíduos classe II A – não inertes; e, resíduos classe II B – inertes). Os resíduos de classe I (perigosos) são os que requerem maior atenção por parte dos administradores locais, uma vez que os acidentes mais graves e de maior impacto ambiental são causados por esta classe de resíduos. Estes podem ser acondicionados e armazenados temporariamente, incinerados, ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos. São considerados perigosos por apresentarem certas características de periculosidade, tais como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Somando-se a esta categorização estabelecida em 2004 pela ABNT, foi publicada, recentemente no Brasil, a norma NBR 16.156 (de 2013)³³ que versa especificamente sobre a gestão eficiente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos por meio da manufatura reversa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Esta norma

³³ Esta norma tem como bases normativas: ABNT NBR ISO 14.001, ABNT NBR ISO 9.000, ABNT ISO 10.004 e ABNT NBR 18.801.

define os requisitos para a gestão ambientalmente adequada dos REEE por meio da gestão dos riscos à saúde e à segurança do trabalhador, a rastreabilidade dos resíduos eletroeletrônicos, a descaracterização dos dados do usuário e a proteção da marca do fabricante, conferindo uma nova dimensão à cadeia produtiva ao regulamentar o ciclo reverso destes resíduos.

Genericamente, os *Equipamentos Elétricos e Eletrônicos*, ou *EEE*, incluem todos os:

Equipamentos dependentes de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000V para corrente alternada e 1.500V para corrente contínua. (PARLAMENTO..., art. 3º., 2012, p. 45).

Por isso, constituem *Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos*, ou REEE, “os equipamentos elétricos e eletrônicos, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do produto, no momento em que este é descartado” (PARLAMENTO..., art. 3º., 2012, p. 45). Portanto, estes materiais se tornam resíduo a partir do momento em que não têm mais utilidade em sua forma original por apresentarem defeitos de fabricação, pararem de funcionar ou por se tornarem obsoletos frente à tecnologia (WIDMER et al., 2005).

A União Europeia, na Diretiva WEEE (*Waste of Electrical and Electronic Equipment*) de 2012 (PARLAMENTO..., 2012, p. 45), categorizou os EEE em dez categorias que abrangem desde grandes e pequenos eletrodomésticos, equipamentos de informática e telecomunicações, como também outros equipamentos elétricos e eletrônicos, tais como os equipamentos de consumo, painéis fotovoltaicos, equipamentos de iluminação, ferramentas elétricas, brinquedos, equipamentos médicos, instrumentos de monitoramento e controle e os distribuidores automáticos de bebidas e alimentos.

Esta categorização é ampla e detalhada, e possui ainda uma categoria genérica para outros equipamentos (que se enquadrem nos requisitos de elétrico e/ou eletrônico) que não tenham sido mencionados nas demais categorias.

Os elaboradores destas categorias da Diretiva WEEE tiveram como pretensão abranger o maior número e tipos de equipamentos elétricos e eletrônicos possíveis a fim de que a norma de disposição final e reciclagem não ficasse em falta a nenhum tipo de equipamento, mesmo que este não estivesse diretamente mencionado em uma das categorias preestabelecidas. Essas categorias seguem listadas e exemplificadas no Quadro 1.1.

Quadro 1.1: Categorias de equipamentos eletroeletrônicos abrangidas pela Diretiva WEEE.

CATEGORIAS	EQUIPAMENTOS
(1) Grandes eletrodomésticos	Grandes aparelhos de arrefecimento; frigoríficos; congeladores; outros grandes aparelhos utilizados na refrigeração, conservação e armazenamento de alimentos; máquinas de lavar roupa; secadores de roupa; máquinas de lavar louça; fogões; fornos elétricos; placas de fogão elétricas; microondas; outros grandes aparelhos utilizados para cozinhar ou transformar os alimentos; aparelhos de aquecimento elétricos; radiadores elétricos; outros aparelhos de grandes dimensões para aquecimento de casas, camas, mobiliário para sentar; ventoinhas elétricas; aparelhos de ar condicionado.
(2) Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores; aparelhos de limpeza de alcatifas; outros aparelhos de limpeza; aparelhos utilizados na costura, tricô, tecelagem e outras formas de transformar os têxteis; ferros de engomar e outros aparelhos para engomar, calandrar e tratar o vestuário; torradeiras; fritadeiras; moinhos, máquinas de café e aparelhos para abrir ou fechar recipientes ou embalagens; facas elétricas; aparelhos para cortar o cabelo, secadores de cabelo, escovas de dentes elétricas, máquinas de barbear, aparelhos de massagem e outros aparelhos para o cuidado do corpo; relógios de sala, relógios de pulso e aparelhos para medir, indicar ou registar o tempo.
(3) Equipamentos informáticos e de telecomunicações	Processamento centralizado de dados: mainframes; minicomputadores; unidades de impressão; equipamentos informáticos pessoais; computadores pessoais (cpu, mouse, ecrã e teclado incluídos); computadores portáteis “laptop” (cpu, mouse, ecrã e teclado incluídos); computadores portáteis “notebook”; computadores portáteis “notepad”; impressoras; copiadoras; máquinas de escrever elétricas e eletrônicas; calculadoras de bolso e de secretária; e outros produtos ou equipamentos para recolher, armazenar, tratar, apresentar ou comunicar informações por via eletrônica; sistemas e terminais de utilizador; telecopiadoras (fax); telex; telefones; postos telefônicos públicos; telefones sem fios; telefones celulares; atendedores automáticos; e outros produtos ou equipamentos para transmitir som, imagens ou outras informações por telecomunicação.
(4) Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Aparelhos de rádio; aparelhos de televisão; câmeras de vídeo; gravadores de vídeo; gravadores de alta-fidelidade; amplificadores áudio; instrumentos musicais; e outros produtos ou equipamentos para gravar ou reproduzir o som ou a imagem, incluindo sinais ou outras tecnologias de distribuição do som e da imagem por outra via que não a telecomunicação; painéis fotovoltaicos.
(5) Equipamentos de iluminação	Aparelhos de iluminação para lâmpadas fluorescentes (com exceção dos aparelhos de iluminação domésticos); lâmpadas fluorescentes clássicas; lâmpadas fluorescentes compactas; lâmpadas de descarga de alta intensidade, incluindo lâmpadas de sódio sob pressão e lâmpadas de haletos metálicos; lâmpadas de sódio de baixa pressão; outros equipamentos de iluminação ou equipamento destinado a difundir ou controlar a luz (com exceção das lâmpadas de incandescência).
(6) Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)	Berbequins; serras; máquinas de costura; equipamento para toronar, fresar, lixar, triturar, serrar, cortar, tosar, brocar, fazer furos, puncionar, dobrar, encurvar, ou para processos similares de tratamento de madeira, metal e outros materiais; ferramentas para rebitar, pregar ou parafusar ou remover rebites, pregos ou parafusos, ou para usos semelhantes; ferramentas para soldar ou usos semelhantes; ferramentas para cortar relva ou para outras atividades de jardinagem.

Quadro 1.1 – Continuação...

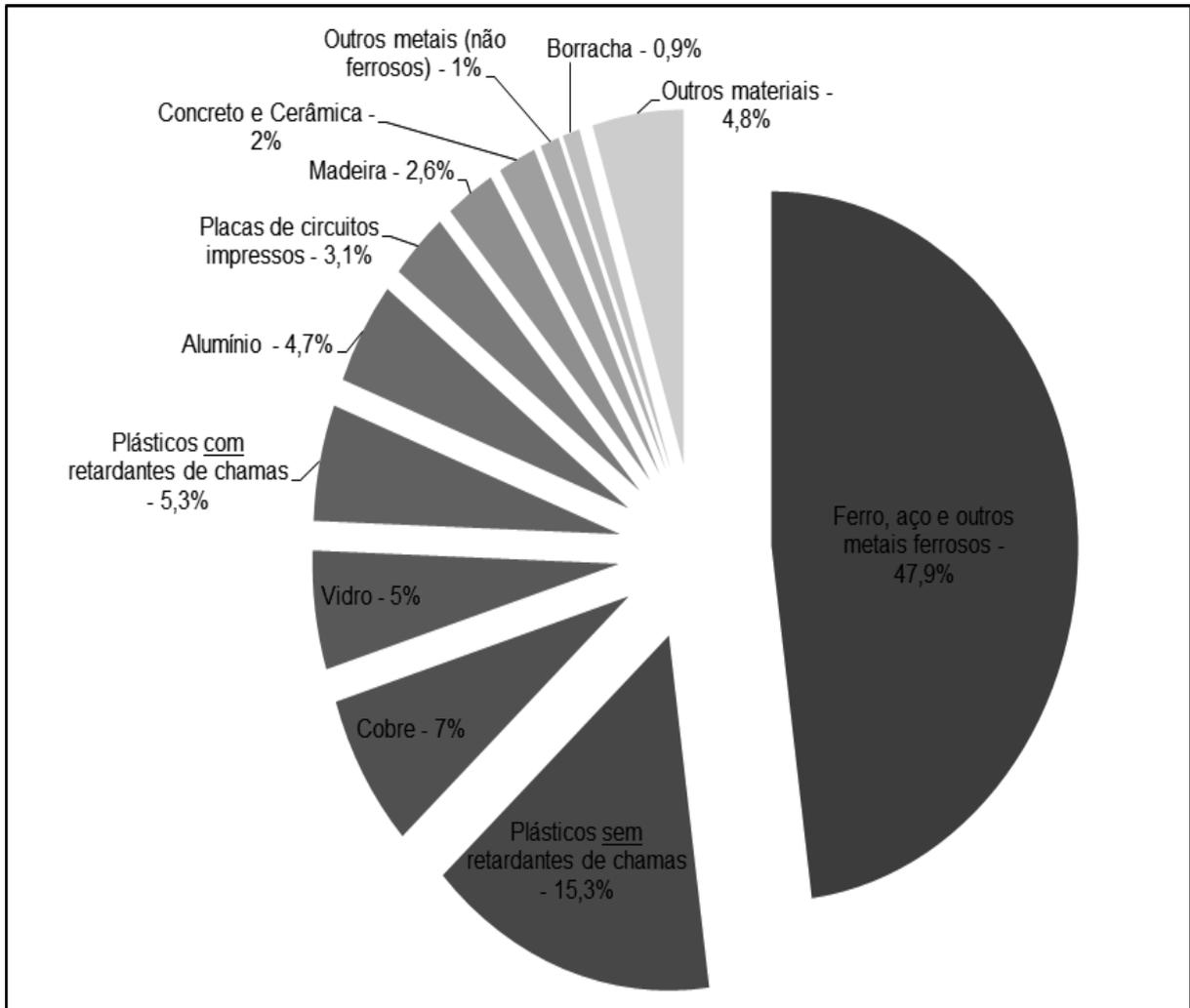
CATEGORIA	EQUIPAMENTOS
(7) Brinquedos e equipamento de desporto e lazer	Conjuntos de comboios elétricos ou de pistas de carros de corrida; consoles de jogos de vídeo portáteis; jogos de vídeo; computadores para ciclismo, mergulho, corrida, remo, etc.; equipamento desportivo com componentes elétricos ou eletrônicos; caça-níqueis.
(8) Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados)	Equipamentos de radioterapia; equipamentos de cardiologia; equipamentos de diálise; ventiladores pulmonares; equipamentos de medicina nuclear; equipamentos de laboratório para diagnóstico in vitro; analisadores; congeladores; testes de fertilização.
(9) Instrumentos de monitoramento e controle	Detetores de fumo; reguladores de aquecimento; termostatos; aparelhos de medição, pesagem ou regulação para uso doméstico ou como equipamento laboratorial; outros instrumentos de controle e comando utilizados em instalações industriais (por exemplo, em painéis de comando).
(10) Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de bebidas quentes; distribuidores automáticos de garrafas ou latas quentes ou frias; distribuidores automáticos de produtos sólidos; distribuidores automáticos de dinheiro; todos os aparelhos que forneçam automaticamente todo o tipo de produtos.
(11) Outros	Outras categorias não consideradas anteriormente.

Fonte: Parlamento... (2012, p. 53).

A composição geral dos REEE apresenta mais de mil substâncias diferentes dentre compostos tóxicos, metais nobres e metais pesados (tais como mercúrio, chumbo, arsênio, cádmio, selênio, cromo hexavalente) e retardantes de chama à base de brominatos (que quando queimados emitem dioxinas³⁴), e é listada, com suas respectivas porcentagens, na Figura 1.1 (WIDMER et al., 2005).

³⁴ Dioxina é o nome genérico para certos compostos de cloro orgânico. Existem cerca de 210 tipos diferentes, sendo a substância mais tóxica já criada pelo ser humano. Foi muito utilizada como arma química na guerra do Vietnã, quando os americanos usaram o “desfolhante laranja”. A dioxina pode gerar doenças no sistema imunológico, câncer e tetragenia (doença que causa má formação do feto como, por exemplo, ausência de lábios, nariz e cérebro). Pode ser encontrada na queima de alguns tipos de plástico, como o PVC, além de ser utilizado em larga escala na produção de papel branco, para o clareamento da celulose (ESAB, 2013).

Figura 1.1: Composição geral dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.



Fonte: Elaboração própria a partir de Widmer et al. (2005, p. 445).

Os materiais encontrados em maior quantidade nos REEE são os metais ferrosos, como o ferro e o aço, que compõem, em média, 48% desses equipamentos. Em seguida, está o plástico que compõe cerca de 26% do material. O cobre e o vidro estão em 7% e 5,4%, respectivamente, dos REEE. São encontrados também, porém em menor quantidade, materiais como: alumínio, madeira, concreto e cerâmica, borracha e placas de circuitos impressos. Esses componentes representam a fração visível da sucata eletrônica, que quando manipulados liberam uma série de substâncias químicas tóxicas ao ser humano e ao meio ambiente.

Por isso, se manipulados sem equipamentos de proteção individual, armazenados em locais inadequados (galpões sem licenciamento ambiental) ou descartados a céu aberto no meio ambiente, onde entram em contato direto com o solo, animais e seres humanos, os REEE liberam diversas substâncias tóxicas, conforme detalhado no Quadro 1.2. Placas de

circuitos impressos, por exemplo, podem liberar desde substâncias mais conhecidas como o chumbo, o antimônio e o cádmio, até mercúrio e dioxinas liberadas pelos retardantes de chamas bromados.

Quadro 1.2: Substâncias tóxicas encontradas em componentes de equipamentos eletroeletrônicos.

COMPONENTES	APLICAÇÕES	SUBSTÂNCIAS TÓXICAS
Placas de circuito impresso	Utilizadas em quase todos os EEE, desde geladeiras até computadores	Chumbo (Pb) e antimônio (Sb) em ligas, cádmio (Cd) em contatos e interruptores, mercúrio (Hg) em interruptores e relés, retardantes de chama bromados (plásticos)
Baterias	EEE portáteis (computadores, celulares, iPods, iPads)	Níquel e Cd em baterias Ni-Cd, Pb em baterias chumbo-ácidas, mercúrio em baterias de Hg
Componentes contendo mercúrio	Termostatos, sensores, relés, interruptores, lâmpadas, equipamentos médicos, celulares	Mercúrio (Hg)
Tubos de raios catódicos	TVs antigas, monitores antigos, osciloscópio	Pb, Sb, Cd no vidro
Cabos, cordões e fios	Diversos	Cd, cobre (Cu), plástico, PVC (cloreto de polivinil), retardantes de chama bromados
Visor de cristal líquido (LCD)	Diversos	Cerca de 20 substâncias distintas
Circuitos de refrigeração	Aparelhos de ar condicionado, freezers, geladeiras	Clorofluorcarbonos (CFCs)
Cartuchos de tinta e toner	Impressoras, aparelhos de fax, copiadoras	Toner e poeira de carbono
Revestimentos de aço e ferro, explosivos	Diversos	Zinco
Painéis de vidro e juntas de monitores, solda nas placas de circuito impresso	Diversos	Pb

Fonte: Elaboração própria baseada em SEPA (2011); Gouveia, Maleronka e Kuno (2014); Furtado (2004); Babu, Parande e Basha (2007).

Em contato com a pele humana, seja pela manipulação de componentes de REEE ou pela inalação de fumaça destes resíduos, essas substâncias são potencialmente prejudiciais à saúde e podem vir a causar uma variedade de distúrbios no organismo humano, conforme descrito no Quadro 1.3.

Quadro 1.3: Efeitos das substâncias tóxicas, presentes nos resíduos eletroeletrônicos, na saúde humana.

SUBSTÂNCIA	VIAS DE CONTAMINAÇÃO	EFEITOS
Antimônio	Manipulação; inalação.	Irritação do trato respiratório e cancerígeno.
Berílio	Manipulação; inalação.	Neoplasia maligna dos brônquios e do pulmão; conjuntivite; dermatite de contato.
Bromo	Manipulação; inalação.	Laringotraqueíte aguda; enfisema; estomatite ulcerativa; dermatite de contato.
Cádmio	Manuseio; inalação e ingestão de alimento e água contaminada.	Dermatite; transtornos do nervo olfatório; disfunção renal; gastroenterite e colite tóxica; neoplasia maligna dos brônquios e do pulmão.
Chumbo	Ingestão de alimento e água contaminada, inalação e manuseio.	Disfunção renal, anemia, alterações no sistema nervoso e reprodutivo, alterações no fígado e aumento da pressão.
Cristal líquido	Manipulação.	Dermatites.
Cromo	Ingestão de alimento e água contaminada, inalação e manipulação.	Asma; rinites alérgicas; ulceração ou necrose do septo nasal; dermatites alérgica de contato; osteonecrose; polineuropatia.
CFCs	Liberação no meio ambiente.	Destroi a camada de ozônio, causando efeitos indiretos ao ser humano.
Fósforo	Ingestão de alimento e água contaminada, inalação e manipulação.	Arritmias cardíacas; dermatites alérgica de contato; osteonecrose; polineuropatia; intoxicação aguda.
Hidrocarbonetos	Ingestão de alimento e água contaminada, inalação e manipulação.	Angiossarcoma do fígado; púrpura hemorrágica; hipotireoidismo; acrocianose; depressão; encefalopatia tóxica aguda.
Mercúrio	Ingestão de alimentos, como peixes e crustáceos contaminados, inalação e manuseio.	Lesões renais; alterações neurológicas; alterações no sistema digestivo; depressão.
Níquel	Manipulação; ingestão de água e alimentos contaminados; inalação.	Alteração de células sanguíneas, alterações renais e comprometimento pulmonar.
Poeira de carbono e toner	Inalação.	Comprometimento pulmonar.
PVC	Manipulação; inalação.	Alterações no aparelho reprodutivo e no sistema linfático; ação teratogênica e carcinogênica; inalação de dioxinas e furanos decorrentes da incineração.
Retardantes de chama bromados	Manipulação; inalação.	Efeitos neurológicos; alterações no sistema endócrino e imunológico.

Fonte: Elaboração própria baseada em SEPA (2011); Gouveia, Maleronka e Kuno (2014); Augusto (2013); Stowe (2008).

A partir dos anos 2000, a conceituação de produtos eletrônicos pós-consumo, que os considerava inerentemente resíduos, começou a ser questionada. Por exemplo, Kahhat e Williams (2009³⁵, p. 6010) questionaram se os PCs em fim de vida exportados dos EUA para o Peru deveriam ser entendidos como resíduos ou como produtos, visto que a maior parte desses eletrônicos entrou no mercado de reuso do Peru, e não na cadeia de reciclagem. Além disso, esses autores descobriram que devido a “condições puramente econômicas” as placas de circuito impresso foram exportadas do Peru para os países europeus, que possuem legislações e padrões ambientais próprios para a recuperação ambientalmente adequada de metais preciosos. Para Kahhat e Williams (2009), esta situação contraria as proposições generalistas da hipótese sobre a existência de paraísos de poluição no Terceiro Mundo.

Entretanto, Lepawsky e McNabb (2010) argumentam que a própria existência de redes de comércio e de tráfego de REEE significa que alguma forma de valor deve existir ou pode ser criado após o descarte ocorrer. Tal quadro é bastante diferente do enredo sobre o tipo de reciclagem dominante na África e na Ásia descrito por ONGs (organizações não-governamentais) ambientalistas (por exemplo, Toxic Link India (2003); BASEL ACTION NETWORK (2005); Greenpeace (WWF, 2008)).

Lepawsky e Billah (2011) documentaram o movimento de matérias-primas provenientes de resíduos eletroeletrônicos que servem como insumo no ciclo de produção do setor eletrônico e também em uma ampla gama de outros setores (por exemplo, brinquedos, joias, utensílios domésticos, hardware e artigos diversos). O fenômeno dos mercados de segunda-mão abrange a revalorização dos mais diversos materiais, desde roupas e outros produtos do setor têxtil, até móveis, eletrodomésticos e também os componentes da indústria eletrônica.

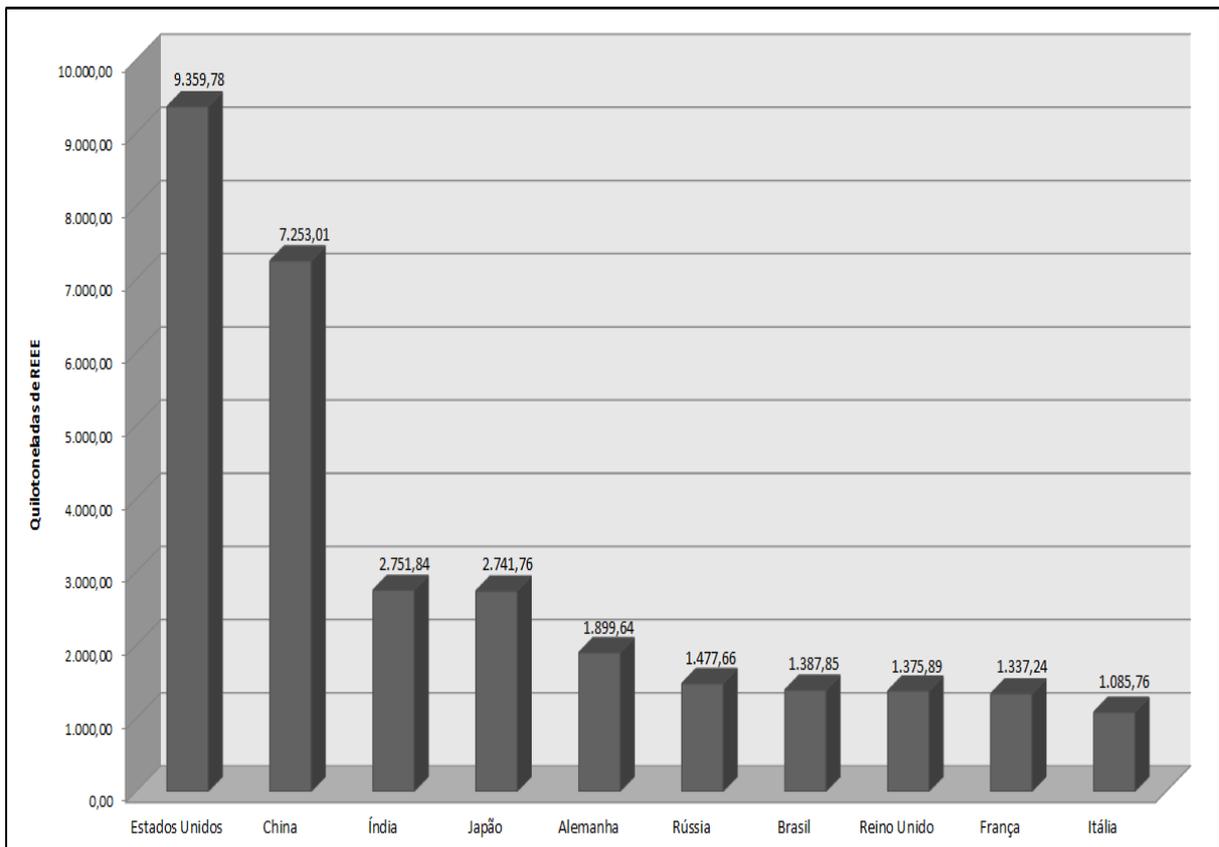
O *StEP E-waste WorldMap* (órgão da ONU que estuda e mapeia questões ligadas à cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no mundo) em coleta de dados relativos ao ano de 2012, indicou que os países que colocaram mais equipamentos eletroeletrônicos novos no mercado em 2012, em quilotoneladas, foram, respectivamente: China (11.054 kt),

³⁵ O estudo de Kahhat e Williams (2009) utilizou como pilares empíricos a análise de dados do governo do Peru sobre o comércio de computadores novos e usados (entre os anos de 2003 e 2007) e entrevistas de vendedores de computadores, recondicionadores e recicladores. Constataram que os Estados Unidos são a principal fonte de PCs usados importados para o Peru, e que 87-88% dos computadores usados importados tinham preço mais elevado do que o valor de reciclagem de seus materiais constituintes. Neste caso, concluíram que o comércio oficial de computadores em fim de vida no Peru é impulsionado pela reutilização em oposição à reciclagem. Além disso, distinta da reciclagem informal na China e na Índia, as placas de circuito impresso geralmente não são recicladas internamente (no Peru), mas exportadas para a Europa para a reciclagem avançada, ou para a China para (presumivelmente) a reciclagem informal. É notável que as considerações de ordem puramente econômica levem as placas de circuito à exportação para a Europa, onde as normas ambientais são rigorosas, e presumivelmente devido a uma maior recuperação de metais preciosos.

EUA (9.965 kt), Índia (4.362 kt) e Japão (3.335 kt). O Brasil, país de economia em desenvolvimento, ficou na sétima posição dentre os países que colocaram mais equipamentos eletrônicos novos no mercado, com 2.069 kt. O montante de equipamentos produzidos no mundo possibilita que se tenha uma ideia do tamanho do problema existente para a cadeia de reciclagem de eletroeletrônicos na gestão dos fluxos de descarte destes equipamentos pós-consumo.

Os dados de geração de REEE dimensionam de maneira direta esse universo. A Figura 1.2 apresenta o ranking dos países que mais geraram resíduos eletroeletrônicos em 2012 – Estados Unidos (9.359 kt) e China (7.253 kt) são os maiores geradores desses resíduos. O Brasil se mantém na sétima posição.

Figura 1.2: Ranking mundial de geração de resíduos eletroeletrônicos (em quilotoneladas).



Fonte: Elaboração própria baseada em dados coletados em StEP (2012).

As consequências do descarte desses resíduos em locais inadequados vão desde a contaminação do solo do local, dos alimentos cultivados na região do local afetado, assim como a contaminação de lençóis freáticos, o que pode estender os malefícios das substâncias tóxicas e metais pesados presentes nos REEE no meio ambiente ao ser humano.

Esta exposição pode ocorrer via ingestão de água ou alimentos contaminados com essas substâncias, por exposição à poeira e à fumaça tóxica (devido à queima de REEE nos locais de despejo irregular) ou pelo contato direto no manuseio dessa sucata quando do desmonte sem equipamentos de proteção individual.

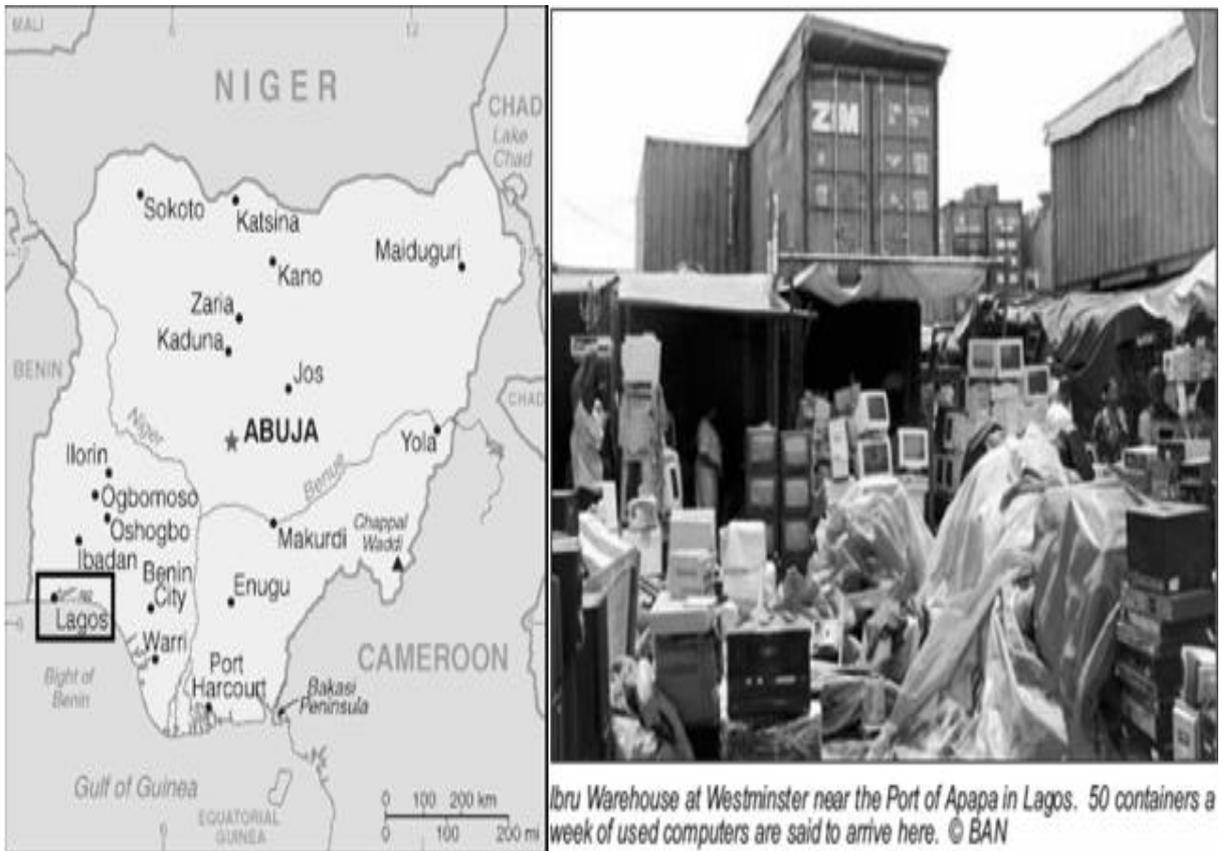
O caminho informal da economia é seguido pelo setor de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em diversos países em desenvolvimento, pois ainda não se sujeitam às regulações internacionais e prosseguem com a utilização de processos e métodos rudimentares de reciclagem, sem controle das emissões de gases tóxicos, nem tampouco dos poluentes infiltrados no solo e na água, ou dos trabalhadores contaminados nestes processos (BASEL ACTION NETWORK, 2005). A Nigéria é um destes países, com uma regulação ambiental nascente com apenas uma lei nacional, a Política Nacional de Meio Ambiente (em vigor desde 2011), que rege toda a gestão de resíduos sólidos urbanos (inclusive os eletroeletrônicos) (STEP, 2012).

Camuflados por declarações oficiais de conterem equipamentos para reuso, mais de 500 navios por mês transportam material eletrônico em direção à Nigéria e Gana. A Basel Action Network (2005) afirma que 75% desse material que chega ao porto de Lagos, na Nigéria, são lixo – não são comercializáveis, quer devido à falta de funcionalidades, ou devido ao fato de sua reparação não ser economicamente viável.

O Porto de Apapa na capital da Nigéria, Lagos, é o local de entrada dos carregamentos de resíduos eletroeletrônicos que chegam ao país. Situada na parte sul do país (localização ilustrada na Figura 1.3), a capital Lagos é permeada de lixões e aterros irregulares para onde são enviados os restos de materiais que passaram por triagem e foram separados para reciclagem, conserto ou revenda da montagem de equipamentos para reuso que abastecem os armazéns de Ijeshu e Ibru, em Westminster (região de Lagos) e mercados locais de venda de equipamentos para reuso — são eles: Ikeja Computer Village, Alaba International Market, Oshodi Market e Lawanson Market (BASEL ACTION NETWORK, 2005, p. 9-12).

O processo de reciclagem que ocorre em Lagos é simples, por meio de desmantelamento manual dos materiais, ou seja, no caso de tubos de raios catódicos é feita a quebra manual dos tubos, por exemplo, para a extração do cobre presente neles. Após este processo, o trabalhador vende o cobre extraído a uma fundição. O resto do material, que não tem serventia para reuso nem revenda, é depositado em armazéns ou levado a lixões de resíduos eletrônicos nas proximidades da capital, tais como Olusosun (em Oregun), Oke-Odo (em Abule-egba) e Esolo (em Isolo-Lagos) (BASEL ACTION NETWORK, 2005, p. 15).

Figura 1.3: Mapa da Nigéria (à esquerda) e armazém com computadores usados perto do Porto de Apapa, em Lagos (à direita).



Fonte: Compilação própria a partir de Basel Action Network (2005, p. 10-12).

A Figura 1.4 ilustra em quatro imagens a rotina da cidade, capital nigeriana e principal destino de REEE no continente africano: em (1) e (2) há vendedores vendendo monitores, televisões e placas de circuitos retiradas de diversos equipamentos a fim de serem utilizadas na reposição de algum equipamento que tenha conserto (a maioria dos equipamentos e das peças não funciona mais); em (3) vê-se uma criança coletando restos de lixo eletrônico em um pântano (feito de local irregular de despejo) para tentar revender em um dos mercados locais; e, em (4) há um amontoado de placas de circuitos impressos que foram removidas de computadores e outros equipamentos eletrônicos importados e despejados do lado de fora do mercado de Alaba, em Lagos (BASEL ACTION NETWORK, 2005, p. 13; 19; 33; 42).

Esses lixões, em Lagos, não possuem forramento do solo, monitoramento ou tampouco sistema de recuperação de substâncias lixiviadas liberadas pelos resíduos que se acumulam. Estão localizados perto de nascentes de lençóis freáticos (dispostos a cerca de um a dois metros de profundidade abaixo da superfície) e sofrem rotineiramente com incêndios.

Figura 1.4: Rotina dos mercados de equipamentos eletroeletrônicos em Lagos (Nigéria) e o despejo irregular destes resíduos.



Fonte: Compilação própria a partir de Basel Action Network (2005, p. 13; 19; 33; 42).

A queima dos equipamentos eletrônicos nesses locais, para extração de cobre, potencializa os impactos dos componentes químicos tóxicos no meio ambiente e na saúde das pessoas devido à emissão de dioxinas no ar e à deposição de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e metais pesados no solo e na água (BASEL ACTION NETWORK, 2005, p. 22-23).

Portanto, faz-se necessário o aumento da eficiência da gestão da cadeia de reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos a fim de que não existam montantes de resíduos dispostos de maneira ambientalmente inadequada. Essa cadeia produtiva de reciclagem já nasce global, pois, assim como a produção de EEE é descentralizada geograficamente, as atividades de reciclagem (coleta, pré-processamento, processamento e destinação final) também ocorrem por meio de fluxos internacionais. A Figura 1.5 ilustra a cadeia global de reciclagem de REEE

englobando desde as atividades de fabricação dos produtos eletroeletrônicos, a partir da extração e do refino de matérias-primas virgens e secundárias (de reuso), distribuição a centros de comercialização, venda dos equipamentos, uso, reuso e descarte.

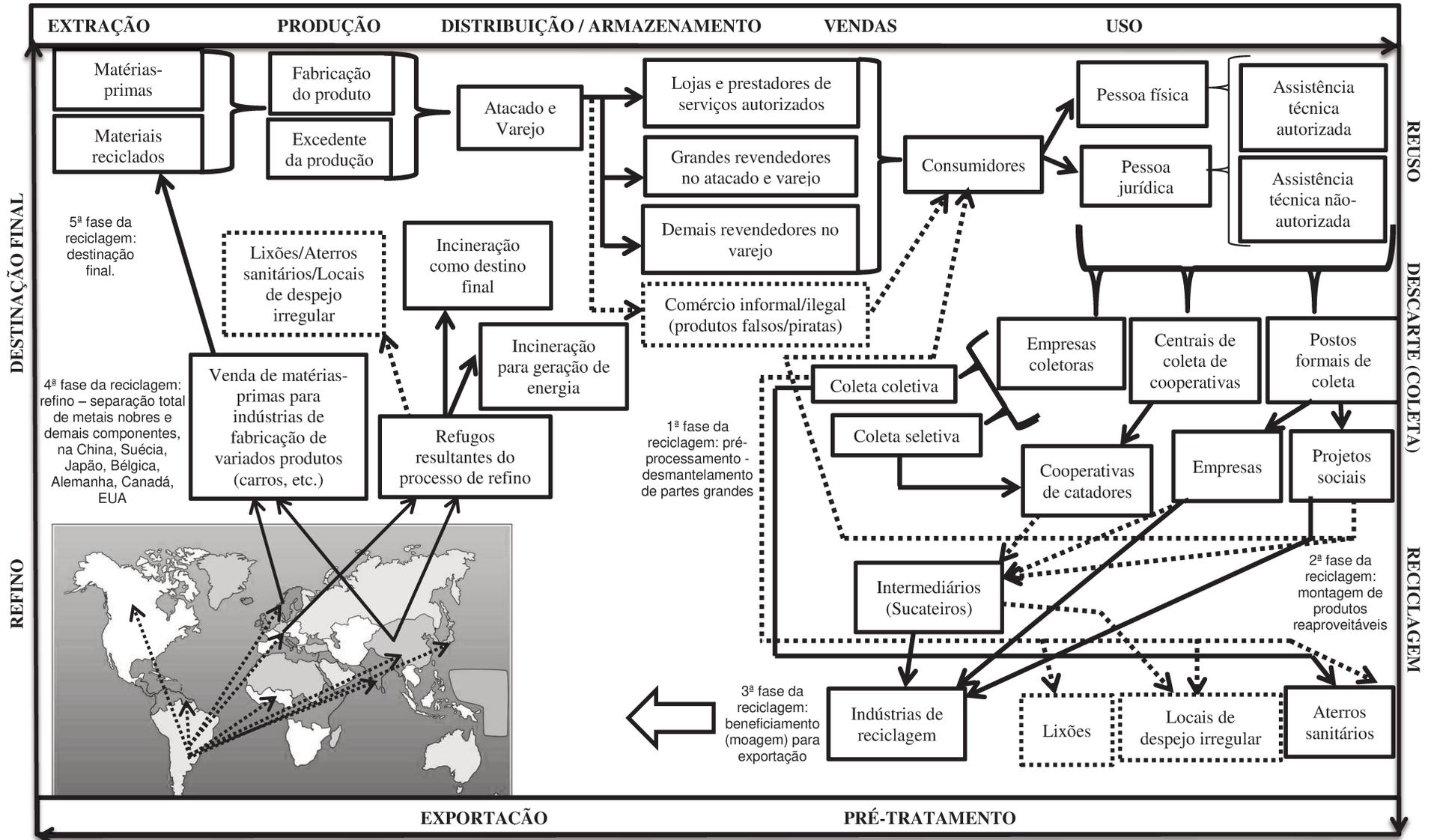
O fluxo da cadeia global de reciclagem de REEE se inicia com a coleta dos resíduos, realizada por empresas privadas, por meio de postos de coleta, programas de coleta domiciliar ou com o descarte irregular. Estão presentes nesta etapa os catadores de materiais recicláveis – seja nas cooperativas e associações, seja como catador independente nas ruas – que, em alguns casos, separam os resíduos por equipamento, peças ou tipo de material (como, por exemplo, plásticos, placas de circuitos, monitores, dentre outros).

Em seguida, os materiais separados são comercializados para intermediários (conhecidos popularmente, no Brasil, como sucateiros e atravessadores) que fazem o elo entre as cooperativas populares (ou mesmo os catadores individuais), pequenas e médias empresas e as indústrias de reciclagem. Assim, cabe às grandes empresas a determinação dos preços dos materiais sucitados. “A compra de recicláveis por parte das indústrias recicladoras é realizada em grandes quantidades, fato que exclui pequenos depósitos de sucatas das negociações diretas com as mesmas” (LEITE; WIRTH; CHERFEM, 2014, p. 338).

A etapa da coleta abrange todas as atividades relacionadas à coleta do material propriamente dita, seja ela realizada porta a porta ou relacionada a um posto de coleta, armazenagem do material coletado (preferencialmente em locais cobertos e com forração de solo) e seleção e pré-separação do material. Estas atividades podem ser consideradas como o pré-processamento dos REEE, e foi denominada, neste trabalho, como 1ª fase da reciclagem. Sua principal característica é o baixo valor agregado³⁶ e problemática para quem trabalha neste ramo de atividade.

³⁶ Alguns cooperados de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis declararam que coletar sucata eletrônica é um problema, tendo em vista a dificuldade no lido com o material e a desvalorização deste pelos compradores (atravessadores e sucateiros). Por venderem a sucata inteira, ficam impossibilitados de negociar o preço. Neste caso, os sucateiros e atravessadores (que nem sempre têm responsabilidade socioambiental na manipulação da sucata) desmontam os eletrônicos e vendem os componentes e as peças separadamente. Isso aumenta o lucro destes, visto que os materiais oriundos dos equipamentos eletrônicos são vendidos separadamente e diretamente a recicladores específicos (por exemplo, os plásticos são enviados diretamente para as indústrias de reciclagem de plástico, enquanto que as placas de circuitos impressos são vendidas diretamente para a indústria de reciclagem desse material).

Figura 1.5: Cadeia produtiva global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.



Legenda: Fluxo formal —> Fluxo informal - - ->. **Fonte:** Elaboração própria baseada em dados coletados em entrevistas realizadas entre os anos de 2014 e 2015.

A 2ª fase da reciclagem, da cadeia reversa de REEE, também passa pelos atores que realizam a coleta, pois alguns deles realizam testes de funcionalidades nos equipamentos coletados a fim de verificar a possibilidade de alguma peça ou componente ser utilizado na montagem de “novos” produtos. A este reaproveitamento de peças e componentes há a denominação “remanufatura”. Os principais atores encontrados nesta fase da reciclagem são, em grande medida, intermediários (sucateiros e atravessadores), empresas de reciclagem (que fazem o pré-processamento) e indústrias de reciclagem.

Nesta etapa, o material passa por um processo manual no qual é inteiramente desmontado. As peças e componentes são classificadas, separadas em categorias de similaridade e armazenadas em grandes *bags*. Depois de desmembradas, as partes são vendidas separadamente a indústrias de reciclagem específicas a cada material (placas de circuitos, plásticos, alumínio, cobre, isopor, vidro, dentre outros).

As empresas de reciclagem são aquelas que realizam as atividades de pré-processamento da sucata eletrônica, mas não conseguem seguir no caminho da reciclagem até o processamento final do material, ou seja, revendem o material pré-processado a indústrias de reciclagem para que estas façam o processamento final e a destinação final dos rejeitos.

Assim, cabem às indústrias de reciclagem as etapas de processamento final dos materiais sucitados e a destinação – esta é denominada de 3ª fase da reciclagem de REEE. Portanto, embora sejam processos de alto custo de operação e manutenção, somente as indústrias de reciclagem possuem capacidade instalada e oferta suficiente para o beneficiamento e o refino dos materiais provindos de REEE. Estas atividades que integram a terceira fase da reciclagem não são realizadas no Brasil.

A 4ª fase da reciclagem, que corresponde ao refino dos metais (separação total dos diversos tipos de metais), é realizada na China, na Suécia, no Japão, na Bélgica, na Alemanha, no Canadá e nos EUA. A 5ª fase da reciclagem caracteriza-se pela destinação final dos resíduos.

1.2 Tecnologias de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos

Esta seção discute os tipos de tecnologias existentes para o tratamento e a reciclagem de REEE.

Em termos gerais, a composição dos resíduos eletroeletrônicos pode ser dividida em materiais: (a) metálicos; (b) cerâmicos; e, (c) poliméricos (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014; LEONARD, 2011; SHINKUMA; HUONG, 2009).

Dentre os materiais metálicos, estão os:

- (a) **Metais preciosos** (tais como: ouro, prata, paládio, platina, tântalo);
- (b) **Metais base** (cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco, ferro, manganês); e,
- (c) **Metais tóxicos** (mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio, arsênio, antimônio, cobalto, cromo hexavalente).

Os metais preciosos correspondem a 80% do valor intrínseco dos equipamentos, entretanto, não chegam a 1% do peso total. A maioria dos processos de recuperação de metais preciosos foca na extração do ouro e da prata contidos nas placas de circuito impresso, visto que são os principais impulsionadores do mercado de reciclagem de eletroeletrônicos, seguidos do cobre e do zinco (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014).

Os materiais cerâmicos presentes nos REEE são compostos de óxidos refratários, presentes, em grande medida, nos capacitores dos equipamentos. Sua composição geral, com porcentagens variáveis de acordo com o tipo de equipamento, é de: 15% de sílica (vidro soda-cal; vidro boros-silicato; fibra de vidro); 6% de alumina; 6% de óxidos alcalinos e alcalino-terrosos; e 3% de outros óxidos. Apesar de serem considerados inertes, e não causarem diretamente problemas ambientais relacionados à saúde pública, a moagem de placas de circuito impresso, por exemplo, pode liberar fibras de vidro causando problemas de saúde, como a silicose (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014).

Os materiais poliméricos encontrados nos REEE estão, geralmente, nas carcaças dos equipamentos tais como teclados, mouses, monitores e gabinetes de computadores. Além destes polímeros de fácil segregação, têm-se os polímeros presentes nas placas de circuito impresso. Os principais polímeros encontrados nos REEE são:

- (1) ABS (acrilonitrila butadieno estireno);
- (2) PEAD (polietileno de alta densidade);
- (3) PVC (policloreto de vinila);
- (4) PE (polietileno);
- (5) PP (polipropileno); e,
- (6) PCH (policarbonatos).

Essa porção plástica dos resíduos eletroeletrônicos pode representar, em média, 25% de seu peso, sendo que em torno de 15% dos plásticos possuem retardantes de chama (por exemplo: hidróxido de alumínio; boratos; fosfatos; halogenados; trióxido de antimônio; hidróxido de magnésio; hidróxido de alumínio) (LEONARD, 2011; GROSSMAN, 2007). A presença de retardantes de chama nos polímeros dos REEE é preocupante visto que os processos pirometalúrgicos, para recuperação de materiais, podem emitir gases tóxicos, como o monóxido de carbono (CO), vapor de ácido clorídrico, ácido bromídrico e ácido cianídrico, óxidos de nitrogênio e organohalogenados (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014).

Devido à diversidade de materiais encontrados nos equipamentos eletroeletrônicos, sua reciclagem é custosa e demanda técnicas e tecnologias de refino que envolvem processos complexos de separação e processamento (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014; LEONARD, 2011), que podem abranger etapas como: (a) caracterização; (b) processamento mecânico; (c) processamento pirometalúrgico; (d) processamento hidrometalúrgico; (e) precipitação seletiva; (f) lixiviação ácida; (g) biolixiviação; (h) eletrorefino; e, (i) extração de materiais poliméricos, cerâmicos e metálicos por meio do uso de solventes (encontrados em baterias de íons de lítio, níquel metal hidreto, níquel cádmio; pilhas alcalinas; fios e cabos elétricos; telas de cristal líquido e placas de circuito impresso).

A gestão adequada de REEE envolve o planejamento e identificação dos aspectos-chave relacionados ao descarte, coleta, identificação e regulamentação das substâncias perigosas e restritivas (XAVIER et al., 2012). Entre as etapas compreendidas na gestão dos resíduos eletroeletrônicos (XAVIER et al., 2012) estão:

- (1) Obtenção dos REEE:
 - a. Identificação das fontes geradoras;
 - b. Coleta;
 - c. Armazenagem.

(2) Pré-processamento:

- a. Teste;
- b. Desmontagem;
- c. Separação;
- d. Compactação;
- e. Enfardamento.

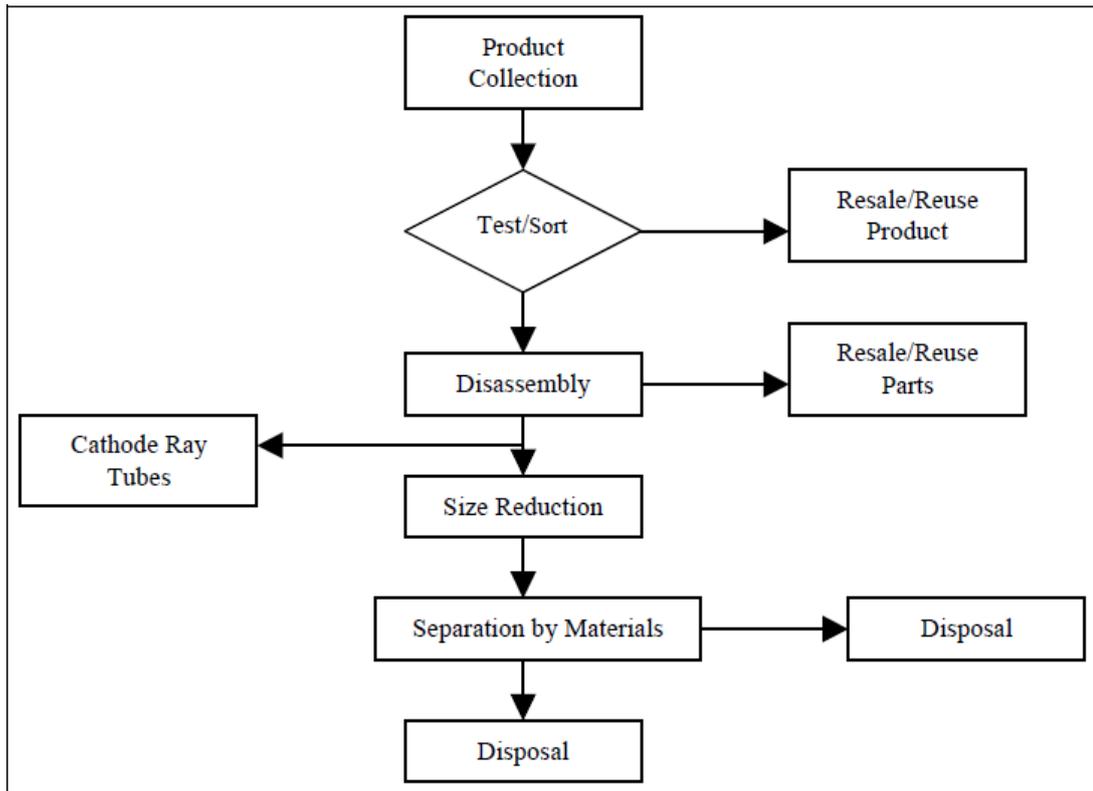
(3) Destinação:

- a. Reuso;
- b. Recondicionamento;
- c. Remanufatura;
- d. Reciclagem.

(4) Disposição final.

De maneira simplificada, a reciclagem dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos começa com a coleta seletiva dessa sucata (ilustrada na Figura 1.5). Em seguida, é realizada a separação dos produtos e, ao fim do teste de funcionalidades, os produtos que funcionam são encaminhados para reuso ou revenda; os demais seguem no fluxo do sistema para a etapa de desmontagem. Os produtos têm suas partes menores separadas e, novamente, os componentes que funcionam são encaminhados para reuso ou revenda.

Figura 1.6: Diagrama de fluxo simplificado para a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

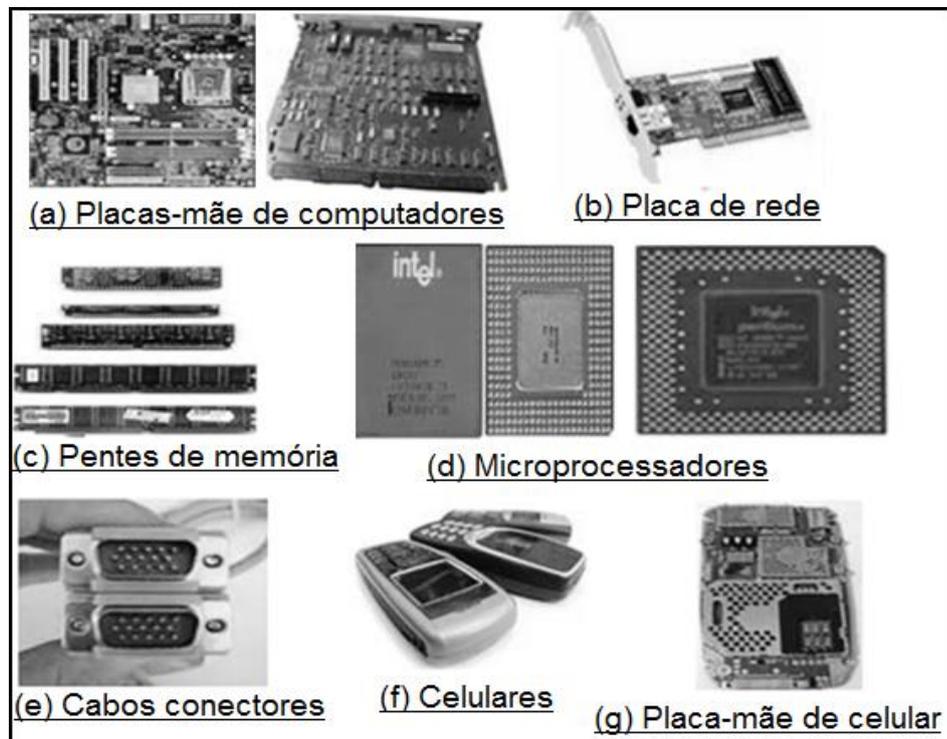


Fonte: UNEP (2007, p. 47).

As parcelas que seguem no caminho da reciclagem passam por processos de redução de partículas e recuperação de materiais. As frações rejeitadas são destinadas ao descarte e à disposição final em locais apropriados. Observa-se nas fases de desmontagem (2b) e separação (2c) as etapas fundamentais para a valorização dos resíduos. Os equipamentos, partes e peças do segmento de TI (ilustrados na Figura 1.6), são os que apresentam um dos maiores potenciais para a cadeia reversa, em função de seu alto valor agregado, relativamente às demais categorias de resíduos (XAVIER et al., 2012).

Estima-se que uma tonelada de REEE, quando separado e tratado, possa gerar, em média, 350 kg de ferro, 70 kg de alumínio e 150 kg de fibras e plásticos. Além disso, na reciclagem final são extraídos, em média, 50 g de papel, 170 g de cobre, 40 g de zinco, 40 g de resíduos não recicláveis, 25 g de chumbo, 300 g a 1 kg de prata, 300 g de ouro, e 30 a 70 g de platina (XAVIER et al., 2012).

Figura 1.7: Exemplos de peças e componentes de resíduos eletroeletrônicos do segmento de TI.



Fonte: Elaboração própria a partir de compilação baseada em Xavier et al. (2012, p. 11).

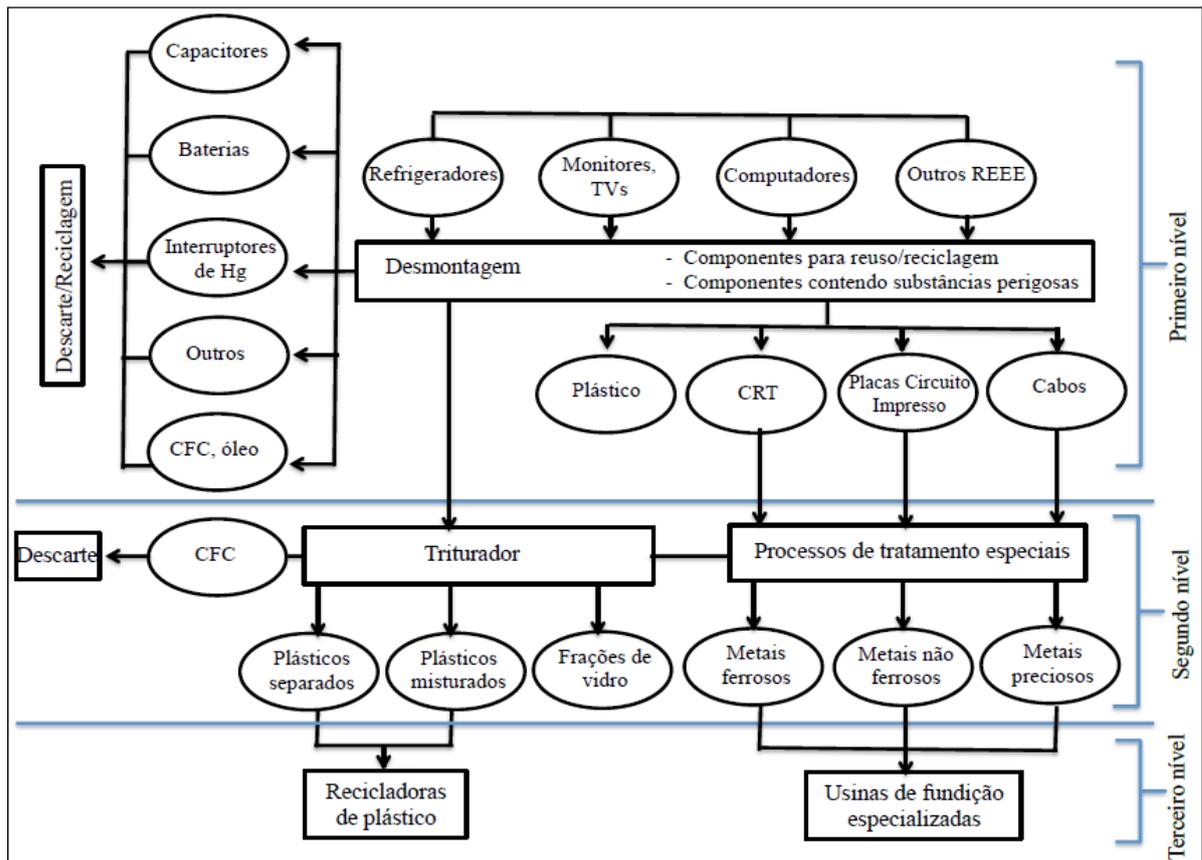
Os métodos de tratamento dos resíduos eletroeletrônicos, que envolvem a reciclagem e a recuperação de materiais, contemplam quatro grandes etapas, quais sejam:

- (1) **Pré-tratamento** ou desmontagem;
- (2) **Desmantelamento**;
- (3) **Beneficiamento**: (a) moagem; (b) separação granulométrica; (c) separação magnética; (d) separação eletrostática; (e) processamento pirometalúrgico; (f) processamento hidrometalúrgico; (g) lixiviação; (h) processamento biohidrometalúrgico ou biolixiviação.
- (4) **Refino**: (a) extração por solvente; (b) precipitação química/cementação; (c) processo eletrometalúrgico.

Estas etapas estão incluídas no sistema modelo de tratamento de REEE proposto pela *United Nations Environment Programme* (UNEP) que é subdividido em três níveis de processamento (desenhado na Figura 1.7) baseados no fluxo de material em cada etapa. Cada nível de tratamento é composto por operações únicas onde o resíduo eletroeletrônico tratado

no primeiro nível alimenta o segundo nível de tratamento, e assim por diante. Após o terceiro nível de tratamento, os resíduos são dispostos em aterros próprios para resíduos perigosos ou incinerados (UNEP, 2007, p. 48).

Figura 1.8: Sistema modelo de tratamento de resíduos eletroeletrônicos da *United Nations Environment Programme*.



Fonte: Traduzido e adaptado por Mazon (2014, p. 45).

Assim, os métodos de tratamento de sucata eletrônica, comumente citados na literatura sobre o tema³⁷, assim como no “Manual de Gestão de *E-waste*”, da UNEP, estão apresentados no Quadro 1.4, que detalha cada etapa de processamento e tratamento.

³⁷ Para uma revisão sobre os métodos de processamento de REEE (ou a falta deles), ver: SEPA (2011); Xavier et al. (2012); Migliano (2012); Leite; Lavez e Souza (2009); Augusto (2013); Andrade (2002); ABDI (2012); Borges (2012); Santos (2012); Seki (2007); Rodrigues (2012); Martilho (2012); Asimwe (2010); Barba-Gutiérrez; Adenso-Díaz e Hopp (2008); Behdad; Williams e Thurston (2012); Bin; Minghui e Guibin (2011); Hischer; Wäger e Gaughhofer (2005); Hilty (2005); Qiaoyun et al. (2013); Qingbin et al. (2013); Mayers; France e Cowell (2005); Lindhqvist (2000); Khan (2014); Schwarzer et al. (2005); Raghupathy et al. (2010); dentre outros.

Quadro 1.4: Métodos de tratamento de resíduos eletroeletrônicos.

ETAPA	COMO OCORRE
(1) Pré-tratamento ou desmontagem	Triagem dos materiais com a separação por tipos de equipamentos (computadores, geladeiras, LCD, tubos de CRT, placas de circuito impresso).
(2) Desmantelamento	Separação manual dos componentes dos equipamentos (baterias, tubos de raios catódicos, cartuchos e toner, carcaças metálicas e plásticas) a fim de otimizar as etapas subsequentes do tratamento.
(3) Beneficiamento	<p>Processamento físico e metalúrgico por meio de separação e/ou concentração de materiais.</p> <p>(3.1) Moagem: método de redução de tamanho para promover a liberação de materiais presentes em minérios, resíduos e sucatas através da ação mecânica realizada por moinhos de martelos e facas com um mecanismo de compressão e abrasão.</p> <p>(3.2) Separação granulométrica: técnica utilizada para separar populações de partículas com tamanhos diferentes, mediante passagem por uma série de gabaritos com aberturas fixas e pré-determinadas (peneiras). O material moído deve ser dividido em peneiras fixas, peneiras vibratórias inclinadas e horizontais (utilizadas para REEE, por facilitar a caracterização dos materiais por meio de análises químicas para a identificação das frações metálicas, cerâmicas e polímeras) e grelhas.</p> <p>(3.3) Separação magnética: método de concentração da fração metálica das sucatas moídas. A separação ocorre em três categorias, segundo a resposta ao campo magnético formado: (a) materiais ferromagnéticos (que são atraídos fortemente pelo campo magnético); (b) materiais paramagnéticos (fracamente atraídos); e, (c) materiais diamagnéticos (que são repelidos pelo campo). Os equipamentos de correia cruzada contemplam as duas faixas de intensidade de campo magnético.</p> <p>(3.4) Separação eletrostática: processo de concentração de materiais que considera as propriedades de condutividade elétrica, susceptibilidade em adquirir cargas elétricas superficiais, forma geométrica e densidade do material. Os fatores que mais influenciam nesta separação são a intensidade do campo elétrico (para ter a capacidade de desviar uma partícula eletricamente carregada) e a carga elétrica superficial das partículas.</p>

Quadro 1.4 – Continuação...

ETAPA	COMO OCORRE
(3) Beneficiamento	<p>(3.5) Processamento pirometalúrgico: caracteriza-se pelo uso de alta temperatura para o processamento dos materiais, promovendo a concentração de uma fase metálica e uma fase contendo escória (contendo, principalmente, materiais cerâmicos e polímeros). Neste processo, os polímeros são degradados termicamente por meio da quebra de ligações químicas das cadeias orgânicas através do calor (o que produz emissões gasosas de dioxinas e furanos, substâncias estas altamente tóxicas).</p>
	<p>(3.6) Processamento hidrometalúrgico: envolve operações unitárias de lixiviação de materiais, com uma fase sólida e uma fase líquida que pode variar de 10°C a 300°C, nas quais ocorre a dissolução de metais pela ação de soluções aquosas ou agentes lixiviantes a fim de solubilizar os materiais.</p>
	<p>(3.7) Lixiviação: permite a transferência de metais presentes nos REEE utilizando como agente lixivante soluções ácidas, alcalinas e salinas. Avalia-se a estabilidade termodinâmica dos metais envolvidos na dissolução em função de seu pH e do potencial eletroquímico a uma dada temperatura. Este processo permite a identificação de zonas nas quais as reações de lixiviação são possíveis, ou não, tais como: (a) zona de dissolução de metais (e de estabilidade da água, com a evolução de O₂ e liberação de H₂); (b) zona de metal na forma insolúvel (formação de óxidos ou de hidróxidos insolúveis). Após a lixiviação, ou dissolução dos metais, existem métodos de refino ou purificação visando a recuperação dos metais, como: biolixiviação, extração por solvente, precipitação ou refino eletrolítico.</p>
	<p>(3.8) Processamento biohidrometalúrgico ou biolixiviação: envolve a lixiviação de metais por meio da ação de micro-organismos (com reações de oxirredução). Este processo possibilita a economia de insumos básicos (pois a bactéria é o agente oxidante que gera ácido), mas o tempo de biolixiviação é demorado, podendo levar semanas. Os melhores resultados para REEE foram com culturas mistas de <i>Acidithiobacillus ferroxidans</i> e <i>A. thiooxidans</i> em concentração de 7,8g/L de resíduo de placa de circuito impresso, com tamanho de partículas entre 0,5 e 1,0mm.</p>
(4) Refino	<p>Envolve processos físicos, metalúrgicos e eletrometalúrgicos.</p> <p>(4.1) Extração por solvente: processo de separação líquido-líquido que utiliza solventes orgânicos para a recuperação de metais de forma seletiva. Nessa operação, uma solução mista (contendo vários metais solúveis) sofre o processo de extração por um líquido (solvente orgânico). Assim, um dos componentes da mistura, que possui mais afinidade com o solvente, se separa formando um organometálico de duas fases: (1) solvente com metal agregado (fase de extrato); e, (2) solução residual (fase aquosa). Este tipo de extração ocorre em duas etapas: (1) extração (a fase de extrato é carregada com o metal de interesse que se encontra na fase aquosa); e, (2) re-extração (o metal carregado é devolvido para uma nova solução aquosa).</p>
	<p>(4.2) Precipitação química/cementação: envolve reações químicas de dupla troca entre o metal na forma solúvel e uma substância (um álcali, um sal ou um óxido) cujo resultado é um sólido do metal inserido na reação. O processo de cementação envolve reações de oxirredução, ou reações eletroquímicas, onde um metal é utilizado para precipitar um segundo metal. Neste caso, para a redução do metal que está em solução aquosa, é necessário que o potencial do sistema de redução seja mais negativo que o potencial de redução do metal de interesse.</p>

Quadro 1.4 – Continuação...

ETAPA	COMO OCORRE
(4) Refino	(4.3) Processo eletrometalúrgico: pode ser aplicado com a técnica de eletro-obtenção, que é um processo de purificação metálica no qual um sal metálico em solução sofre redução através de um catodo usando corrente contínua. São utilizados catodos e ânodos no qual um deles é inerte e o outro é feito do metal a ser recuperado. Geralmente, são utilizados ânodos insolúveis a fim de se evitar contaminação da solução lixiviada, enquanto que os catodos são formados de lâminas finas do metal a ser eletrodepositado.

Fonte: Elaboração própria baseada em Moraes, Espinosa e Lucena (2014 p. 136-144).

A variação da composição dos REEE, devido ao ano de fabricação, modelo e tipo, torna a etapa de caracterização dos materiais essencial para a definição dos processos mecânicos, hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos a serem utilizados³⁸, isoladamente ou em conjunto, na recuperação e reciclagem dos materiais (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014). O objetivo da reciclagem de materiais pós-consumo é agregar valor à matéria-prima utilizada, favorecendo a minimização do consumo de recursos naturais na fabricação de novos equipamentos e aumentando a vida útil de aterros sanitários, visto que materiais recicláveis não seriam mais descartados como rejeitos (THIERRY et al., 1995).

Isto é possível com uma cadeia de suprimentos integrada (ilustrada na Figura 1.8), onde o serviço, a recuperação de produtos e as atividades de gestão de resíduos estão incluídos.

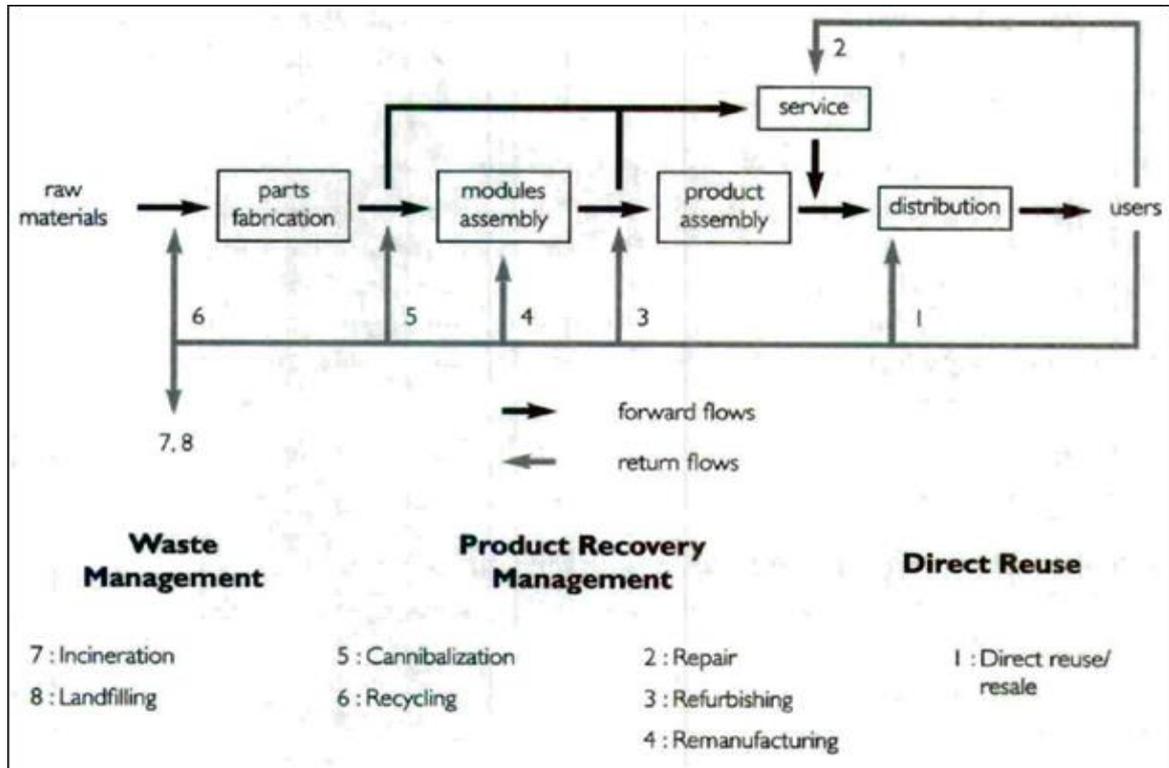
Produtos e componentes retornados podem ser revendidos, recuperados ou eliminados (por meio de incineração, ou depositados em aterros). As cinco opções de recuperação de produtos são: (1) reparação, (2) recondicionamento, (3) remanufatura, (4) canibalização e (5) reciclagem. Todas seguem a ordem do grau necessário de desmontagem dos produtos (THIERRY et al., 1995).

Nesta visão, cada opção de recuperação de produtos envolve a coleta de produtos e componentes usados, o reprocessamento e a redistribuição. A principal diferença entre as opções reside no reprocessamento, pois para reparar, recondicionar ou remanufaturar produtos usados é necessária a realização de uma atualização em qualidade ou tecnologia. Essas opções

³⁸ Para saber mais sobre a utilização de processos mecânicos e eletroquímicos na reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas, ver: “VEIT, H. et al. Utilização de processos mecânicos e eletroquímicos na reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas. *Revista Escola de Minas – Metalurgia & Materiais*, Ouro Preto, v. 61, n. 2, p. 159-164, abr./jun. 2008.”

diferem no que diz respeito ao grau de modernização: reparar envolve o mínimo, e remanufaturar o máximo (THIERRY et al., 1995).

Figura 1.9: Cadeia de suprimentos integrada.



Fonte: Thierry et al. (1995, p. 118).

As diferentes características e as principais diferenças entre as opções de recuperação do produto estão resumidas no Quadro 1.5.

Sendo assim, além do planejamento dos locais de descarte e da logística da coleta, dos métodos de processamento, beneficiamento e tratamento, é necessário o estabelecimento de certas atividades nas unidades de processamento de resíduos tecnológicos (XAVIER et al., 2012), tais como: providenciar vistorias e licenças ambientais; fornecimento de EPIs (equipamentos de proteção individual) aos funcionários; infraestrutura compatível com os volumes processados; identificar e consolidar parceria com fornecedores de material; disponibilização de área de separação e armazenagem compatível com o processo; disponibilização de ferramentas; localização em função da proximidade de empresas recicladoras e pontos de transbordo; conhecimento do material a ser reciclado; opções de envio e coleta; levantamento dos aspectos legais e comerciais da atividade.

Quadro 1.5: Comparação entre as opções de recuperação de produtos eletroeletrônicos.

OPÇÃO DE RECUPERAÇÃO	NÍVEL DE DESMONTAGEM	QUALIDADE REQUERIDA	PRODUTO ESPERADO
Reparação	Nível do produto	Restauração das condições de uso	Algumas partes são fixadas ou substituídas por peças de reposição
Recondicionamento	Nível dos módulos	Inspeção dos módulos principais	Alguns módulos são reparados ou substituídos; atualização potencial
Remanufatura	Nível das partes	Inspeção de todos os módulos e peças e atualização dos componentes	Módulos de peças novas e usadas combinadas em um novo produto; atualização potencial
Canibalização	Recuperação seletiva de peças	Depende do processo nas quais as peças serão reutilizadas	Peças para reutilização; os produtos remanescentes são reciclados ou descartados
Reciclagem	Nível do material	Alta para a produção de peças originais; baixa para outras partes	Materiais reutilizados para produzir novas peças

Fonte: Elaboração própria baseada em Thierry et al. (1995, p. 118-120).

Neste sentido, o ciclo de tratamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (ilustrado no Quadro 1.7) segue uma sistemática específica que, geralmente, está implícita na cadeia de reciclagem destes resíduos nos países, mas sem registro sistemático pelos atores. Por isso, tamanha dificuldade de concentrar as ações e formar uma cadeia de reciclagem condizente ao volume de resíduos eletroeletrônicos gerados. No Brasil, por exemplo, pode-se afirmar que as seguintes fases de tratamento de REEE estão internalizadas, conforme apresentado no Quadro 1.6.

Quadro 1.6: Fases de tratamento de resíduos eletroeletrônicos internalizadas pelo Brasil.

FASE DE TRATAMENTO	TRATAMENTO	ATIVIDADE	ATORES ENVOLVIDOS
1ª fase	Pré-processamento	Classificação, separação e desmantelamento dos equipamentos (partes grandes e componentes inteiros)	Cooperativas de catadores, empresas coletoras e empresas recicladoras
2ª fase	Teste	Teste de funcionalidades e montagem de produtos e equipamentos com peças reaproveitadas que funcionam	Empresas recicladoras coletoras e projetos sociais
3ª fase	Separação, desmantelamento e beneficiamento	Moagem de partes pequenas (componentes e placas de circuito impresso) e venda para recicladores locais e/ou para exportação	Empresas recicladoras

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em entrevistas realizadas entre os anos de 2014 e 2015.

Quadro 1.7: Ciclo de tratamento de resíduos eletroeletrônicos.

FASE	ATIVIDADE	EQUIPAMENTOS, COMPONENTES, PEÇAS E/OU MATERIAIS												
1ª fase de tratamento: pré-processamento – classificação, separação e desmantelamento dos equipamentos (partes grandes e componentes inteiros).	Logística reversa dos equipamentos ao reciclador.	Linha branca			Linha verde			Linha marrom			Linha azul			
2ª fase de tratamento: teste de funcionalidades e montagem de produtos e equipamentos com peças reaproveitadas que funcionam.	Manufatura reversa de componentes e peças: (a) componentes para reuso; (b) componentes sucata e com substâncias perigosas.	Plásticos com retardantes de chama	Placas de circuitos impressos	Aço e ferro	Cabos e fios (cobre)	Sucata metálica (ferro)	Alumínio	Lâmpadas / Pilhas e Baterias	Tubos de CRT	Papel / papelão	Isopor / CFC	Lã de vidro branca / amarela	Rejeito	
3ª fase de tratamento: separação, desmantelamento e beneficiamento (moagem) de partes pequenas (componentes e placas de circuito impresso) - venda para recicladores locais e/ou para exportação.	Separação manual dos componentes e/ou trituração primária (separação da fração metálica da fração não-metálica) e venda do material para recicladores especializados.	Fração metálica: cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco, ferro, manganês, etc.		Fração plástica: plásticos misturados (PU) e/ou com retardantes de chama		Metais preciosos	Metais pesados	Fração vítrea: vidro mistura e/ou contaminado com chumbo		Fração gasificada: CFC				
4ª fase de tratamento: refino – separação total das frações metálica e de metais preciosos e pesados na China, Suécia, Suíça, Japão, Bélgica, Alemanha, Canadá, EUA.	Refino automatizado da fração metálica e venda para indústrias para fabricação de novos produtos.	Metais separados: cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco, ferro, manganês, etc.		PU com retardante de chama	Metais preciosos separados: ouro, prata, paládio, platina, tântalo.	Metais pesados separados: mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio, arsênio, antimônio, cobalto, cromo hexavalente.	Vidro separado: vidro limpo e chumbo.		Solução ácida.					
5ª fase da reciclagem: destinação final.	Venda ou disposição final.	<ul style="list-style-type: none"> - Indústrias de base - Indústrias de bens de consumo - Indústria de transformação - Aterros e/ou lixões. 												

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados em entrevistas realizadas entre os anos de 2014 e 2015.

As demais fases de tratamento, como o refino³⁹ e a destinação final ambientalmente adequada, não são realizadas no Brasil devido à falta de tecnologia especializada nestas atividades, e também à falta de interesse econômico por parte de grandes empresas recicladoras em investir no país⁴⁰.

Considerando as etapas de tratamento, apresentadas anteriormente no Quadro 1.7, os equipamentos utilizados no processamento automatizado dos resíduos estão inseridos nas etapas de beneficiamento e de refino.

As operações realizadas na etapa de beneficiamento utilizam (UNEP, 2007), por exemplo:

- i. Moinho de martelo (ou “*hammering*”, na expressão em inglês);
- ii. Trituradores (ou “*shredding*”); e,
- iii. Processos de tratamento especial (como tratamento de CRT, com a separação do vidro e do chumbo; separação eletromagnética; separação por centrifugação; e, separação por densidade).

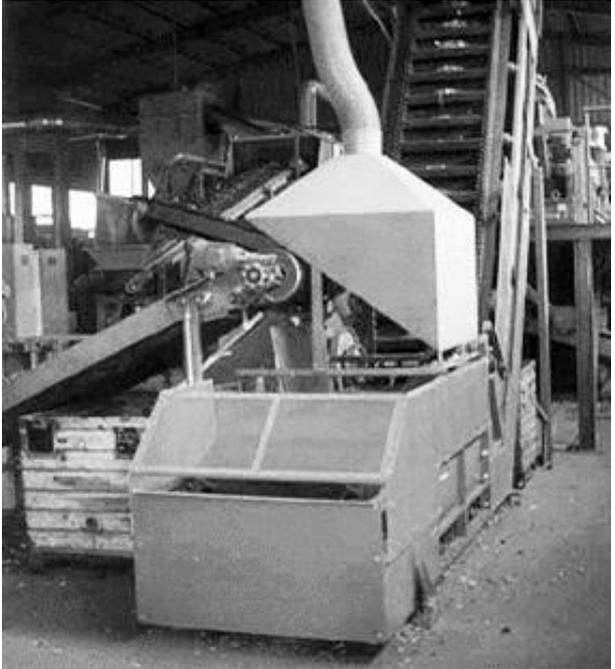
O principal objetivo destas operações é a redução de tamanho do material. A terceira unidade de operação consiste em processos de tratamento especiais (separação de acordo com suas propriedades magnéticas, densidade e tamanho) (UNEP, 2007).

Assim, os equipamentos mais utilizados no processo de beneficiamento dos REEE estão apresentados no Quadro 1.8.

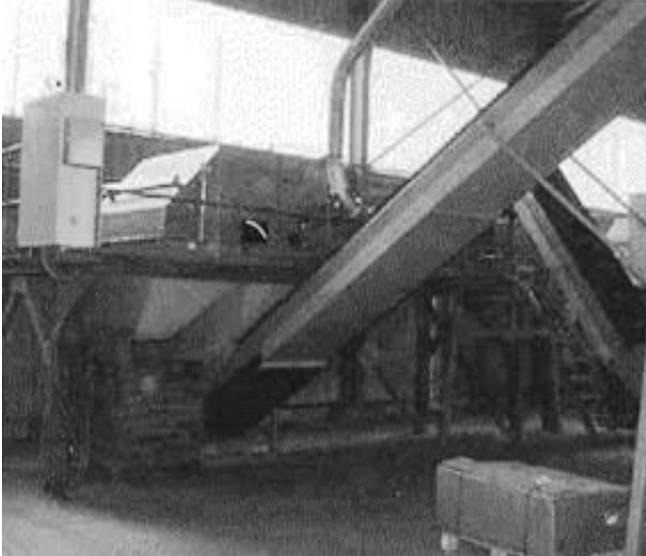
³⁹ Em termos de recuperação de materiais preciosos existem poucas refinarias no mundo com *know-how* suficiente para tal. Entre essas unidades estão “Aurubis AG” (com sede na Alemanha), “Boliden” (na Suécia), “DOWA” (no Japão), “Umicore” (na Bélgica) e “Xstrata” (na Suíça) (MAZON, 2014).

⁴⁰ A falta de interesse por parte de grandes corporações em investir no setor de reciclagem de eletroeletrônicos no país é resposta recorrente no lido diário de atores deste setor no Brasil. Uma ampla pesquisa bibliográfica, realizada durante a construção desta tese, revelou não só a descentralização e dispersão da cadeia de reciclagem de REEE no país, como também a falta de canalização dos resíduos – daí as dificuldades em se levantar grandes quantidades de resíduos para serem reciclados. Além disso, em entrevistas realizadas entre 2014 e 2015 com atores da reciclagem (empresários que coletam, catadores de cooperativas, empresários de recicladoras) evidenciaram a falta de interesse até mesmo do poder público em investir na estruturação da coleta desses resíduos no país. A cadeia de reciclagem de REEE no Brasil não é o foco deste estudo, mas a pesquisa de campo realizada ajudou na percepção do problema da gestão de REEE local e globalmente – devido aos fluxos internacionais de resíduos.

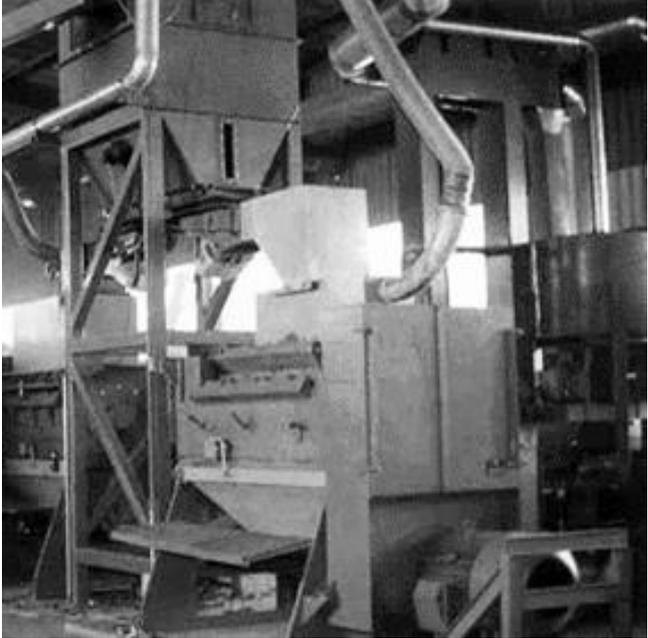
Quadro 1.8: Equipamentos utilizados no processo de beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos.

EQUIPAMENTO	IMAGEM
<p>1. Triturador: reduz o tamanho da sucata a fim de permitir a separação das frações metálicas, plásticas e de isolamento.</p>	
<p>2. Separador de corrente de Eddy 1 (<i>Eddy Current Separator</i>): faz a separação da fração misturada de metal pesado.</p>	

Quadro 1.8 – Continuação...

EQUIPAMENTO	IMAGEM
<p>3. Pré-granulador: reduz o tamanho do material antes da separação no separador de corrente de Eddy 2.</p>	
<p>4. Separador de corrente de Eddy 2: faz a separação da fração de metal misto leve.</p>	

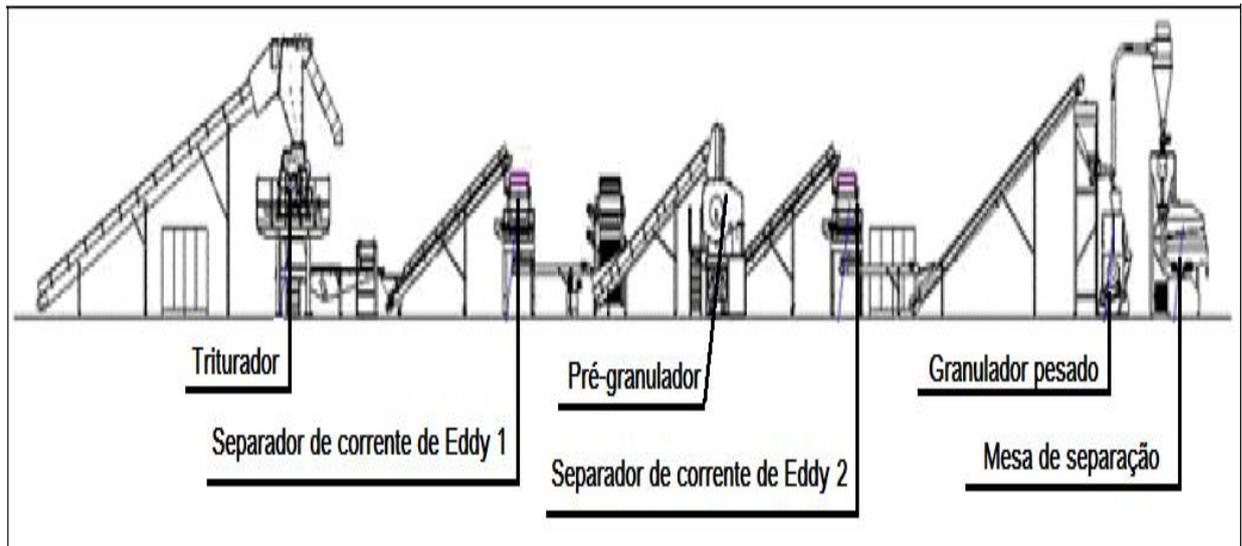
Quadro 1.8 – Continuação...

EQUIPAMENTO	IMAGEM
<p>5. Granulador pesado: para redução final tamanho do material.</p>	
<p>6. Mesa de separação: para a separação final da fração remanescente em uma fração de plástico (orgânico) e uma fração de metal misto.</p>	

Fonte: Elaboração própria baseada em UNEP (2007, p. 53-55).

Estes equipamentos, quando em funcionamento em uma mesma unidade de processamento de resíduos tecnológicos, devem ser dispostos seguindo o *layout* em linha, de forma que o material em processamento siga peremptoriamente o ciclo de tratamento. Sendo assim, o mais apropriado seria a disposição ilustrada na Figura 1.9.

Figura 1.10: Linha de operações de beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos.



Fonte: Elaboração própria baseada em UNEP (2007, p. 56).

A divulgação das tecnologias desenvolvidas pelos fabricantes ocorre, geralmente, em grandes Feiras, simultaneamente a eventos científicos sobre o tema ou conferências de especialistas. Duas Feiras têm se destacado na exibição de produtos e processos que facilitam a gestão de resíduos sólidos, são elas: Ecomondo (que ocorre anualmente em Rimini, na Itália) e Feira RWM (em São Paulo, no Brasil).

A Feira Ecomondo⁴¹ mais recente ocorreu em novembro de 2014 em Rimini, na Itália. Foi a 18ª Feira Internacional de Valorização de Materiais e Energia e Desenvolvimento Sustentável, e aconteceu paralelamente a outras feiras e eventos, como: Città Sostenibile⁴² (sobre cidades inteligentes), Key Energy⁴³ (com soluções verdes em geração de energia),

⁴¹ Site oficial da Feira: <http://en.ecomondo.com/>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

⁴² Site oficial do evento: <http://www.cittasostenibile.net/en>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

⁴³ Site oficial do evento: <http://www.keyenergy.it/>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

H2R⁴⁴ (sobre mobilidade para sustentabilidade), Cooperambiente⁴⁵ (código de cooperação entre empresas) e Condomínio Eco⁴⁶ (sobre construções sustentáveis),

A Feira Ecomondo, de 2014, exibiu tecnologias de 1.200 empresas, contou com a visitação de mais de 93 mil pessoas aos estandes expostos, e, além disso, ocorreram 132 conferências de especialistas em gestão de resíduos sólidos. Dentre os expositores presentes nessa Feira, cinquenta apresentaram tecnologias relacionadas à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Os nomes dos fabricantes assim como o tipo de tecnologia por eles apresentada estão detalhados no Apêndice D.

A Feira RWM Brasil, que ocorre anualmente na cidade de São Paulo (Brasil), expõe empresas de países do mundo todo (como, por exemplo, Estados Unidos, Canadá, Equador, Chile, Argentina, Cabo Verde, Burkina Fasso, Reino Unido, França, Alemanha, Bélgica, Portugal, Suécia, Suíça, Itália, Japão, Turquia, dentre outros), incluindo do Brasil, com novidades tecnológicas e soluções para a gestão de resíduos sólidos.

Esta feira de tecnologias e serviços é fruto de parceria da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) com apoio do Governo Federal do Brasil por meio do Ministério de Meio Ambiente e do Governo do Estado de São Paulo, além de colaboração da *International Solid Waste Association* (ISWA) e da Parceria Internacional para Expansão de Serviços de Gestão de Resíduos para Autoridades Locais (IPLA).

No total, em 2014, participaram empresas de 17 países organizadas em 71 estandes, totalizando 95 expositores, dentre eles: BRT, Arjes, BHS, ESE, Danima, Gladon, Hitachi Zosen Inova, Copex, Inbras, I.C.E, Jaguar, Johnston, Matthiessen, Lindner, Picvisa, dentre outras. Entretanto, os expositores que apresentaram tecnologias de produto e processo relacionadas diretamente à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos totalizaram apenas doze, os quais são apresentados no Apêndice E.

Apesar de a Feira RWM ter ocorrido no Brasil, e possuir o mesmo modelo da Feira RWM que ocorre em Birmingham, na Inglaterra, a nacionalidade das empresas de tecnologias para REEE que possuíram estandes, foi diversa: sete empresas possuem capital originário da Alemanha, uma da Bélgica, duas do Brasil, uma do Japão e uma da Suécia.

Os equipamentos e soluções apresentadas nas feiras Ecomondo e RWM Brasil, para a gestão de resíduos de eletroeletrônicos, não diferem das tecnologias descritas por UNEP

⁴⁴ Site oficial do evento: <http://www.h2rexpo.it/>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

⁴⁵ Site dos organizadores do evento: <http://www.legacoop.coop/cooperambiente/>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

⁴⁶ Site oficial do evento: <http://www.condominioeco.eu/IT/index.xhtml>. Acesso em: 18 Jul. 2016.

(2007), nem tão pouco à linha de reciclagem na qual os equipamentos deveriam ser dispostos para maior ganho de eficiência.

As informações completas das empresas que expuseram suas tecnologias de gestão de REEE na Feira RWM Brasil, em 2014, com (i) nome, (ii) local da matriz, (iii) tecnologia, (iv) atividade, (v) resíduos que gerencia, e, (vi) propriedade intelectual que possui, também são encontradas no Apêndice E.

1.3 Considerações finais

De acordo com as informações apresentadas neste capítulo, percebeu-se o potencial de periculosidade dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos quando descartados de maneira irregular no meio ambiente, ou manipulados e desmontados por pessoas sem treinamento adequado.

O mais importante desse potencial deve-se ao fato de que os equipamentos não são perigosos por si só, ou seja, tornam-se perigosos quando descartados de maneira ambientalmente inadequada, em contato com o solo e a água, ou quando quebrados e desmantelados de maneira a deixar suas partes e componentes expostos a intempéries.

Neste caso, o contato das diversas substâncias, presentes nesses resíduos, com o solo, a água, o ar e a pele de animais e seres humanos pode provocar reações imediatas (como, por exemplo, alergias cutâneas) ou de longo prazo (como, por exemplo, câncer e outras anomalias genéticas devido à ingestão de água, carne e outros alimentos contaminados).

De maneira geral, quaisquer riscos à saúde pública e ao meio ambiente podem ser minimizados por meio de instalação própria para reciclagem formal dos REEE. Para isso, existe uma série de tecnologias automatizadas que contribuem para uma maior eficiência no montante de resíduos tratados. Com a automatização dos processos de reciclagem é possível aumentar a quantidade de resíduos eletroeletrônicos tratados e diminuir o montante enviado a aterro. Assim, considerando este cenário como o ideal, o único problema estaria em viabilizar canais de coleta e transporte ao longo de uma cadeia para instalações de reciclagem de resíduos. Para o caso do Brasil, os problemas e as dificuldades enfrentadas na reciclagem de REEE serão discutidos com mais detalhes no Capítulo 4 desta tese.

A viabilização tanto de tecnologias de reciclagem como de uma infraestrutura dedicada e cadenciada para a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada de REEE só é possível quando apoiada em um quadro regulatório

específico. Por isso, a evolução da regulação internacional sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos, a evolução do patenteamento de tecnologias de produto e processo e da publicação científica sobre este tema serão discutidos no próximo capítulo.

CAPÍTULO 2 – REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: EVOLUÇÃO DO PATENTEAMENTO E DA PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS, E PAÍSES

A pergunta que norteou a construção deste capítulo foi em que medida a regulação ambiental tem influenciado a inovação de produto e/ou processo sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, medido pelo número de patentes reivindicadas. Baseamos a metodologia nos estudos de Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010) que discutem empiricamente a relação entre regulação e inovação.

Para discutir a relação entre a evolução do quadro regulatório internacional sobre reciclagem de REEE e a emergência de inovações de produto e processo realizou-se um levantamento das políticas no “*StEP E-waste World Map*” e traçou-se a cronologia das políticas internacionais sobre gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, analisou-se a evolução do número de depósitos de patentes sobre reciclagem de REEE na Plataforma Questel Orbit e um levantamento, com o termo “*electronic waste*”, da evolução da publicação de artigos científicos na base Scopus. A ideia foi testar e qualificar a hipótese de que com o avanço dos quadros regulatórios nacionais e internacionais haveria um aumento do depósito de patentes e de artigos científicos sobre o tema.

Outra questão investigada foi que países são responsáveis por estas atividades científicas e tecnológicas. Já os tipos de tecnologias emergentes e as instituições serão discutidos no próximo capítulo.

2.1 Regulação e inovação

Os estudos de Porter e Van Der Linde (1995), Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010), que consideram a difusão de normas ambientais (regulação) como promotora da inovação e da elevação da competitividade, serviram como base teórica deste trabalho.

Porter e Van Der Linde (1995) discutem a relação entre a implantação de normas ambientais rigorosas e a competitividade da indústria americana. Baseando-se no paradigma

da competitividade dinâmica⁴⁷ sua hipótese é de que as normas ambientais podem desencadear inovações que compensam os custos de cumprimento das mesmas.

Para isso, analisaram estudos de caso detalhados de centenas de indústrias⁴⁸, com base em dezenas de países (e foco especial aos Estados Unidos), que revelaram que as empresas competitivas em nível internacional não são aquelas que utilizam insumos mais baratos ou em maior escala, mas sim aquelas com a capacidade para melhorar e inovar continuamente. Concluíram que o novo paradigma da competitividade internacional é dinâmico, baseado na inovação; e, ao estimular a inovação⁴⁹, as normas ambientais rigorosas podem realmente aumentar a competitividade. Para os autores o conhecimento limitado sobre oportunidades para a inovação é a principal restrição para comportamento pouco inovador das empresas. E, neste caso, segundo eles, a regulação também pode funcionar e ajudar a criar pressão de demanda para a inovação ambiental, pois os incentivos para a inovação também devem ser incorporados no próprio processo de regulamentação.

Portanto, para os autores, os Estados Unidos e outros países precisam repensar a relação entre o meio ambiente e a competitividade industrial de modo a se aproximar da realidade da concorrência moderna:

Acreditamos que nenhum sucesso duradouro pode vir de políticas que prometem que o ambientalismo triunfará sobre a indústria, nem de políticas que prometem que a indústria irá triunfar sobre o ambientalismo. Em vez disso, o sucesso deve envolver soluções baseadas na inovação que promovam a ambientalismo e a competitividade industrial (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 116).

⁴⁷ O novo paradigma da competitividade internacional é dinâmica, baseada na inovação. A competitividade da indústria surge de uma produtividade superior, quer em termos de custos mais baixos do que os rivais ou a capacidade de oferecer produtos com valor superior que justificam um preço elevado. A vantagem competitiva, então, repousa não na eficiência estática nem na otimização dentro das restrições fixas, mas na capacidade de inovação e melhoria em mudar as restrições. A definição adequada de competitividade a nível agregado (ao nível da indústria e ao nível de um estado ou nação) é a produtividade média da indústria ou o valor criado por unidade de trabalho e por dólar de capital investido. Portanto, a produtividade depende tanto da qualidade e das características de produtos (que determinam o seu valor) e a eficiência com a qual eles são produzidos (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 98).

⁴⁸ Como, por exemplo, o caso da 3M no qual “regulation can trigger innovation offsets through substitution of less costly materials or better utilization of materials in the process. For example, 3M faced new regulations that will force many solvent users in paper, plastic and metal coatings to reduce its solvent emissions 90 percent by 1995. The company responded by avoiding the use of solvents altogether and developing coating products with safer, water-based solutions. At another 3M plant, a change from a solvent-based to a water-based carrier, used for coating tablets, eliminated 24 tons per year of air emissions. The \$60,000 investment saved \$180,000 in unneeded pollution control equipment and created annual savings of \$15,000 in solvent purchases” (PARKINSON, 1990, p. 31).

⁴⁹ O termo inovação foi considerado pelos autores de maneira ampla, isso inclui o projeto de um produto ou serviço, os segmentos em que atua, como ela é produzida, como ela é comercializada e como ela é suportada (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

A relação entre os objetivos ambientais e de competitividade industrial tem sido normalmente pensada como envolvendo uma troca entre custos e benefícios sociais privados. A questão é como equilibrar o desejo da sociedade para a proteção ambiental com o ônus econômico sobre a indústria:

Enquadrado desta forma, a melhoria do ambiente torna-se uma espécie de queda de braço. Um lado empurra para padrões mais rígidos; o outro lado tenta bater os padrões de volta (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 97).

Entretanto, o debate competitividade-melhoria ambiental não pode ser enquadrado desta maneira. A noção de uma luta inevitável entre a ecologia e a economia cresce fora de uma visão estática da regulamentação ambiental, em que a tecnologia, produtos, processos e necessidades dos clientes são todos fixos.

Neste mundo estático, onde as empresas já fizeram as suas escolhas de minimização de custo, a regulamentação ambiental, inevitavelmente, aumenta os custos e tenderá a reduzir a participação de empresas nacionais de mercado nos mercados globais (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 97).

Assim, o novo paradigma da competitividade internacional é dinâmico, baseado na inovação. A competitividade da indústria surge de uma produtividade superior, quer em termos de custos mais baixos do que os rivais ou da capacidade de oferecer produtos com valor superior que justificam um preço elevado:

As empresas competitivas em nível internacional não são aquelas que utilizam insumos mais baratos ou em maior escala, mas sim aquelas com a capacidade para melhorar e inovar continuamente (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 98).

Para os autores, a vantagem competitiva, então, repousa não apenas na eficiência estática ou na otimização dentro das restrições fixas, mas na capacidade de inovação e de melhoria das restrições (PORTER; VAN DER LINDE, 1995). Por isso, ao nível da indústria, o significado de competitividade é claro. Ao nível de um estado ou nação, no entanto, a noção de competitividade é menos clara, porque nenhuma nação ou estado é, ou pode ser, competitiva em tudo. “A definição adequada de competitividade a nível agregado é a produtividade média da indústria ou o valor criado por unidade de trabalho e por dólar de

capital investido” (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 98). A produtividade depende tanto da qualidade e das características de produtos (que determinam o seu valor) e a eficiência com a qual eles são produzidos.

Neste sentido, o foco da política deve estar em flexibilizar o equilíbrio entre a competitividade e o ambiente, em vez de aceitá-lo como um dado adquirido (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

Para Porter e Van Der Linde (1995), a possibilidade de uma relação virtuosa entre regulação e inovação existe porque o mundo não se encaixa na crença Panglossiana⁵⁰ de que as empresas sempre fazem as melhores escolhas. Esta será uma realidade somente em uma estrutura de otimização estática onde a informação é perfeita e as oportunidades rentáveis para a inovação já foram descobertas, de modo que as empresas com fins lucrativos só precisam escolher sua abordagem. Claro que, isto não descreve a realidade. Em vez disso, o próprio processo de concorrência dinâmica é caracterizado pela mudança de oportunidades tecnológicas, juntamente com informações altamente incompletas, inércia organizacional e problemas de controle, refletindo na dificuldade de alinhamento individual, de grupo e incentivos corporativos. “As empresas têm inúmeros caminhos para a melhoria tecnológica, e atenção limitada” (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 99).

Não por acaso, mas em virtude de estratégias de mercado ultrapassadas, o meio ambiente não tem sido a principal área de ênfase empresarial ou tecnológica, e o conhecimento sobre os impactos ambientais ainda é rudimentar em muitas empresas e indústrias, elevando a incerteza sobre os benefícios da inovação (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

Os clientes também não estão cientes dos custos da eficiência dos recursos na embalagem que descartam, no valor da sucata de que abriram mão e nos custos do descarte que ostentam. “Ao invés de tentar inovar em todas as direções ao mesmo tempo, as empresas, de fato, fazem escolhas baseadas em como percebem sua situação competitiva e do mundo em torno deles” (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 99).

⁵⁰ Este termo provém da obra “Cândido, ou o otimismo”, de Voltaire (pseudônimo de François-Marie Arouet), escrita em 1758. O livro narra a vida de Cândido que até ser expulso de um lindo castelo na Westfália, convivia com sua amada, a bela Cunegunda, e tinha a felicidade de ouvir diariamente os ensinamentos de mestre Pangloss, para quem **‘todos os acontecimentos estão encadeados no melhor dos mundos possíveis’**. Entretanto, Cândido sofre um sem-fim de desgraças: é expulso do castelo; perde seu amor; é torturado por búlgaros; sobrevive a um naufrágio para em seguida quase perecer em um terremoto; vê seu querido mestre ser enforcado em um auto da fé; é roubado e enganado sucessivas vezes. Cândido só começa a desconfiar do otimismo exacerbado de seu mestre quando ele próprio e todos os que cruzam seu caminho dão provas concretas que o melhor dos mundos possíveis vai, na verdade, muito mal.

Neste cenário, a regulamentação pode ser uma influência importante na direção da inovação, seja para melhor ou para pior. Uma legislação ambiental devidamente concebida pode servir em pelo menos seis propósitos (PORTER; VAN DER LINDE, 1995):

- (1) **A regulamentação sinaliza às empresas sobre a ineficiência dos recursos prováveis e possíveis melhorias tecnológicas.** Ex.: As empresas ainda são inexperientes em medir seus descartes, a compreensão dos custos totais da utilização incompleta de recursos e de toxicidade, e conceber novas abordagens para minimizar ou eliminar os descartes de substâncias perigosas. A regulamentação direciona a atenção sobre estas áreas de inovação em potencial. A regulamentação também aumenta a probabilidade de que produtos e processos incorporarão melhorias ambientais. (p. 99-100).
- (2) **A regulamentação focada na coleta de informações pode conseguir grandes benefícios através da sensibilização das empresas.** Essa coleta de informações muitas vezes leva à melhoria do meio ambiente, sem obrigatoriedade de reduções de poluição, por vezes, mesmo a custos mais baixos, pois amplia o grau de conhecimento das organizações e de suas oportunidades – pode implicar na redução da poluição. (p. 100).
- (3) A regulamentação **reduz a incerteza sobre os investimentos** na área de meio ambiente de maneira a ser mais lucrativa. Maior segurança incentiva [encoraja] o investimento em qualquer área. (p. 100).
- (4) A regulamentação **cria uma pressão que motiva a inovação e o progresso.** Ajuda a superar a inércia organizacional, estimular o pensamento criativo e mitigar os problemas do ambiente de trabalho [escritório]. A pressão para a inovação pode vir de fortes concorrentes, clientes exigentes ou o aumento dos preços das matérias-primas; a regulamentação devidamente trabalhada também pode fornecer essa pressão. (p. 100).
- (5) A regulamentação **ajuda nos processos de transição.** Durante o período de transição para soluções baseadas na inovação, a regulamentação assegura que uma empresa não ganhe posições no mercado de forma oportunista, e evite investimentos

ambientais. A regulação prevê um tempo de transição até que novas tecnologias sejam comprovadas e os efeitos de aprendizagem reduzam seus custos. (p. 100).

- (6) A regulação é necessária também em casos de **compensações incompletas** [há um tempo para compensar os custos da aprendizagem]. Admite-se que a inovação nem sempre pode compensar completamente o custo da conformidade [de cumprimento], especialmente no curto prazo e antes da aprendizagem conseguir reduzir o custo de soluções baseadas na inovação. Em tais casos, **a regulação será necessária para melhorar a qualidade do ambiente.** (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 100).

Os autores enfatizam que uma regulação rigorosa pode realmente produzir mais inovação e maiores compensações de inovação do que uma regulação frouxa (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

As **compensações de produto** ocorrem quando a regulação ambiental não produz apenas menos poluição, mas também **cria produtos com melhor desempenho** ou alta qualidade, produtos mais seguros, produtos com custos mais baixos (talvez por causa da substituição de materiais ou da utilização de menos embalagens), produtos com maior valor de revenda ou valor de sucata (por causa da facilidade na reciclagem ou desmontagem) ou produtos com menores custos de descarte para os usuários. Neste caso, a regulamentação ambiental pode realmente aumentar a competitividade industrial (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

Já as **compensações de processo** ocorrem quando a regulação ambiental não só leva à redução da poluição, mas também resulta na **maior produtividade dos recursos**, tais como a maior eficiência dos processos, menor tempo de inatividade por meio de monitoramento e manutenção mais cuidadosa, reserva de materiais (devido à substituição, reutilização ou reciclagem de insumos de produção), melhor utilização de subprodutos, menor consumo de energia durante o processo de produção, redução de materiais armazenados e de custos de manipulação, conversão de resíduos em formas valiosas, redução dos custos de eliminação de resíduos ou condições de trabalho mais seguras. Essas compensações estão frequentemente relacionadas, de modo que alcançar uma pode levar à realização de várias outras (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

Portanto, a inovação que cumprir uma regulação ambiental, em geral, alcançará desde melhorias no desempenho e na qualidade do produto; redução de custos do produto mostrando como eliminar materiais caros, reduzir embalagens desnecessárias ou simplificar os projetos; conduzir a inovação que reduzir os custos de disposição final (e aumentar o valor de revenda da sucata) para o usuário; trazer benefícios em termos de redução do tempo de inatividade da produção; provocar compensações de inovação através da substituição de materiais menos caros ou a melhor utilização dos materiais no processo; além de que as compensações de inovação podem também ser obtidas por meio da conversão de resíduos em formas mais valiosas (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 101-103).

Assim, se as normas ambientais são para promover as compensações de inovação que surgem a partir de novas tecnologias e abordagens para a produção, elas devem aderir a três princípios:

- (1) Elas devem criar o máximo de oportunidade para a inovação, deixando a abordagem à inovação para a indústria e não para a agência de definição de padrões.
- (2) A regulação deve promover a melhoria contínua, em vez do bloqueio de qualquer tecnologia particular.
- (3) O processo regulatório deve deixar a menor brecha possível para a incerteza em todas as fases. (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 110).

Além disso, leis e regulamentos ambientais precisam se desenvolver em três passos substanciais: (1) frasear normas ambientais como metas que podem ser atendidas de forma flexível; (2) incentivar a inovação para alcançar e ultrapassar essas metas; e, (3) administrar o sistema de forma coordenada (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

Sempre haverá casos de poluição extremamente perigosos que exigem uma ação imediata, quando a imposição de uma tecnologia específica de comando e controle pode ser a melhor ou a única solução viável. No entanto, esses métodos devem ser vistos como um último recurso (PORTER; VAN DER LINDE, 1995).

As regulações devem incentivar mudanças de produtos e processos para melhor utilizar os recursos e evitar a poluição precoce, ao invés de tornar obrigatório o uso de tecnologias “*end-of-pipe*” ou o tratamento secundário, que é quase sempre mais caro. Para os reguladores, isto coloca em questão onde impor regulamentos na cadeia de produção de matérias-primas, equipamentos, do produtor ao produto final, para o consumidor (PORTER,

1985). Os reguladores devem considerar as capacidades tecnológicas e os recursos disponíveis em cada etapa, pois afetam a probabilidade da inovação ocorrer. “Com isso em mente, o princípio que rege deve ser o de regular o final da cadeia produtiva, que, normalmente, permite maior flexibilidade para a inovação mesmo em fases anteriores” (PORTER; VAN DER LINDE, 1995, p. 110)⁵¹.

Já os trabalhos de Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010) discutem empiricamente a relação entre regulação ambiental e inovação através de estudos de caso.

Taylor, Rubin e Hounshell (2005) exploraram a relação entre as ações governamentais e a inovação em uma tecnologia de controle ambiental – no caso, tecnologias de controle de emissões de dióxido de enxofre (SO₂) em plantas de geração de energia elétrica. Com isso, contribuíram empiricamente para o debate de longa data sobre como os instrumentos de política podem ser mais bem utilizados para induzir a inovação em tecnologias ambientais. O método utilizado pelos autores centrou-se na análise de dados de: (a) patentes americanas de tecnologia de controle de SO₂; (b) investimentos governamentais em pesquisa básica; (c) anais de conferências sobre tecnologias de controle de SO₂; (d) mercado, desempenho e tendências de custo (para calcular a aprendizagem e curvas de experiência); e, (e) entrevistas com especialistas influentes.

Além disso, utilizaram duas técnicas para identificar patentes relevantes, uma baseada nas classes de patentes dos Estados Unidos, e outra com base em pesquisa de palavras-chave do título e resumos de patentes do escritório americano de patentes (USPTO) concedidas a partir de 1975. Os autores enfatizaram que as ações do governo em relação ao controle de SO₂ estiveram presentes em nove eventos regulatórios de âmbito federal nos EUA que ajudaram a moldar a demanda por sistemas FGD (tecnologia para controle de emissões de SO₂ analisada), pautada pela regulamentação tipo *demand-pull*. O governo federal também impulsionou o desenvolvimento da tecnologia por meio do financiamento de PD&I e da facilidade na

⁵¹ A hipótese de Porter e Van Der Linde (1995) é criticada por vários autores. Primeiramente, alguns autores (como, por exemplo, WAGNER, 2003; ROEDIGER-SCHLUGA, 2004; CROTTY; SMITH, 2006; AMBEC et al., 2011; AMBEC et al., 2013) afirmam que essa hipótese é linear ao considerar que a regulação por si só alavanca a inovação que, por sua vez, culmina na elevação da competitividade da empresa. Ao invés disso, há de se considerar que a inovação não se desenvolve seguindo um modelo linear, mas sim em um processo sistêmico que considera uma série de fatores simultaneamente (como, por exemplo, normas ambientais, incentivos econômicos para realização de P&D, subsídios para investimentos, convênios, fornecimento de informações, dentre outros) (KEMP, 1997). Além disso, outros críticos à Hipótese de Porter e Van Der Linde (JAFFE; PALMER, 1997) a analisaram considerando-a em dois elos separadamente, aos quais denominaram “versão fraca” e “versão forte”. A assim denominada “versão fraca” considera que a regulação ambiental pode estimular a inovação, porque não diz se a inovação é boa ou ruim para as empresas. Enquanto que a denominada “versão forte” ocorre quando a regulação ambiental compensa quaisquer custos adicionais e leva a um aumento da competitividade da empresa.

transferência de tecnologia, tudo como parte do esforço nacional para reduzir as emissões de SO₂ das usinas de energia. Para isso, apresentaram o levantamento das regulamentações que implicaram na criação do mercado para a tecnologia estudada.

Como resultados, os autores pontuaram: (1) a importância da regulação e da antecipação da regulação para estimular invenções; (2) o papel mais importante da regulação, em oposição ao investimento público em P&D, na indução da invenção; (3) a importância da restringência regulatória para determinar as vias técnicas e estimular a colaboração; (4) a importância da difusão tecnológica impulsionada por um quadro regulatório que contribui com a experiência operacional, o custo e o desempenho pós-adoção da inovação.

Concluíram que as normas reguladoras nacionais forneceram um mercado nacional de tecnologia de controle de SO₂ e o comportamento do patenteamento analisado refletiu isso como resultados das políticas *demand-pull*. Além disso, perceberam que o uso repetido de instrumentos *demand-pull*, sob a forma de normas nacionais com base em desempenho, juntamente com os esforços de *technology-push*, via financiamento público em PD&I e apoio para a transferência de tecnologia, já haviam facilitado claramente a maturação rápida da tecnologia do sistema FGD úmido que cresceu, se difundiu a partir do zero e atingiu cerca de 110 GWe de capacidade em vinte e cinco anos.

Portanto, ficou claro que no controle de SO₂, os instrumentos de *technology-push*, medidos por gastos em PD&I, não foram tão importantes quanto os instrumentos de *demand-pull* em induzir invenções a caminho de aplicação comercial, medidos por patentes, ou seja, sem a estimulação do mercado realizada pela regulamentação do governo, os níveis de atividade de patenteamento seriam extremamente baixos. Por último, os autores constaram que se deve usar a antecipação como vantagem na gestão de incertezas, talvez através da concepção de padrões a serem revisitados periodicamente. A expectativa seria que estas normas se fortalecessem em função do progresso técnico, e o processo de normalização interativa proporcionaria um (mais) incentivo contínuo para a inovação.

O estudo de Peters et al. (2012), semelhante aos anteriores no que diz respeito à investigação dos efeitos de um quadro regulatório na promoção da inovação em dado setor, pesquisou como os efeitos das inovações nacionais e estrangeiras diferem nos modelos das políticas de *demand-pull* e *technology-push* no caso do desenvolvimento de módulos fotovoltaicos de energia solar em 15 países da OCDE, de 1978 a 2005, com dados de

patentes⁵² e três variáveis de políticas de demanda: financiamento público de P&D nacional, continental e intercontinental.

Segundo os autores, as políticas de *demand-pull* criaram importantes repercussões em nível de inovação no país, mas tanto as políticas de oferta como as de demanda podem ser consideradas fatores-chave na produção inovadora no campo da tecnologia fotovoltaica, pois as políticas de oferta foram adaptadas para complementar o financiamento das políticas de demanda, promover a inovação e melhorar a vantagem competitiva nacional (PETERS et al., 2012, p. 9-10).

“Primeiro um país melhora a sua vantagem competitiva com a ajuda de políticas de oferta. Em seguida, intensifica o financiamento das políticas de demanda” (PETERS et al., 2012, p. 10). Portanto, os autores concluíram que é necessário um modelo de política de demanda supranacional que equilibre os efeitos de expansão da inovação e elimine os desincentivos da criação de políticas de demanda, com, por exemplo, a criação de um sistema de tarifas fixas (*feed-in tariffs*) pan-europeia para a energia fotovoltaica.

Lee et al. (2010) investigaram como os fabricantes de automóveis e os fornecedores de componentes a montante cumprem as regulações que forçam o desenvolvimento de tecnologia, ou leis que estabelecem padrões de desempenho para além das suas capacidades tecnológicas habituais. Este estudo envolveu análise de patentes, entrevistas com especialistas, referências a trabalhos técnicos publicados em conferências da *Society of Automotive Engineers* (SAE), e curvas de aprendizagem. Utilizaram como questão de pesquisa: Será que as ações do governo, de meramente ameaçar a impor regulamentos para a imposição real cada vez mais rigorosa, realmente influenciam as atividades inovadoras das montadoras e seus fornecedores? Se assim for, de onde é que a tecnologia vem? Quem foram os principais contribuintes? Apresentaram uma visão geral dos regulamentos que forçaram o desenvolvimento tecnológico e a inovação sobre o controle de emissões de automóveis e discutiram sobre as principais tecnologias utilizadas no controle de emissões de poluentes provenientes dos motores de ciclo Otto de automóveis.

O estudo com patentes centrou-se no período de 1970 a 1998, período este que capta as ações regulatórias importantes na história dos regulamentos de controle de emissões de

⁵² Segundo Peters et al. (2012), o conjunto de dados analisado foi selecionado por meio da Classificação Internacional de Patentes e a avaliação de relevância foi feita por dois pesquisadores experientes. Utilizaram um conjunto de dados extraídos a partir de famílias de patentes com publicações em pelo menos dois países e “patentes triádicas” (famílias de patentes com publicações em pelo menos três escritórios: na Alemanha, ou no Instituto Europeu de Patentes, no Japão ou na China, e nos EUA); com uma amostra de 15 países da OCDE. As seguintes bases de dados foram utilizadas pelos autores: *The Scientific & Technical Information Network* (STN) e *INPAFAMDB* (*International Patent Family Database*). O número de patentes reivindicadas recuperado foi de 4.604, sendo 2.445 de patentes triádicas.

automóveis, tais como as emendas *Clean Air Act* em 1970 (1970 CAA) e em 1990 (1990 CAA). Foram utilizados três tipos de dados para a análise: conjunto de dados de patentes do escritório americano (USPTO), documentos técnicos publicados pela *Society of Automotive Engineers* (SAE), em publicações de série especial, e dados de custos definidos para dispositivos de controle de emissões dos automóveis compilados a partir de várias fontes. Duas abordagens foram usadas para gerar o conjunto de patentes relevantes: uma pesquisa baseada em palavras-chave do resumo e uma pesquisa baseada em classes. Para a pesquisa de palavras-chave do resumo, foram selecionadas sete palavras-chave diferentes com base no entendimento do autor de tecnologias relevantes: conversores catalíticos, emissão, automóveis, catalisadores, poluição, exaustão, e motores. As patentes destes dois métodos de pesquisa diferentes foram combinadas, e as patentes duplicadas encontradas por cada um dos métodos foram eliminadas. Informações sobre concessão e datas de aplicação, depositantes e país de origem, foram extraídas para construir um banco de dados de patentes com séries temporais das tecnologias de controle de emissões automotivas.

Como resultados, Lee et al. (2010) obtiveram um total de 2.253 patentes relacionadas ao controle de emissões automotivas para o período entre 1970 e 1998. Os resultados dos autores mostraram que os altos padrões de regulação forçando a tecnologia desempenharam um papel importante em induzir as inovações tecnológicas e determinar a direção posterior da mudança tecnológica. Além disso, os dados analisados também sugeriram claramente que as empresas afetadas por medidas regulamentares inovaram (ou seja, realizaram P&D, inventaram alguma coisa “nova e não óbvia”, apresentaram pedidos de patentes de suas invenções, e obtiveram as patentes quando emitidas) cada vez que novas normas de emissões foram definidas.

Segundo Lee et al. (2010), os fabricantes de automóveis e fornecedores foram os principais intervenientes no desenvolvimento de tecnologias de controle de emissões de automóveis, representando mais de 93% das patentes e 73% dos trabalhos técnicos; enquanto que as universidades representaram somente 0,5% do número total de patentes solicitadas com êxito. Os resultados mostraram que os fabricantes de automóveis eram o principal local da inovação após a introdução dos catalisadores de primeira geração em 1975 e mantiveram-se como tal desde então. A quota de patentes total por fabricantes de automóveis aumentou ao longo do tempo. A percentagem de patentes depositadas por fabricantes de automóveis aumentou de 40,55% na década de 1970, antes do início da fase dos requisitos para redução das emissões, para 90% em 1981.

A descoberta de que a imposição de regulamentos mais rigorosos induz inovações forneceu um suporte empírico indireto para a hipótese de Porter, que afirma que certos tipos de regulamentação ambiental (neste caso, a regulação forçando a tecnologia) estimulam a inovação. Os autores concluíram, portanto, que as regulações tipo comando e controle (CAC), cujo objetivo é forçar o desenvolvimento de determinada tecnologia, “quando devidamente projetadas, podem fornecer incentivos para P&D. Esta é uma descoberta importante para os debates atuais sobre o potencial da promulgação de normas ambientais cada vez mais rigorosas para induzir a inovação tecnológica” (LEE et al., 2010, p. 262).

2.2 Evolução das políticas internacionais de gestão de resíduos eletroeletrônicos

Esta seção discute a evolução das políticas internacionais sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos a fim de se compreender como se dá a relação entre a regulação e o patenteamento de tecnologias de produto e processo sobre o tema.

Para discutir a evolução da regulação sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, realizamos um levantamento na base do StEP (*Solving The E-waste Problem*), o “*E-waste World Map*”⁵³. Partimos do Tratado da Convenção da Basileia, considerado divisor de águas no marco regulatório internacional.

Para que o acordo da Convenção da Basileia, como também as Diretivas da União Europeia, seja seguido pelos países signatários, é necessário que cada país regule as atividades do setor internamente por meio de um quadro regulatório próprio.

A Figura 2.1 apresenta a cronologia dessa evolução, de 1989 a 2010⁵⁴, no mundo. Foram incluídos nesta linha cronológica os países que se destacaram na preocupação com a gestão de resíduos eletroeletrônicos e foram pioneiros na discussão e fixação de legislação sobre esses resíduos. Dentre eles: Suíça (em 1998), Japão (em 1998), União Europeia (em

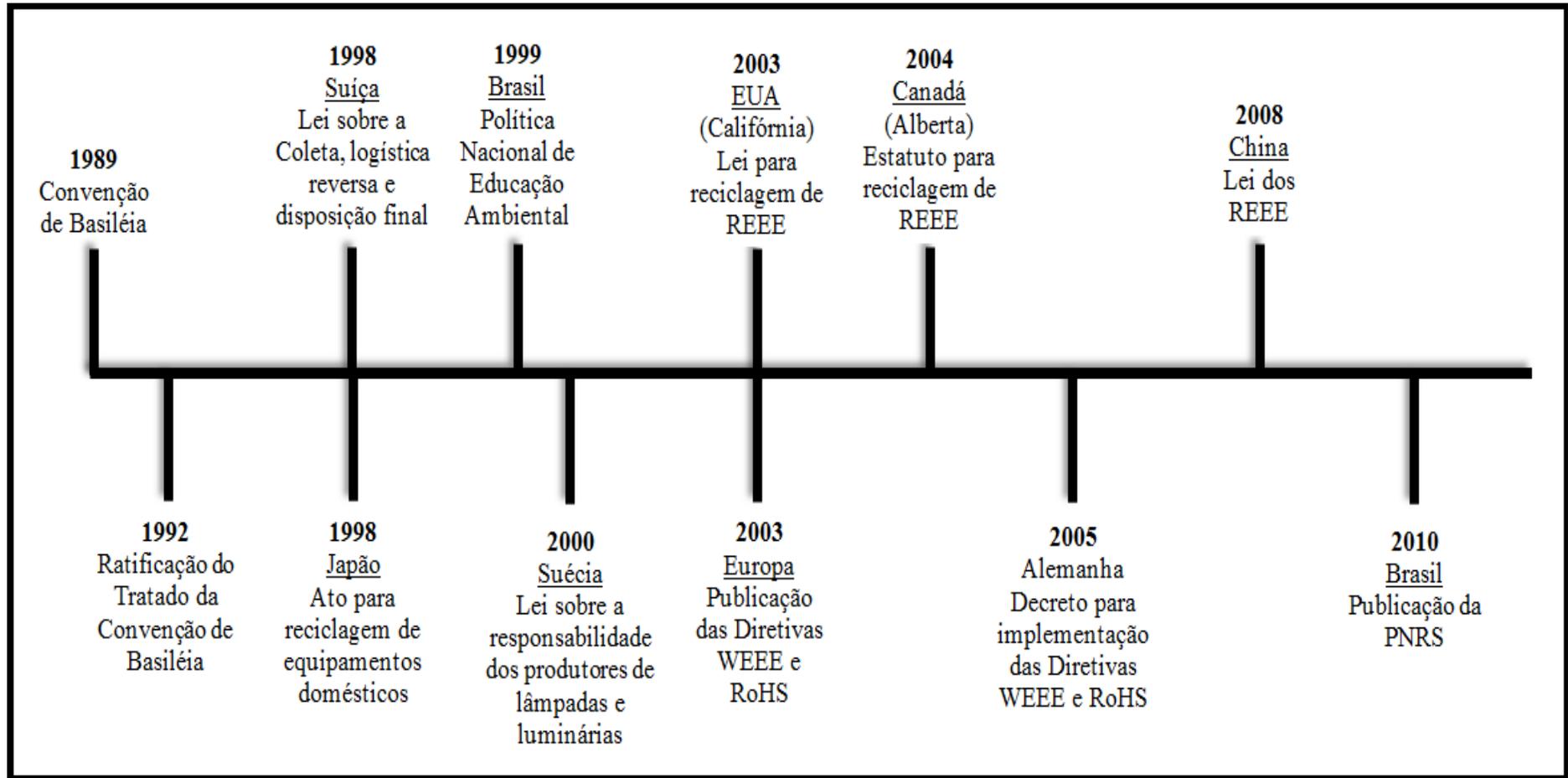
⁵³ Esta base é alimentada com dados divulgados pelas agências nacionais de cada país membro da Organização das Nações Unidas (ONU - em 2014, somavam-se em 193 os países membros)⁵³, e recebe atualização a cada dois anos. Portanto, pode haver diferença entre os dados utilizados nesta tese – coletados em fevereiro de 2014 (cuja atualização mais recente fora em 2012) e os dados atualmente disponíveis na base. A lista completa dos países membros da ONU pode ser consultada em: <<https://nacoesunidas.org/conheca/paises-membros/>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

⁵⁴ O restante dos dados, com as legislações de cada país membro da ONU em linha cronológica, com o nome do instrumento regulatório (lei, norma, projeto de lei ou proposta) e o status de sua tramitação (proposta, aprovada ou em vigor), está disponível no Apêndice B.

2003), Estado da Califórnia (nos EUA, em 2003), Província de Alberta (no Canadá, em 2004), Alemanha (em 2005) e China (em 2008).

Os marcos regulatórios do Brasil foram inseridos nessa cronologia apenas a título de comparação, sendo que a primeira lei diretamente relacionada ao meio ambiente foi sancionada em 1999 – com a Política Nacional de Educação Ambiental. Entretanto, a gestão dos resíduos sólidos como um todo (dentre os quais se inserem também os resíduos de eletroeletrônicos) só foi contemplada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010. A problemática dos REEE no Brasil será discutida no capítulo quatro.

Figura 2.1: Cronologia das legislações sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos de 1989 a 2010.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no *StEP E-waste World Map* (2012).

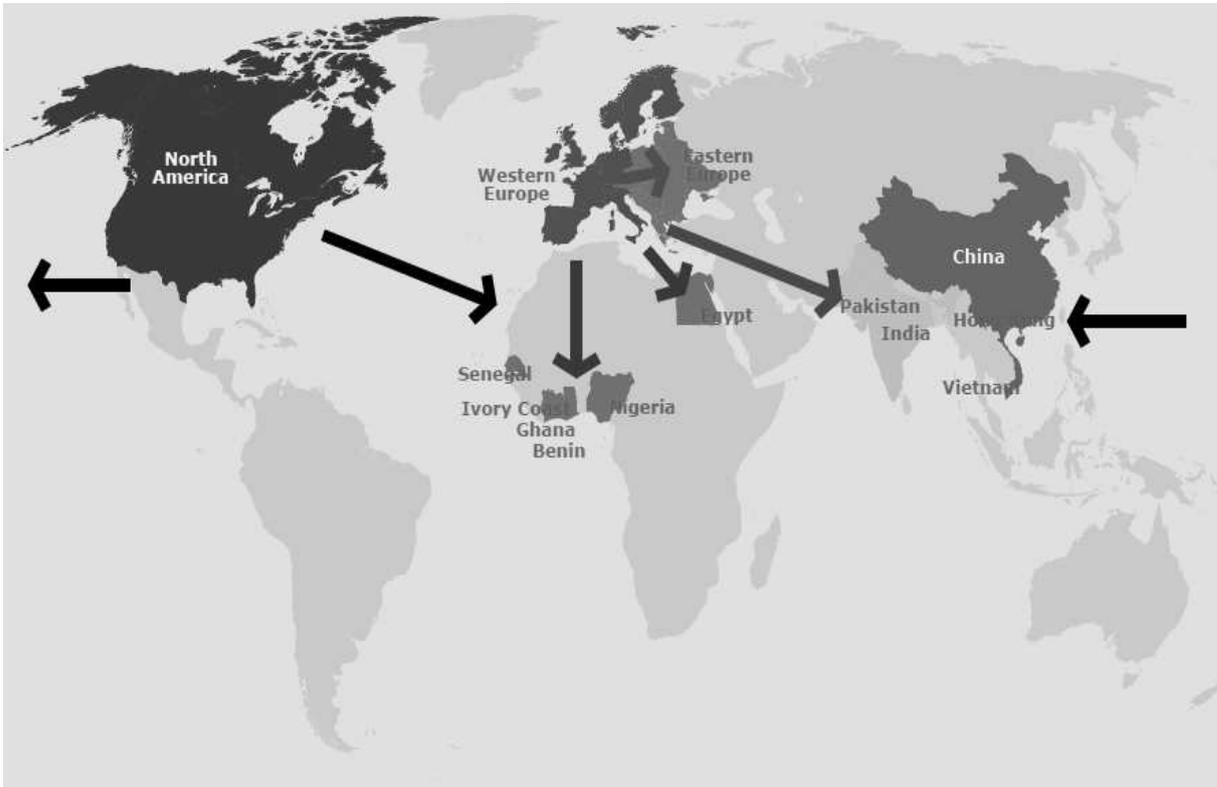
A Convenção de Basiléia, pioneira na regulação dos REEE por meio de um tratado internacional assinado em 1989, foi concebida para controlar os fluxos transfronteiriços de resíduos perigosos (dentre eles os REEE) entre nações e sua disposição final. A adoção da Convenção ocorreu em meio a uma série de catástrofes ambientais causadas por grandes corporações, como a de 1976 em Seveso, na Lombardia, com o acidente industrial que causou a contaminação por dioxina TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina) de grande parte do território dos municípios limítrofes de Cesano Maderno, Desio e Meda (o acidente ocorreu durante a produção de 2,4,5-triclorofenol, base de um herbicida, fungicida e de produtos químicos intermediários); ou a de 1986, quando do despejo de 14 mil toneladas de cinzas tóxicas na costa do Haiti e no mar pelo navio cargueiro *Khian Sea* (MARQUES, 2015).

Além destes eventos, a Conferência de Plenipotenciários, ocorrida em Basiléia, na Suíça, em 1989, foi conduzida em resposta ao clamor público após a descoberta, entre os anos de 1987 e 1988, de outro caso sério de depósito irregular de resíduos tóxicos ter ocorrido em Koko Beach, na Nigéria, envolvendo o envio de 18.000 tambores de resíduos perigosos da Itália ao país.

O texto final da Convenção operou, portanto, contra a existência de depósitos de resíduos tóxicos importados do exterior (Figura 2.2) presentes em diversos países em desenvolvimento, como China, Índia, Paquistão, Hong Kong, Vietnã, Senegal, Egito, Costa do Marfim, Gana e Benin (HUISMAN et al., 2012). A Convenção entrou em vigor em maio de 1992 e até maio de 2016 contava com 183 países partes e 53 países signatários, incluindo o Brasil com a ratificação, em 19 de Julho de 1993, pelo Ato 875 (via decreto federal).

Assim, com a legislação mais rigorosa sobre a disposição final de resíduos perigosos nos países industrializados durante a década de 1980, ocorreu um aumento significativo dos custos de descarte criando incentivos financeiros para a exportação dos resíduos para o tratamento e a disposição final.

Figura 2.2: Fluxos de exportação de resíduos tóxicos no mundo (incluindo os resíduos eletroeletrônicos).



Fonte: Huisman et al. (2012, p. 13).

Por isso, a Convenção de Basileia passou a regular a disposição destes resíduos por meio da combinação da lista de resíduos perigosos nela definidos (no Anexo VIII da Convenção) e do princípio de notificação prévia de intenções junto de uma autorização de exportação e importação (conforme o artigo 6º, parágrafos 1º, 2º e 4º) (LEPAWSKY; MCNABB, 2010).

Entretanto, o aparente rigor da Convenção não evitou a presença de contradições entre o tratado e as regulações nacionais (LEPAWSKY; MCNABB, 2010; MAZON, 2014). Uma delas reside entre a definição de resíduos perigosos, adotada pela Convenção, e as definições utilizadas nas legislações locais dos países signatários. Outra contradição ainda mais séria diz respeito à permissão de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos quando estes materiais forem destinados declaradamente à reutilização e/ou à recuperação por meio de reciclagem. Esta lacuna gerou o problema da exportação de resíduos impróprios para reuso de forma camuflada, visto que os exportadores declaram que os materiais são para reuso ou reciclagem quando na realidade estão sendo enviados para disposição final.

Para sanar este problema, foi criada, em 1994, a Emenda Basel Ban (“Proibição de Basiléia”) com a intenção de proibir totalmente a exportação de resíduos perigosos destinados à eliminação, recuperação ou reciclagem de materiais recicláveis de países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) a países menos desenvolvidos. Esta alteração dividiu as partes signatárias: enquanto alguns países africanos reivindicavam a proibição total das importações e exportações de resíduos, outros países em desenvolvimento preocupavam-se com a perda de receita e de acesso mais barato às matérias-primas. Outros grupos, de interesses industriais, representados pelos países da União Europeia e dos Estados Unidos, também se preocuparam com a perda de receitas que resultaria da proibição do comércio internacional de materiais recicláveis. Consequentemente, a emenda ainda precisa ser ratificada por um número considerável de países para entrar em vigor (LEPAWSKY; MCNABB, 2010).

Paralelamente a diversos eventos catastróficos, a destinação de resíduos perigosos via exportação a países em desenvolvimento e as discussões da Convenção de Basiléia, no início de 1998, a União Europeia colocou em pauta a criação de regulações ambientais para o descarte e reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos por meio de duas diretivas específicas: a WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) e a RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*).

A fim de evitar a geração de resíduos perigosos (incluindo os REEE), a Diretiva 2002/95/CE (RoHS), que entrou em vigor no início de 2003, passou a exigir a substituição de substâncias tóxicas, tais como os metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio e cromo hexavalente), retardadores de chama bromados (bifenilas polibromadas (PBB) e éteres difenil-polibromados (PBDE)) em equipamentos elétricos e eletrônicos novos colocados no mercado a partir de 1º de Julho de 2006 (SCHWARZER et al., 2005).

Por meio da Diretiva n. 65 de 2011 (2011/65/EU), que atualiza a diretiva sobre REEE (Diretiva 2002/96/EC), a comunidade europeia sugeriu a classificação dos EEE em dez categorias⁵⁵ a fim facilitar a discriminação do potencial de risco de cada classe de produto em função de suas especificidades, como: vida útil, composição por tipo de materiais, porte do equipamento, entre outros requisitos para a categorização (XAVIER; CARVALHO, 2014). A Diretiva WEEE (2002/96/EC) sofreu outra revisão e uma nova versão foi publicada em 2012 (2012/19/EU).

⁵⁵ Conforme apresentado no Capítulo 1, no Quadro 1.1.

A promulgação conjunta das diretivas, RoHS e WEEE, representa, em termos legais, um avanço na gestão da cadeia produtiva de ciclo fechado de eletroeletrônicos visto que a gestão dos REEE deve ser considerada desde o projeto do produto e a fabricação dos equipamentos até a reciclagem e o reaproveitamento das matérias-primas pela indústria (caracterizado como princípio “*cradle to cradle*”) (MAZON, 2014).

A característica principal das diretivas gira em torno do princípio da *responsabilidade estendida do produtor* (EPR), que estipula que produtores, importadores e distribuidores de EEE sejam responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos arcando com os custos de coleta seletiva, dentre outras atribuições (conforme conteúdo resumido no Quadro 2.1).

Quadro 2.1: Atribuições do Princípio da Responsabilidade Estendida do Produtor (Diretiva WEEE 2012/19/EU).

ATRIBUIÇÕES DA RESPONSABILIDADE DO PRODUTOR	MARCO LEGAL
Obedecer aos critérios de recuperação por peso médio, estabelecidos por tipo de aparelho, bem como a porcentagem de reciclagem de componentes, materiais e substâncias.	Art. 7°
Integrar materiais reciclados na fabricação de novos equipamentos.	Consideração 18
Fornecer informações e manter registros sobre o peso, número de equipamentos elétricos e eletrônicos colocados no mercado, taxa de recolhimento, reutilização, valorização e exportação de REEE.	Art. 7°
Fornecer informações aos centros de reutilização e reciclagem sobre a reutilização e tratamento de cada tipo de produto sob a forma de manuais ou por meios eletrônicos.	Art. 11
Garantir facilidade de desmantelamento e valorização dos produtos.	Art. 4°
Assegurar que os REEE sejam entregues sem encargos.	Art. 5°
Instalar e explorar sistemas de coleta individuais ou coletivos.	Art. 5°
Obter autorização das entidades competentes no caso de efetuar operações de tratamento (para inspeção).	Art. 6°
Possuir um lugar de armazenamento adequado.	Art. 6°
Obter certificado de gestão ambiental.	Art. 6°
Fornecer garantia de financiamento do sistema de logística reversa, ao colocar o produto no mercado.	Art. 8°
Marcação no produto do símbolo “não jogue REEE em lixos municipais”.	Art. 10

Fonte: Mazon (2014, p. 28).

A Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) foi discutida por diversos autores (DEMPSEY et al., 2010; ROSSEM; TOJO; LINDHQUIST, 2006) quanto às distinções das responsabilidades física e financeira, por exemplo, na gestão dos resíduos eletroeletrônicos.

Segundo Rossem, Tojo e Lindhqvist (2006), a extensão das responsabilidades para os fabricantes varia entre os programas EPR, tanto em termos de tipos de responsabilidades como de atividades a serem cumpridas dentro do prazo estabelecido pelos instrumentos políticos baseados no EPR.

Lindhqvist (2000) categorizou os tipos de responsabilidades:

- 1) **Responsabilidade** refere-se a uma responsabilidade por danos ambientais comprovados causados pelo produto em questão. A extensão da responsabilidade é determinada por lei e pode abranger diferentes partes do ciclo de vida do produto, incluindo a utilização e a eliminação final.
- 2) **Responsabilidade financeira** significa que o produtor irá cobrir a totalidade ou parte dos custos para, por exemplo, a coleta, reciclagem ou a disposição final dos produtos que ele fabricou. Estes custos podem ser pagos diretamente pelo produtor ou por meio de uma taxa especial.
- 3) **Responsabilidade física** é utilizada para caracterizar os sistemas em que o fabricante está envolvido para a gestão física efetiva dos produtos ou de seus efeitos.
- 4) **Responsabilidade informativa** obriga os produtores a fornecer informações sobre as propriedades ambientais dos produtos que ele está fabricando.
- 5) **Responsabilidade de propriedade**: o fabricante também pode manter a posse de seus produtos durante o seu ciclo de vida e, conseqüentemente, também estar ligado aos problemas ambientais ocasionados pelo produto que fabricou.

No que diz respeito aos mecanismos de implementação de programas de EPR que incorporam a coleta e outros requisitos relacionados com a gestão de eletroeletrônicos pós-consumo, uma distinção importante poderia ser feita no que diz respeito ao grau de cooperação entre os produtores para o cumprimento de sua responsabilidade. Esta distinção é muitas vezes referida como responsabilidade individual do produtor *versus* responsabilidade coletiva do produtor. Isto é, em essência, se um produtor assume a responsabilidade pela

gestão de fim de vida de seus próprios produtos (responsabilidade individual⁵⁶) ou se produtores de um mesmo grupo de produtos cumprem em conjunto sua responsabilidade para a gestão de fim de vida de seus produtos, independentemente da marca (responsabilidade coletiva). A importância desta questão foi manifestada nas discussões durante o desenvolvimento da Diretiva WEEE da UE (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006, p. 7).

Neste caminho, para os autores, a Responsabilidade Individual do Produtor (IPR) é o melhor incentivo para a ocorrência de mudanças no *design* dos produtos, porque as mudanças implementadas pelos fabricantes no *design* trazem maior eficiência à gestão de ciclo fechado e compensações por meio de custos mais baixos no final de sua vida útil. Este princípio pode, portanto, ser considerado como favorável à inovação em produtos visto que tais mudanças foram evidenciadas em fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos e de automóveis no Japão e na Suécia como, por exemplo, a Mitsubishi Electric Corporation, Fujitsu, Hitachi, Matsushita, Ricoh, Sharp, Sony, Hewlett-Packard e Toshiba (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006).

Para desenvolver sistemas EPR que impulsionem a mudança de *design* é necessário ter em mente que apenas os novos produtos podem ser reprojatados. Os incentivos para mudar a concepção de novos produtos vêm da possibilidade de diferenciação das taxas pagas para a gestão de fim de vida. Os custos desta gestão só serão dispendidos no momento do descarte do produto e, neste caso, podem ser difíceis de estimar a produtos complexos como, por exemplo, automóveis e equipamentos eletroeletrônicos (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006).

A implementação do princípio EPR pode se dar por meio de instrumentos administrativos, instrumentos econômicos e instrumentos informativos (LINDHQVIST, 2000). Exemplos de instrumentos de política baseada em EPR encontrados ou discutidos em programas de EPR que relacionam a responsabilidade estendida dos produtores para o gerenciamento de seus produtos em fim-de-vida estão resumidos no Quadro 2.2. Os exemplos apresentados não são exaustivos.

⁵⁶ A ideia principal para a prossecução da responsabilidade individual é fornecer incentivos para que os produtores se esforcem para melhorar o desempenho ambiental do ciclo de vida total de seus produtos. À luz deste objetivo, o sentido da responsabilidade individual na prática pode ser expresso da seguinte forma: um produtor carrega uma responsabilidade financeira individual quando ele paga para a gestão de fim de vida de seus próprios produtos; e, um produtor carrega uma responsabilidade física individual quando: (1) a distinção dos produtos é feita, no mínimo, por marca; e, (2) o produtor tem o controle sobre o destino de seus produtos descartados com algum grau de envolvimento na organização da operação a jusante (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006, p. 8).

Quadro 2.2: Instrumentos de política baseada em EPR.

Instrumentos administrativos	Coleta e/ou devolução de produtos descartados, restrições de substâncias e de aterro, realização da coleta, reutilização (recarga) e objetivos de reciclagem, cumprimento de normas de tratamento ambientalmente adequadas, cumprimento das normas de utilização de materiais reciclados e recicláveis, norma de produto.
Instrumentos econômicos	Impostos sobre materiais/produtos, subsídios, sistemas de taxa antecipada para destinação final, sistemas de depósito e reembolso, combinado de impostos e subsídios a montante, créditos negociáveis de reciclagem.
Instrumentos informativos	Comunicação às autoridades, marcação/rotulagem de produtos e componentes, consulta com os governos locais sobre a rede de coleta, fornecimento de informações aos consumidores sobre a responsabilidade do produtor/separação na origem, fornecimento de informações para empresas de reciclagem sobre a estrutura e as substâncias utilizadas nos produtos.

Fonte: Adaptado de Lindhqvist (2000, p. 16).

Neste sentido, as garantias financeiras para os custos futuros são o caminho para garantir que os produtores levem em consideração estes custos quando da concepção dos produtos. As garantias financeiras não só devem garantir que existam fundos para pagar os custos de fim de vida, mas também proporcionar flexibilidade e possibilidades de concorrência no mercado, permitindo que as forças do mercado forcem o desenvolvimento de soluções eficientes (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006).

O Quadro 2.3 apresenta alguns exemplos de medidas tomadas por fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos japoneses para eliminar ou reduzir o uso de substâncias perigosas em seus produtos.

Para os autores, a qualidade ambiental tem de ser assegurada por meio de demandas de reciclagem de materiais de alta qualidade (ao invés de *downcycling*), para que os componentes e materiais sejam reutilizados e os problemas ambientais não sejam apenas exportados a países com legislação insuficiente e com ainda menos infraestrutura de reciclagem e gestão de resíduos que os países da OCDE (ROSSEM; TOJO; LINDHQVIST, 2006).

Quadro 2.3: Medidas tomadas por fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos no Japão para eliminar ou reduzir o uso de substâncias perigosas.

Tipo de Desenvolvimento	Aplicação comercial ou objetivos previstos (a partir do ano 2000)
Soldas sem chumbo	<p>Utilização de estanho e prata em grandes computadores desde 1989 (Hitachi), fones de ouvido e aparelhos portáteis leitores de MD, a partir de Março de 2000 (Matsushita).</p> <p>Utilização de estanho, prata e cobre: aplicados em computadores portáteis, câmeras 8mm, máquinas de lavar roupas e aparelhos de ar condicionado, desde 1999 (Hitachi).</p> <p>Utilização de estanho e cobre: aplicação em videocassetes (Matsushita).</p> <p>Destinado à eliminação completa até o final de 2002 (Fujitsu), e até Março de 2003 (Matsushita).</p> <p>Redução de 50% para os produtos vendidos em 2001, em comparação com os níveis de 1997 (NEC).</p>
Retardantes de chama sem halogênio	<p>Placas de circuito impresso de computadores pessoais (Matsushita, Hitachi).</p> <p>Partes de aparelhos de ar condicionado, máquinas de lavar roupas e televisores (Hitachi, Matsushita, Toshiba).</p> <p>Aplicação de silício como base para os retardadores de chama em computadores pessoais, monitores de cristal líquido e projetores (NEC).</p> <p>Visa eliminar PBB e PBDE de todas as peças de plástico até Setembro de 2000 (Sharp) e todos os retardantes de chamas bromados em uma data posterior.</p>
Eliminação/redução de PVC	<p>Introdução de cabos sem PVC e placas de metal, e redução de 20% até 2002, em comparação a níveis de 1997 (NEC).</p> <p>Componentes livres de PVC em TVs e geladeiras (Hitachi).</p> <p>Redução de 50% nos cabos a partir de 2001, em comparação com níveis de 1997 (Ricoh).</p> <p>Destinado para a eliminação completa até Março de 2003 (Sharp).</p>
Substituição de substâncias que destroem o ozônio	<p>Uso do agente de espuma ciclopentano, em vez de HCFC-141b para todos os refrigeradores até Março de 2005 (Mitsubishi).</p> <p>Aplicação de HFC R410 na maioria dos aparelhos de ar condicionado (Toshiba).</p> <p>Destinado à completa eliminação de HCFC até Dezembro de 2004 (Toshiba).</p>
Eliminação/redução de cromo VI	<p>Aplicação de placas de metal livres de cromo em todos os produtos a partir de 2001 (Ricoh).</p> <p>Aplicação de placas de metal livres de cromo em computadores pessoais e telefones (NEC).</p> <p>Eliminação de cromo das fitas de áudio (Sony).</p>

Fonte: Rossem, Tojo e Lindhqvist (2006, p. 31).

A criação de um ciclo de *feedback* do *downstream* (gestão de fim de vida) ao *upstream* (modificações na concepção do projeto dos produtos) é o núcleo do princípio EPR que o distingue de um mero sistema de coleta e logística reversa (LINDHQVIST, 2000).

2.3 Evolução da publicação científica e do patenteamento no mundo

Esta seção discute a evolução da publicação científica e do patenteamento de tecnologias sobre reciclagem de REEE no mundo e a compara à evolução do quadro regulatório internacional aqui apresentado.

Com o intuito de replicar o estudo de Taylor, Rubin e Hounshell (2005) para o tema da reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no mundo, partimos da mesma hipótese utilizada pelos autores, ou seja, de que os registros de patenteamento e a publicação de artigos científicos sobre o tema apresentaram um crescimento evidente nos períodos relacionados à implantação de um quadro regulatório.

Para isso, contamos com a pergunta de pesquisa em que medida a regulação está induzindo inovações de produto e processo na cadeia produtiva da indústria eletrônica e na indústria de reciclagem e tratamento desses resíduos, quais são os países envolvidos nesse esforço tecnológico e quais são as empresas depositantes das tecnologias (essas instituições serão apresentadas no próximo capítulo). O método utilizado contou com os mesmos instrumentos de pesquisa de Taylor, Rubin e Hounshell (2005)⁵⁷ e de Lee et al. (2010) – análise de patentes e de artigos científicos.

Entretanto, visualizou-se a necessidade de uma complementação a este método para o tema aqui estudado, com a realização de duas buscas distintas nas bases de dados utilizadas. Primeiro, uma busca simples, e depois, uma busca mais complexa. A busca simples utilizou o termo mais conhecido internacionalmente, “*electronic waste*”, na Plataforma Questel Orbit⁵⁸, para patentes, e na base de dados de literatura técnico-científica Scopus, para artigos científicos. No Quadro 2.4 estão registrados os totais de documentos recuperados em ambas as bases⁵⁹.

⁵⁷ Entretanto, não seguimos o percurso da análise de aprendizado tecnológico e do impacto de políticas de oferta e de demanda sobre o setor da reciclagem de eletroeletrônicos, pois não obtivemos dados de investimentos públicos e privados em P&D no setor em questão.

⁵⁸ A escolha desta base de dados em particular se deveu à abrangência, à qualidade e à forma (em famílias de patentes) dos dados nela inseridos.

⁵⁹ A realização dessa busca simples, e a coleta dos dados recuperados, se deram no dia 12/5/2016.

Quadro 2.4: Número de artigos e patentes recuperados com o termo “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus.

BASE	TOTAL DE REGISTROS
Scopus (artigos científicos)	5.646
Orbit (patentes)	1.489

Fonte: Elaboração própria.

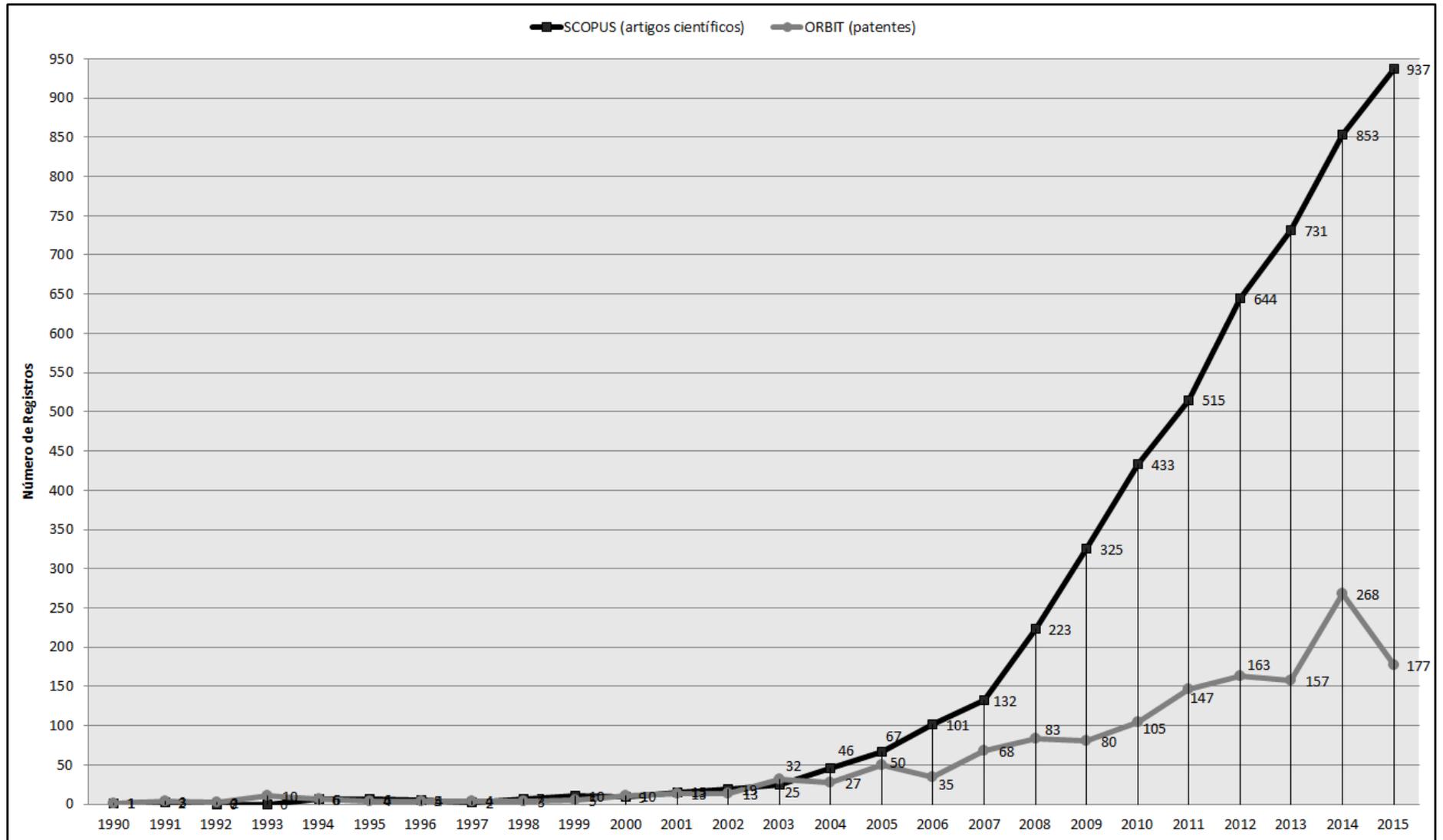
Sendo assim, constatou-se que as atividades de publicação de artigos científicos seguem um padrão semelhante com o desenvolvimento tecnológico indicado pelo depósito de patentes no período entre 1990 e 2015, mostrados na Figura 2.3.

As linhas de crescimento das atividades de publicação de artigos e de depósito de patentes apresentaram crescimento simultâneo a partir do ano 2000. Considerando a presença de uma pequena oscilação positiva no depósito de patentes em 1993 (ano seguinte à divulgação do Tratado da Convenção de Basiléia), ademais o próximo crescimento no patenteamento (sem queda de registros no ano seguinte) ocorre apenas no ano de 2010 (ano seguinte ao da publicação do texto atualizado da legislação chinesa para gestão de REEE), com pequenas quedas no número de registros de 2012 a 2013, e de 2014 a 2015⁶⁰. No mesmo ritmo seguem as atividades de publicação de artigos científicos que partem em números crescentes a partir de 2002, quase dobram de 2007 a 2008, e de 2009 em diante seguem em rota ascendente até 2015 quando ultrapassam os 900 registros.

Este movimento ascendente de patentes e artigos científicos a partir de 2002 (ano que culminou no fechamento do texto da Diretiva WEEE), e fortemente a partir 2010, pode indicar uma qualificação da hipótese de que a regulação impulsiona a inovação – tanto na esfera científica (publicação de artigos) como na esfera tecnológica (depósito de patentes). Pois, a quantidade de registros de ambos aumentou nos anos referentes à divulgação e à implantação de legislações relacionadas ao setor.

⁶⁰ É importante considerar que os números dos dados de patentes referentes ao ano de 2015 podem não ser exatos tendo em vista dois motivos: o primeiro deles se refere ao tempo dispendido na atualização da base de dados utilizada e da inclusão de novos registros a cada semana – neste caso há uma pequena variação no número de patentes depositadas; em segundo lugar, é importante ter em mente o período de sigilo no qual todo novo registro de pedido patente espera até poder ser publicado que é de dezoito meses (salvo pedido de publicação antecipada pelo depositante) até o período da publicação na Revista de Propriedade Industrial (RPI).

Figura 2.3: Patentes e artigos recuperados com o termo “*electronic waste*” nas bases Questel Orbit e Scopus (1990-2015).



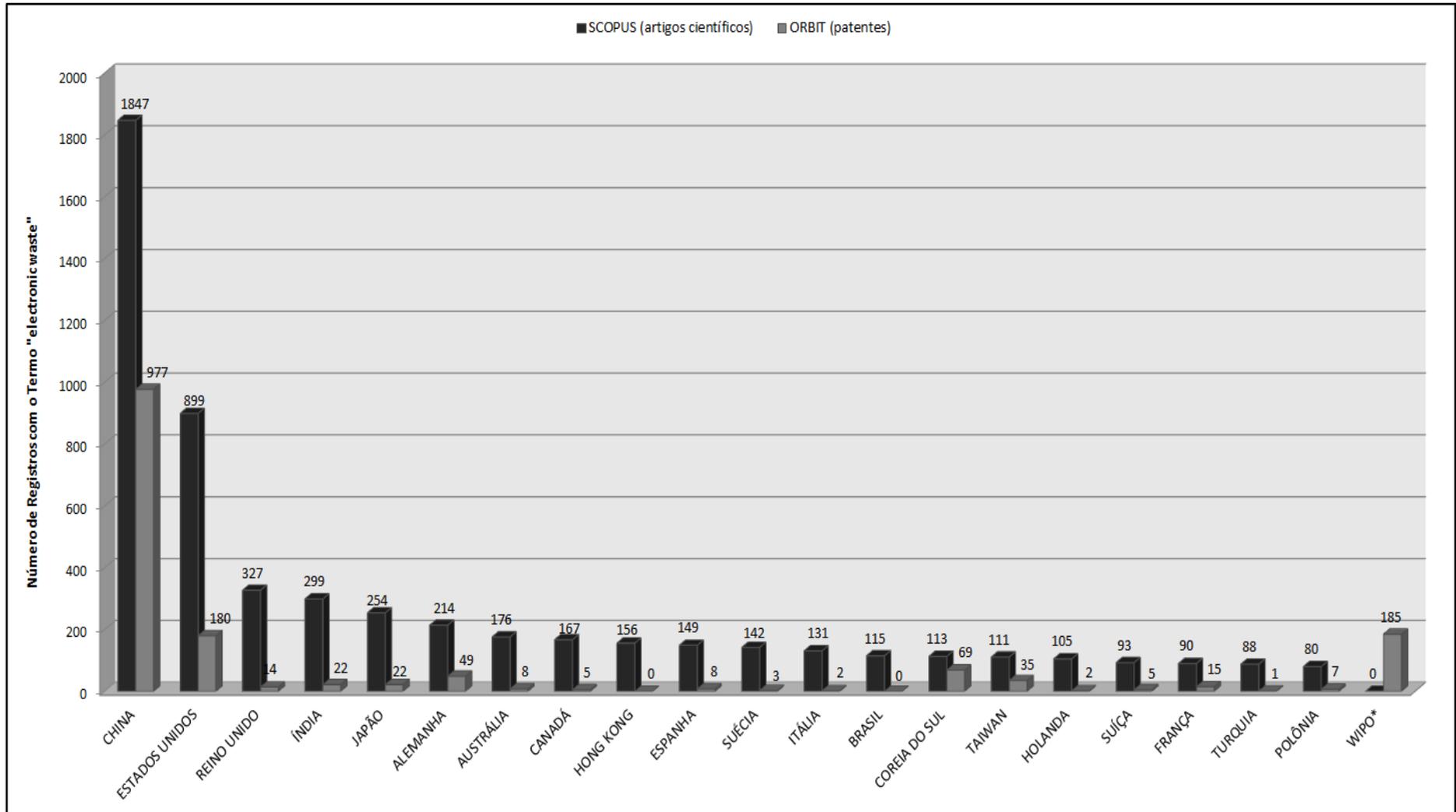
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus.

Além disso, os países que mais publicaram artigos e os que mais depositaram patentes também coincidiram: em primeiro lugar ficou a China, com 1.847 artigos e 977 patentes, e em segundo lugar, os Estados Unidos, com 899 artigos e 180 patentes. No terceiro lugar do patenteamento ficou Coreia do Sul, com 69 patentes reivindicadas, mas Reino Unido ficou em terceiro no ranking de publicação de artigos, com 327 estudos publicados. Estes números estão ilustrados na Figura 2.4.

Outros países com destaque, tanto no ranking de artigos publicados como de patentes depositadas, foram Alemanha (com 214 artigos e 49 patentes), Coreia do Sul (com 113 artigos e 69 patentes), Taiwan (com 111 artigos e 35 patentes), Índia (com 299 artigos e 22 patentes), Japão (com 254 artigos e 22 patentes) e França (com 90 artigos e 15 patentes).

A sigla WIPO (mostrada na Figura 2.4) se refere aos 185 registros de patentes que tiveram um pedido internacional depositado via Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) – este é um caso específico para patentes, mas devido ao grande número de registros optou-se por incluí-lo junto aos demais.

Figura 2.4: Ranking de países que mais publicam artigos e depositam patentes sobre “*electronic waste*” nas bases Questel Orbit e Scopus (1990-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Ademais, quanto às tendências do patenteamento das atividades inventivas, assim como no estudo de Taylor, Rubin e Hounshell (2005), no qual especialistas entrevistados apoiaram fortemente a ideia de que a antecipação da revisão de legislação relacionada ao controle de emissões de SO₂ (a CAA – *Clean Air Act Amendments*) no meio da década de 1980 (em 1987, a CAA Try) dirigiu a atividade inventiva para além do pico de patentes de 1988, o conjunto de dados patentários sobre reciclagem de eletroeletrônicos segue o mesmo caminho.

De maneira clara, verificou-se que para cada um dos conjuntos de dados, tanto de patentes como de artigos científicos, a análise mostrou que para a reciclagem de eletroeletrônicos a implantação de uma política ambiental, e até mesmo a antecipação de uma regulação no setor, teve um efeito direto sobre a atividade inventiva capturada pelas patentes e a atividade acadêmica medida pelos artigos científicos publicados.

Peters et al. (2012), em pesquisa com método utilizado e objetivo semelhante aos de Taylor, Rubin e Hounshell (2005), obtiveram resultados que enfatizaram o valor explicativo das políticas de um conjunto de países (como, por exemplo, a Diretiva WEEE na União Europeia) sobre o produto inovador de um país, ou seja, mostraram que existem repercussões substanciais das políticas ambientais na inovação em nível de país. Peters et al. (2012) classificaram que, para o setor da tecnologia fotovoltaica, tanto as políticas de oferta bem como as de demanda foram fatores-chave na produção inovadora.

Neste sentido, a fim de se compreender melhor o caminho do patenteamento sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, e sua possível relação com eventos regulatórios no mundo, realizou-se uma busca mais complexa baseada em palavras-chave, que combinadas formaram uma expressão de busca padrão, para ser utilizada na Plataforma Questel Orbit. A partir disso, optou-se pela subcategorização da expressão em expressões menores dedicadas a um tipo de tecnologia, resultando, assim, em cinco expressões menores. Essas expressões de cada tipo de tecnologia, com os termos utilizados e a lógica booleana empregada, estão disponíveis no Apêndice A. Os resultados, com o número de patentes reivindicadas recuperadas em cada expressão, na Plataforma Questel Orbit, estão apresentados no Quadro 2, na seção de Introdução desta tese.

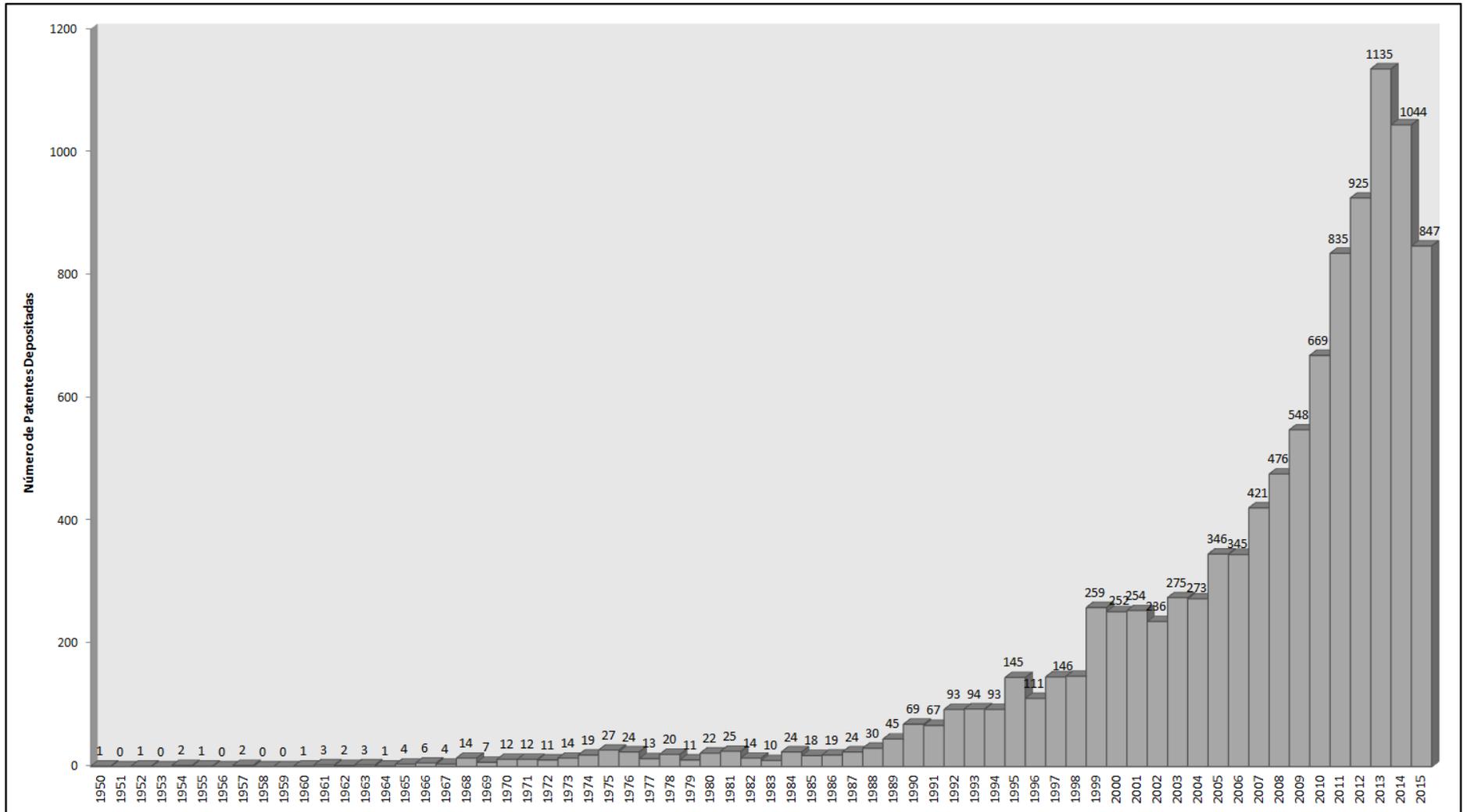
Para a compreensão de em que medida o patenteamento das tecnologias de produto e processo sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, assim como da reciclagem dos mais diversos materiais neles contidos, vem ocorrendo, foram analisados os registros de todas as patentes recuperadas nestas categorias somadas. Considerando que poderia haver patentes repetidas de uma categoria para outra, utilizou-se um mecanismo automático para a exclusão

dos registros repetidos. Consequentemente, foi gerado um conjunto de dados dessa somatória sem repetições totalizando **10.587 patentes**, depositadas entre 1950 e 2015.

Sendo assim, a análise da linha histórica de patenteamento dos registros de todas as categorias somadas (e excluídas as repetições) também demonstrou um reflexo dos resultados das políticas ambientais em curso de implementação em meados da década de 1990. Essas legislações internacionais (em especial, as discussões da Convenção de Basiléia) tentaram fornecer um mercado nacional de tecnologia de reciclagem de eletroeletrônicos e o comportamento do patenteamento parece seguir nessa movimentação política.

A Figura 2.5 ilustra a evolução linear do patenteamento a partir dos anos 1990. Visto que não foram obtidos registros de patentes entre 1900 e 1950, de 1950 a 1989 ocorreram 446 registros de patentes, enquanto que entre 1990 e 2002, foram 1.965 registros. O crescimento dos depósitos foi exponencial a partir dos anos 2000, com um pico marcante no ano de 2013 – logo após a divulgação das atualizações no texto da Diretiva WEEE, em 2012. Neste último período, entre 2003 e 2015, foram recuperados 8.176 registros de patentes.

Figura 2.5: Evolução do patenteamento (dos registros somados) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Peters et al. (2012), por meio da análise de seus resultados, demonstraram que as políticas ambientais são fatores-chave na produção inovadora no campo da tecnologia fotovoltaica (setor estudado pelos autores).

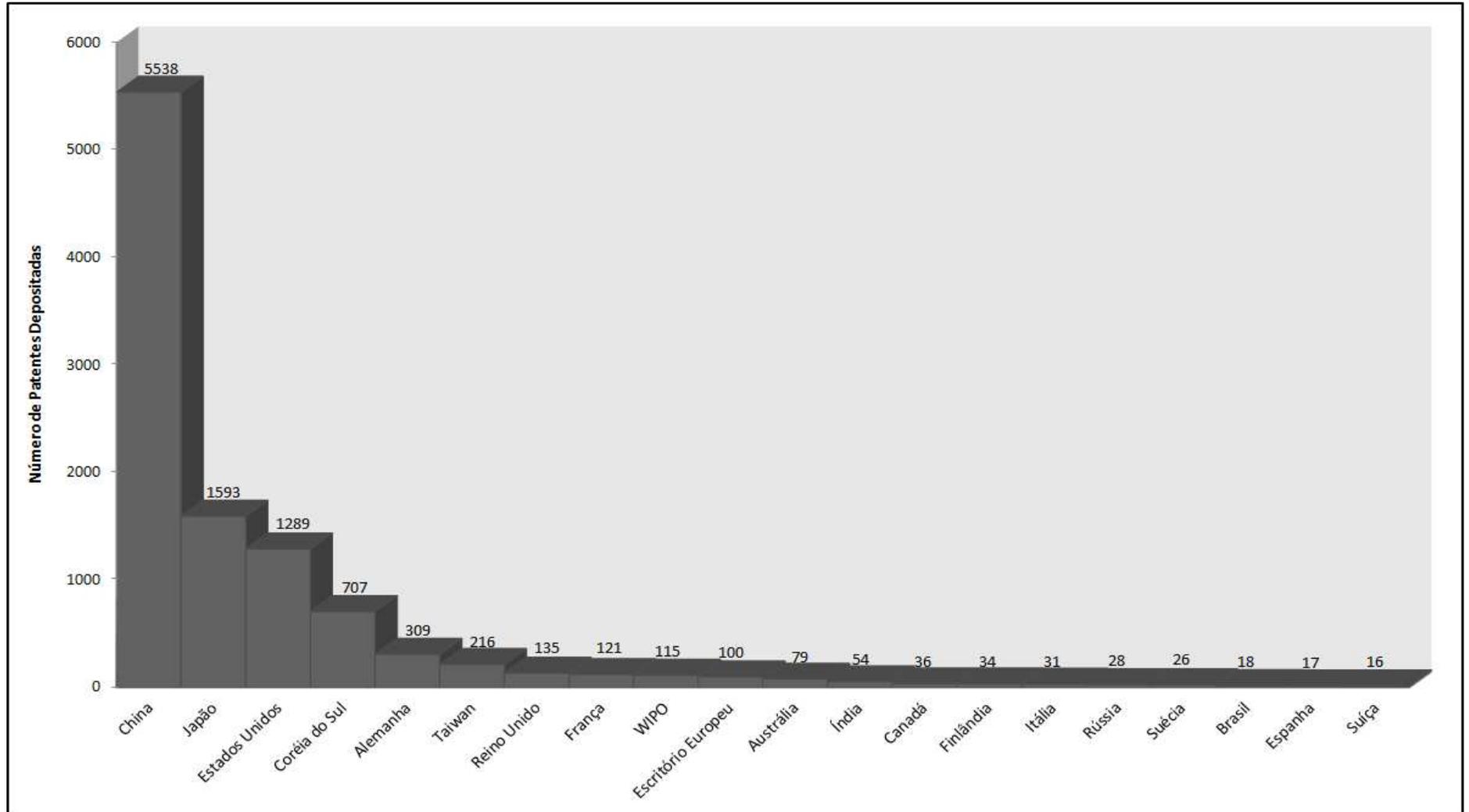
Conforme Peters et al. (2012) perceberam, e nosso conjunto de dados de patentes também indica, o crescimento do mercado induzido por política no exterior, tal como as Diretivas WEEE e RoHS, aparentemente, tem o mesmo efeito inovador em um país com crescimento do mercado doméstico provocado por políticas ambientais.

Entretanto, alguns países podem não conseguir capitalizar suficientemente suas políticas, devido às características do sistema local de inovação. Por exemplo, enquanto a expertise em tecnologias de semicondutores é benéfica para a criação de uma indústria fotovoltaica de sucesso, esse pode não estar sendo o foco para o desenvolvimento tecnológico na Alemanha. Em contrapartida, China e Taiwan tornaram-se líderes na área de fabricação de semicondutores e aproveitaram esse conhecimento para a produção de módulos fotovoltaicos (PETERS et al., 2012).

Quando os dados foram analisados a fim de serem obtidos os contribuintes para a inovação, ou seja, de saber quais são os países de prioridade para os depositantes das tecnologias, considerando este conjunto de dados da somatória total (e excluídas as repetições) das patentes, os países que depositaram mais pedidos de patentes, e principais intervenientes no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, foram China, Japão e Estados Unidos. A Figura 2.6 ilustra esse índice com o número de patentes reivindicadas nos países de prioridade.

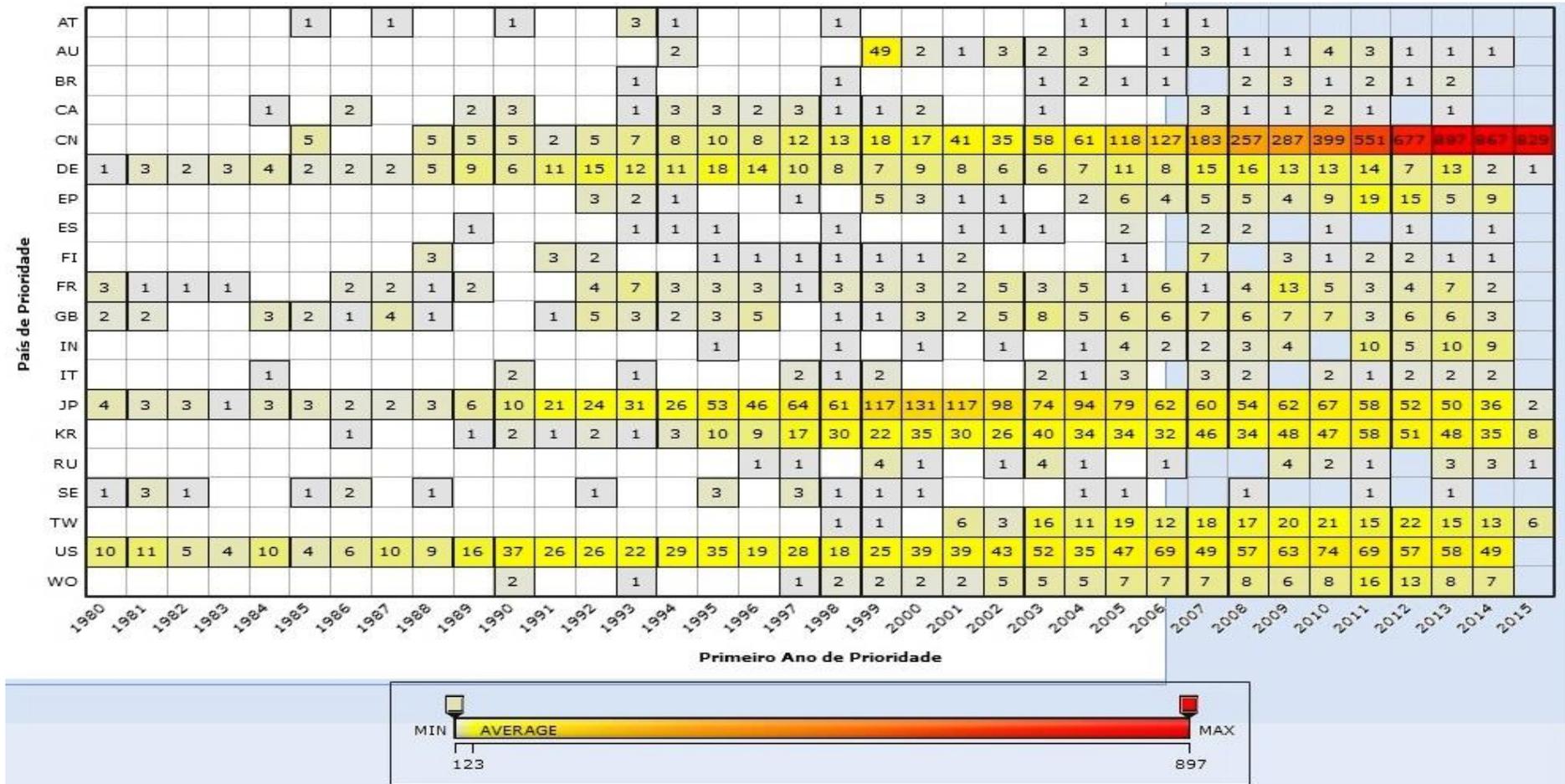
Tendo em vista os altos índices de patenteamento de China, Japão, Estados Unidos, Coreia do Sul e Alemanha, as Figuras 2.7 e 2.8 ilustram detalhadamente a evolução das atividades de patenteamento dos trinta países com mais patentes reivindicadas e destes cinco primeiros países do ranking, respectivamente.

Figura 2.6: Ranking dos países de prioridade, na somatória geral, dos documentos sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

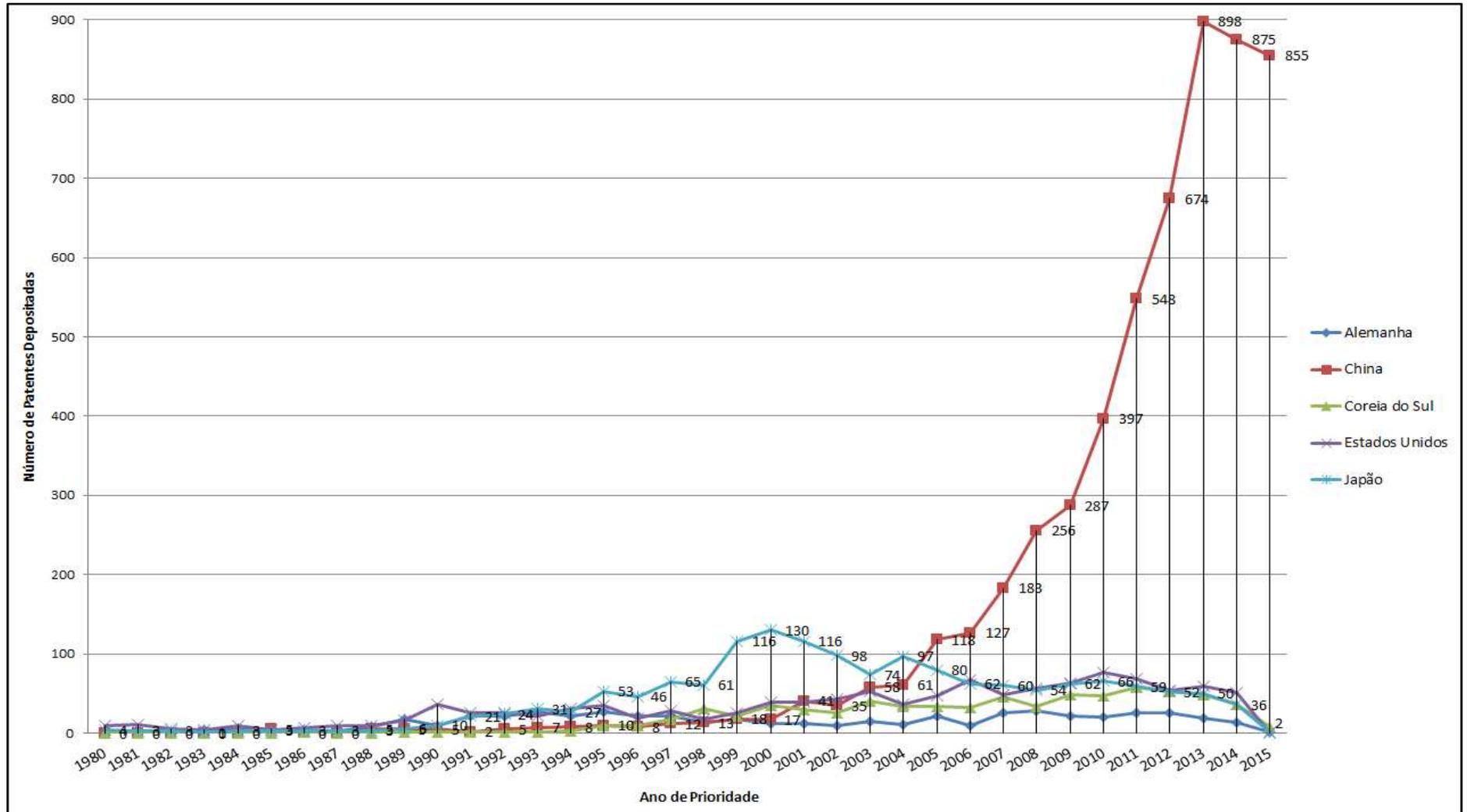
Figura 2.7: Evolução das patentes reivindicadas nos países de prioridade⁶¹, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

⁶¹ Siglas dos países: AT (Áustria), AU (Austrália), BR (Brasil), CA (Canadá), CN (China), DE (Alemanha), EP (Escritório Europeu), ES (Espanha), FI (Finlândia), FR (França), GB (Reino Unido), IN (Índia), IT (Itália), JP (Japão), KR (Coreia do Sul), RU (Rússia), SE (Suécia), TW (Taiwan), US (Estados Unidos), WO (WIPO).

Figura 2.8: Evolução do patenteamento dos países de prioridade Top5 para o período de 1980 a 2015, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Assim, considerando os altos e baixos nos depósitos de patentes, ou seja, a variação da atividade de patenteamento ao longo dos anos – e, conseqüentemente, da atividade inovadora – dos países em questão, e tendo como pressuposto de que a incerteza é a falta de informações necessárias para executar uma determinada tarefa (LEE et al., 2010), percebe-se nas cronologias de depósitos de patentes que a indústria enfrentou um período de incerteza tecnológica elevada que só foi resolvido quando um conjunto de novas soluções finalmente chegou ao mercado.

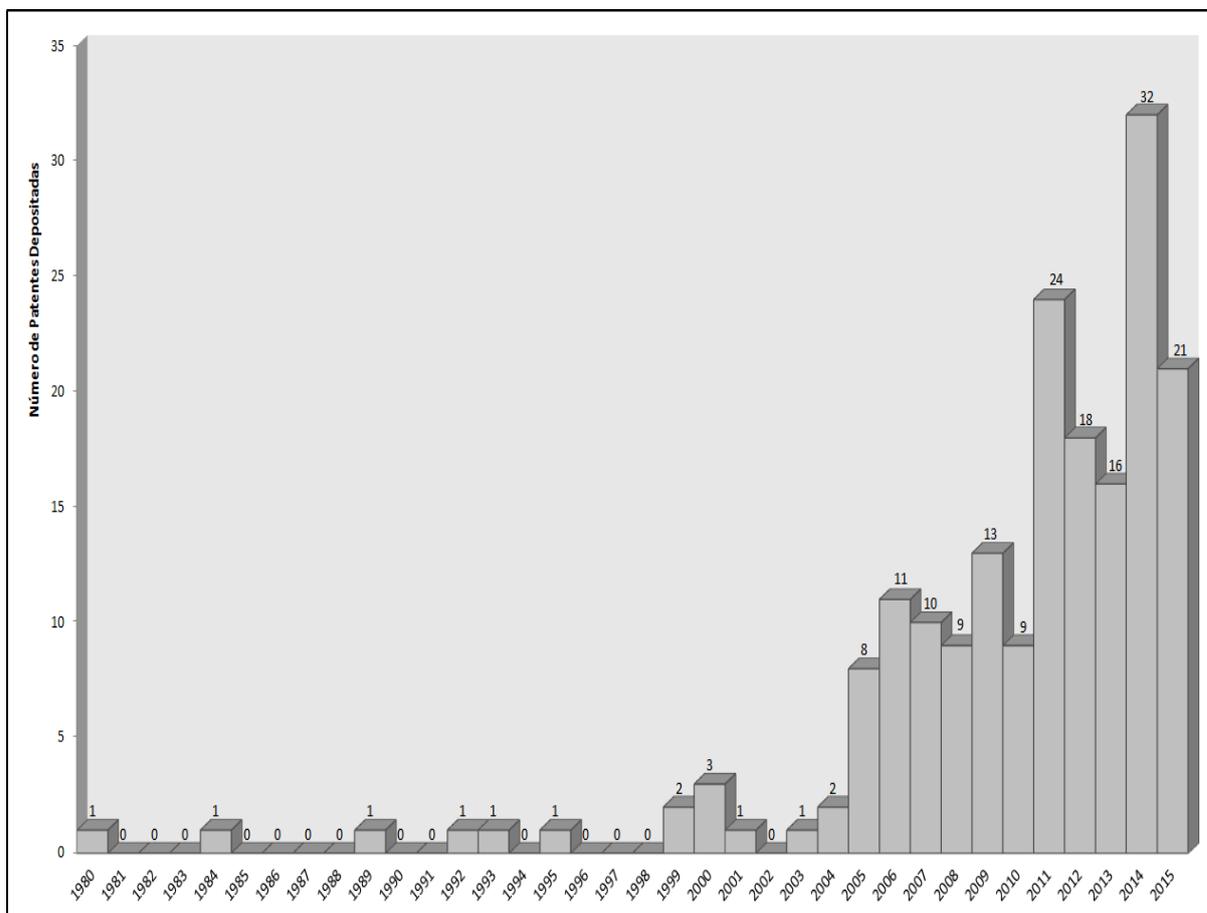
A indústria sente menos controle sobre a probabilidade dos resultados dos eventos. Em primeiro lugar, porque ainda não existiam soluções tecnológicas satisfatórias para as exigências regulatórias; e, portanto, as empresas eram livres para determinar qual caminho tecnológico seguir para desenvolver uma nova tecnologia capaz de satisfazer as normas em questão. Em segundo lugar, a probabilidade de sucesso para o caminho tecnológico escolhido é desconhecida; e, por último, a reação do mercado à nova tecnologia não é conhecida (LEE et al., 2010).

Neste sentido, as incertezas sobre as soluções tecnológicas teriam induzido as empresas a inovar para atender com sucesso às exigências regulatórias para chegar à frente de concorrentes no mercado. Assim, considerando um quadro regulatório bem elaborado e estruturado, segundo Lee et al. (2010), as regulações que forcem a tecnologia são aquelas que obrigam as empresas a atender aos padrões de desempenho que vão além das capacidades técnicas existentes na indústria ou a adoção de tecnologias específicas que não foram totalmente desenvolvidas. Essa sucessão de eventos e esforços inovadores ficou clara quando da análise das atividades de patenteamento, pois o número de depósitos aumentou conforme foi ocorrendo a implantação de uma série de legislações sobre o tema.

O conjunto de dados de patentes resultante da busca com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE, identificou **186 patentes** relevantes reivindicadas entre 1980-2015. A Figura 2.9 ilustra a cronologia do depósito das patentes para essa expressão. Vale ressaltar que estas patentes são representadas graficamente pela sua data de depósito (correspondente à primeira data de prioridade), pois esta é a data mais próxima que pode ser atribuída à realização de uma invenção com base nos dados publicados em uma patente.

O comportamento do patenteamento com picos significativos de depósitos indicam, aproximadamente, os períodos de eventos legislativos e regulamentares, sendo que os mais altos níveis de atividade de patenteamento ocorreram em meados de 2000 e 2010. Esse comportamento segue em cada categoria analisada individualmente.

Figura 2.9: Cronologia das patentes da expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).

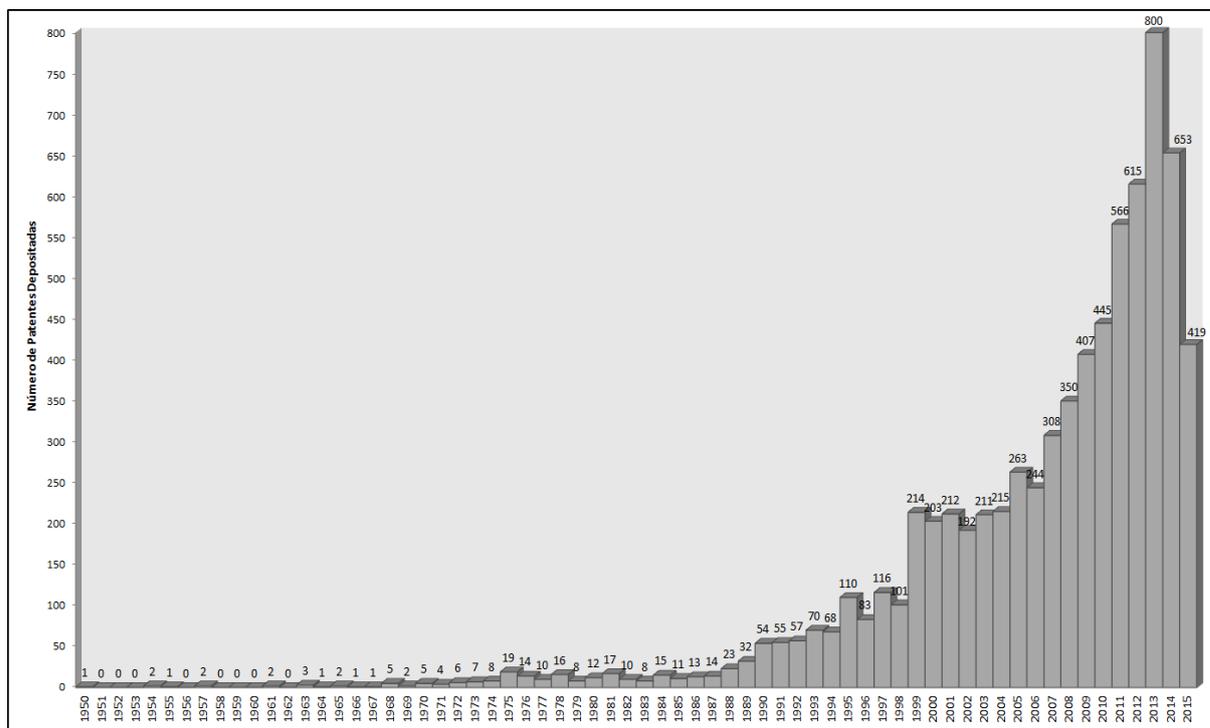


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit

As figuras 2.10, 2.11 e 2.12 ilustram a cronologia dos depósitos de patentes para a expressão (A) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, expressão (C) sobre reciclagem de metais presentes nos REEE e para a expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE.

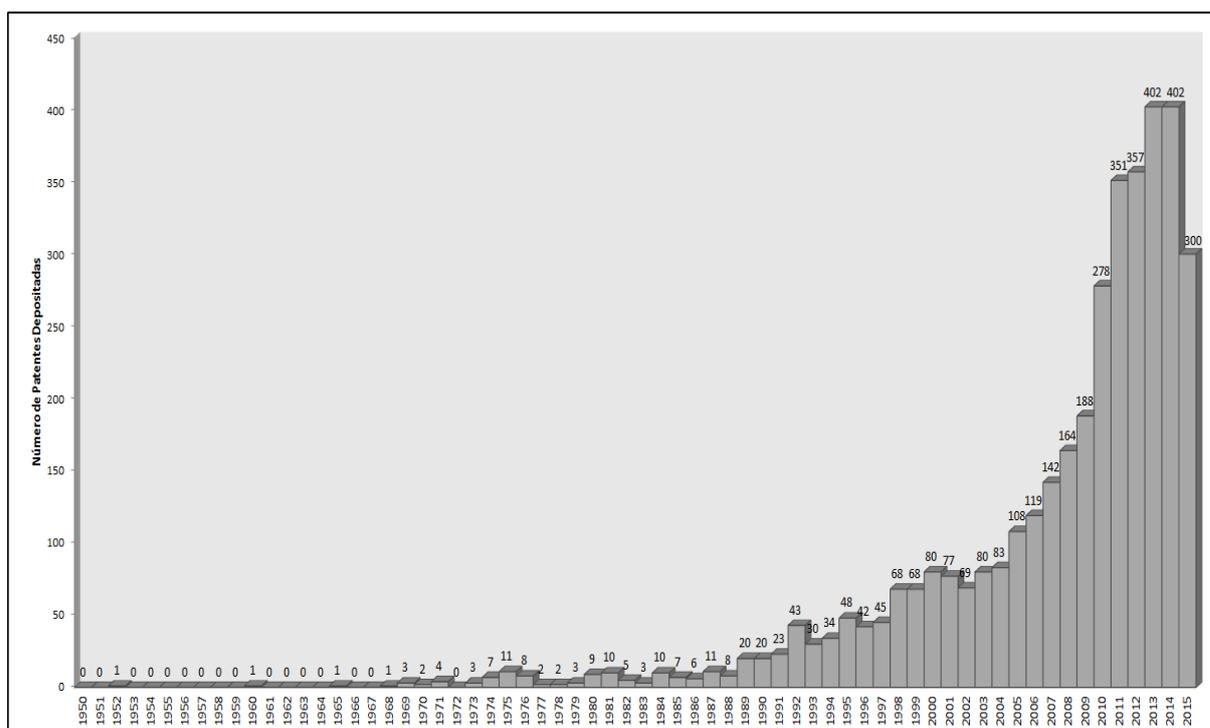
Como demonstrado nessas figuras, a presença de altos níveis de atividade de patenteamento nas décadas de 1990, 2000 e 2010 (e ênfase no ano de 2012) sugere o fato, explorado por Taylor, Rubin e Hounshell (2005), de que esses picos representem verdadeiras “rajadas” em atividades de patenteamento, o que indica a diminuição das incertezas frente à presença de mudanças por eventos externos relevantes para a tecnologia patenteada.

Figura 2.10: Cronologia do depósito de patentes da expressão (A) sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



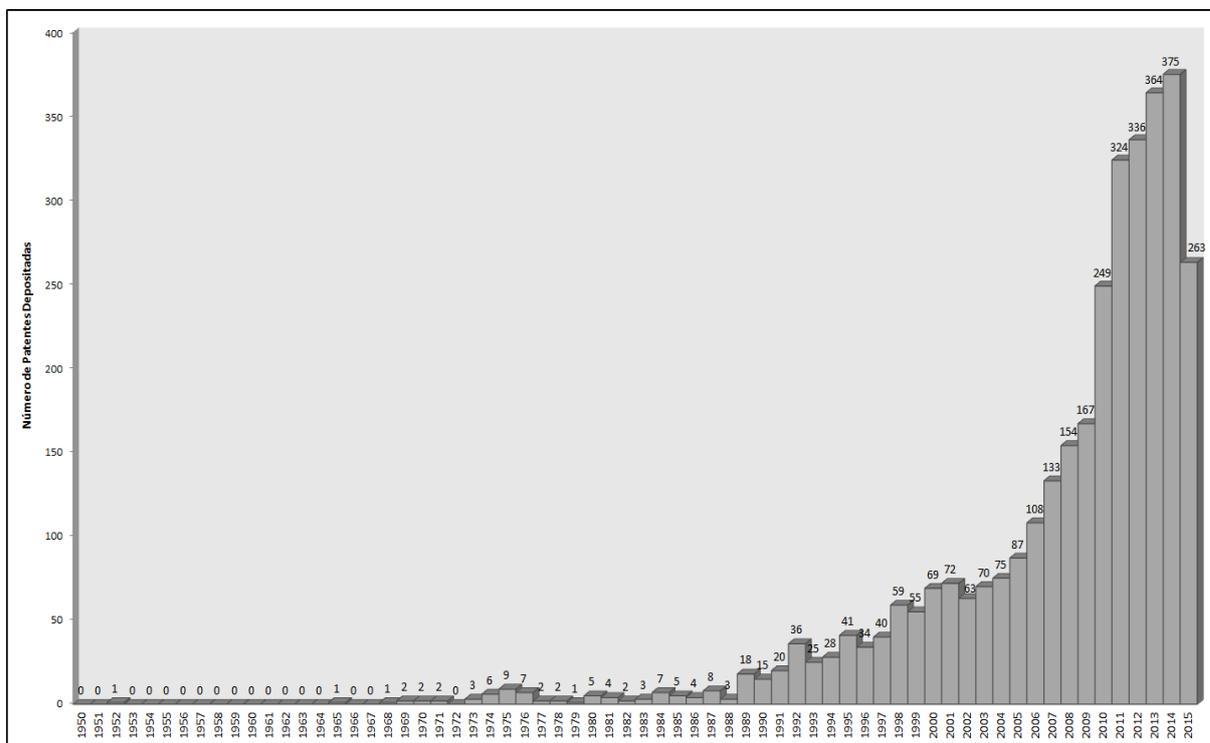
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Figura 2.11: Cronologia do depósito de patentes da expressão (C) sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Figura 2.12: Cronologia do depósito de patentes da expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Assim como no estudo de Taylor, Rubin e Hounshell (2005), no qual especialistas entrevistados apoiaram a ideia de que a antecipação da revisão de certa legislação relacionada ao controle de emissões de SO_2 (a *Clean Air Act Amendments*) no meio da década de 1980 (em 1987, a CAA Try) dirigiu a atividade inventiva para além do pico de patentes de 1988, o conjunto de dados patentários sobre reciclagem de eletroeletrônicos segue o mesmo caminho.

De maneira clara, verificou-se que para cada um dos conjuntos de dados de patentes, incluídos tanto os dados categorizados como os dados gerais somados, a análise dos resultados mostrou que para a reciclagem de eletroeletrônicos, a implementação de políticas ambientais e a antecipação na divulgação de uma nova regulação aparentam ter um efeito mais direto sobre a atividade inventiva, capturada pelas patentes, do que as atividades governamentais de oferta de tecnologia⁶².

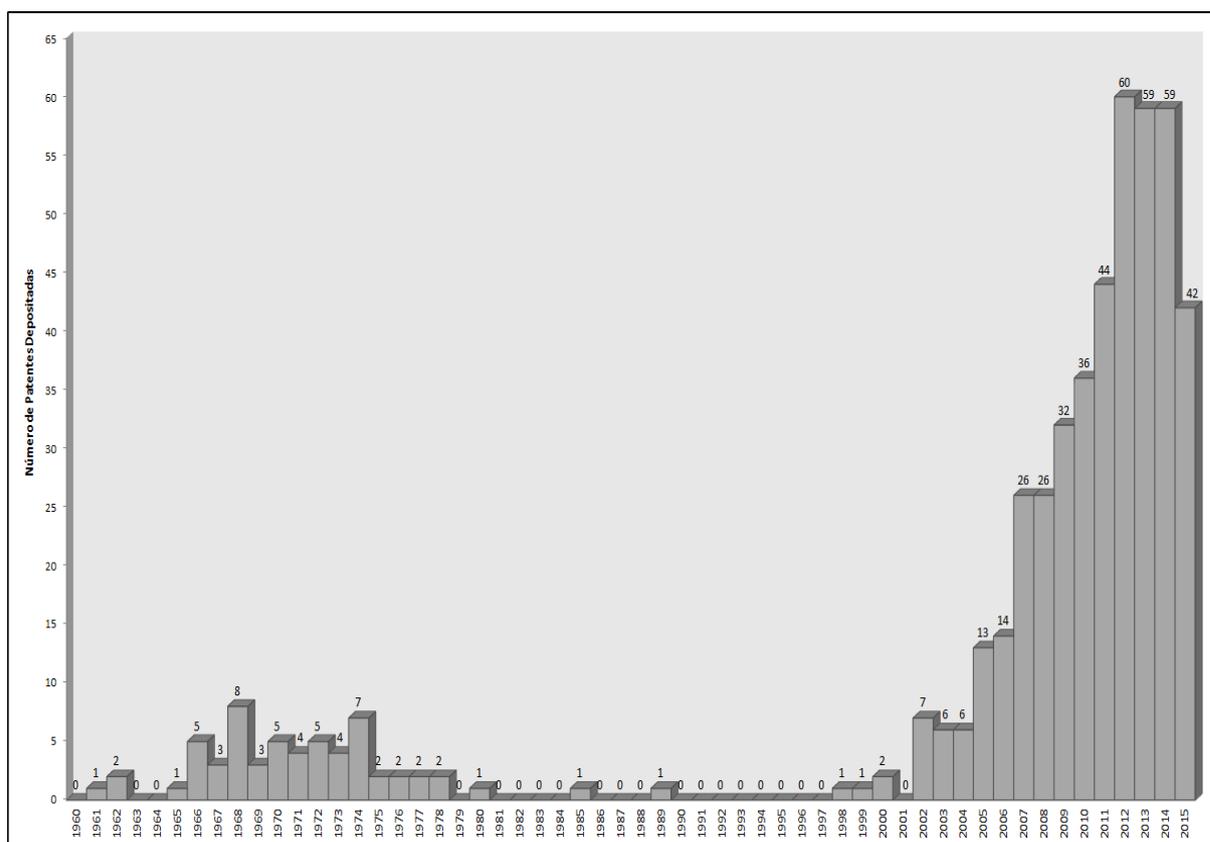
Conforme Peters et al. (2012) perceberam, e nosso conjunto de dados de patentes também indica, o crescimento do mercado induzido por política no exterior, tal como as

⁶² Os efeitos das ações nacionais sobre dado setor só podem ser confirmados por meio de dados sobre os investimentos públicos e privados, que não foi analisado neste estudo.

Diretivas WEEE e RoHS, aparentemente, tem o mesmo efeito inovador em um país com crescimento do mercado doméstico provocado por políticas ambientais.

Com relação à menção de políticas de regulação de descarte e reciclagem de resíduos eletroeletrônicos nas patentes reivindicadas (abarcadas pela expressão (E)) foram recuperados 493 documentos. A evolução dos depósitos de patentes nesta categoria difere das demais, pois apresenta pequenos registros patentários no início da década de 1960 (e nenhum antes disso), com um pico em 1968, e pequena variação de registros até novo pico em 1974. Ademais, os registros só voltaram a apresentar crescimento expressivo na década de 2000, sendo que a partir de 2002 os registros seguem em crescimento geométrico até o pico máximo registrado em 2012, seguido de níveis estáveis de depósito de patentes com menção a políticas ambientais em seu conteúdo. Esses dados estão ilustrados na Figura 2.13.

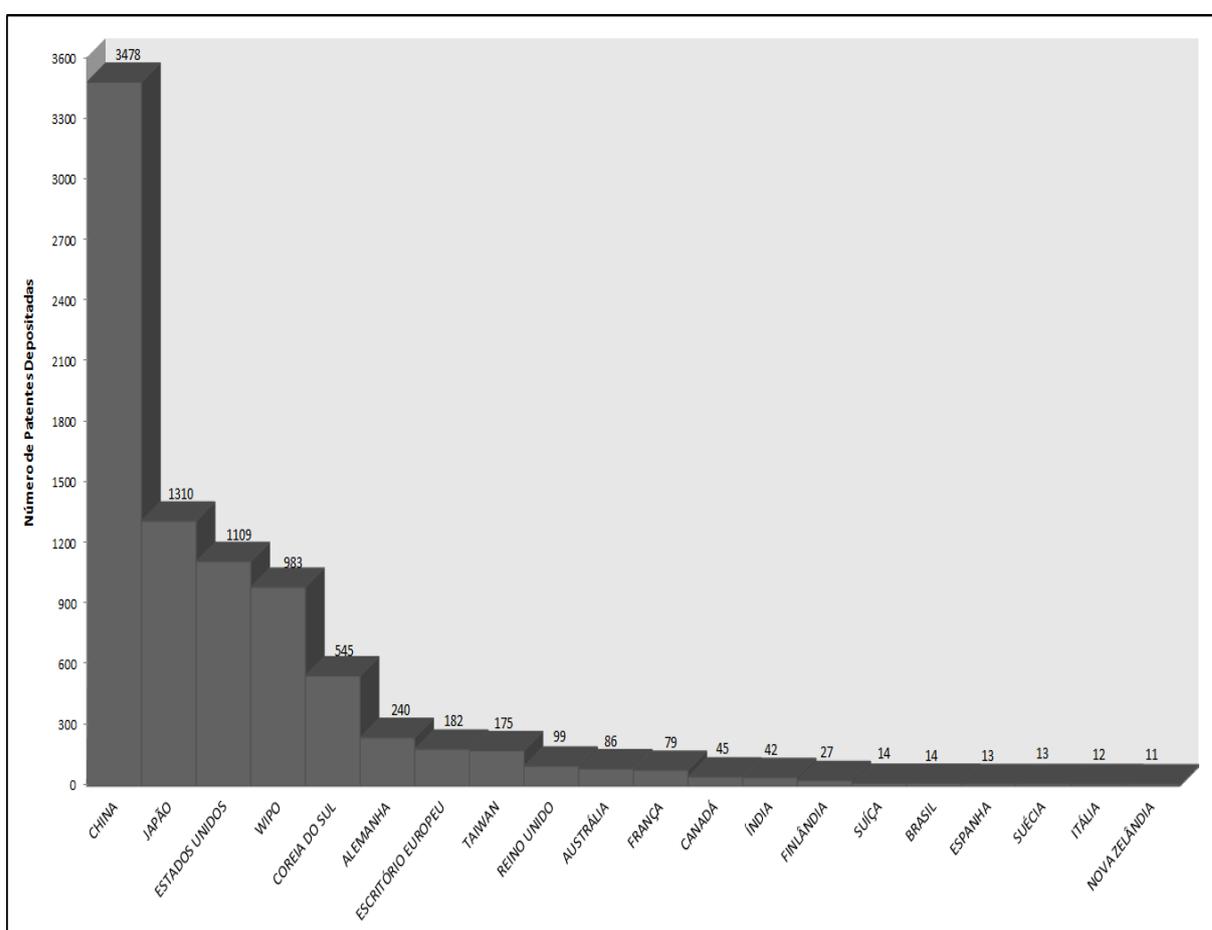
Figura 2.13: Cronologia das patentes da expressão (E) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem de resíduos na Plataforma Questel Orbit (1960-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A tendência de patenteamento de China, Japão e Estados Unidos, apresentada pela somatória dos dados, foi seguida quando da categorização dos dados. As Figuras 2.14, 2.15 e 2.16 ilustram os rankings de países que patentearam na expressão (A) sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, da expressão (C) sobre reciclagem de metais contidos nos REEE e da expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos.

Figura 2.14: Ranking dos países de prioridade da expressão (A) sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (1950-2015).



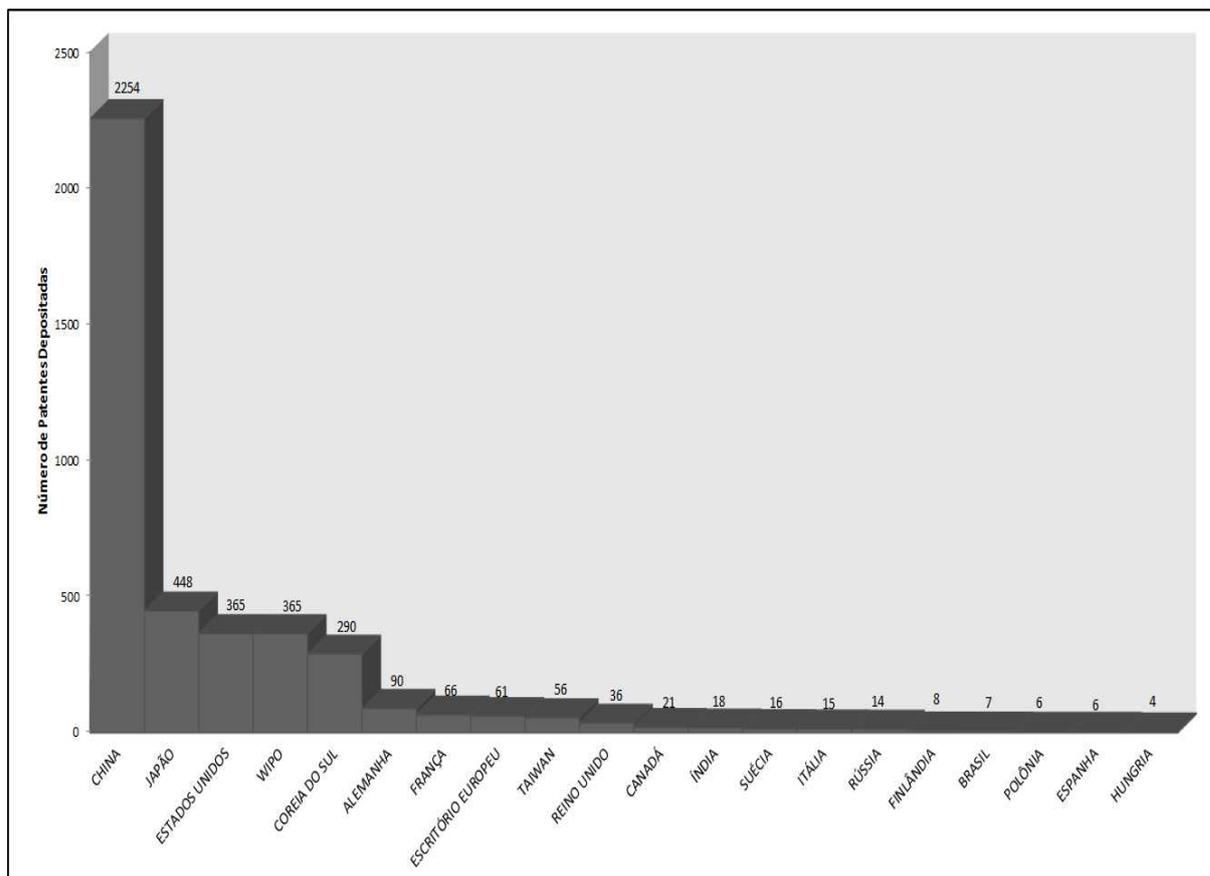
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Nos três rankings, a China detém mais que o dobro de patentes que o segundo colocado, Japão, como representado na Figura 2.14 pelos 3.478 registros da China contra os 1.310 documentos de Japão.

Já nos casos das patentes sobre reciclagem dos metais contidos nos REEE (expressão (C)) e dos plásticos (expressão (D)), o número de registros provenientes da China (2.254, em

(C) e 2.040, em (D)) é cinco vezes maior que o de Japão (448, em (C) e 384, em (D)). Esses números podem ser verificados nas Figuras 2.15 e 2.16.

Figura 2.15: Ranking dos países de prioridade da expressão (C) sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

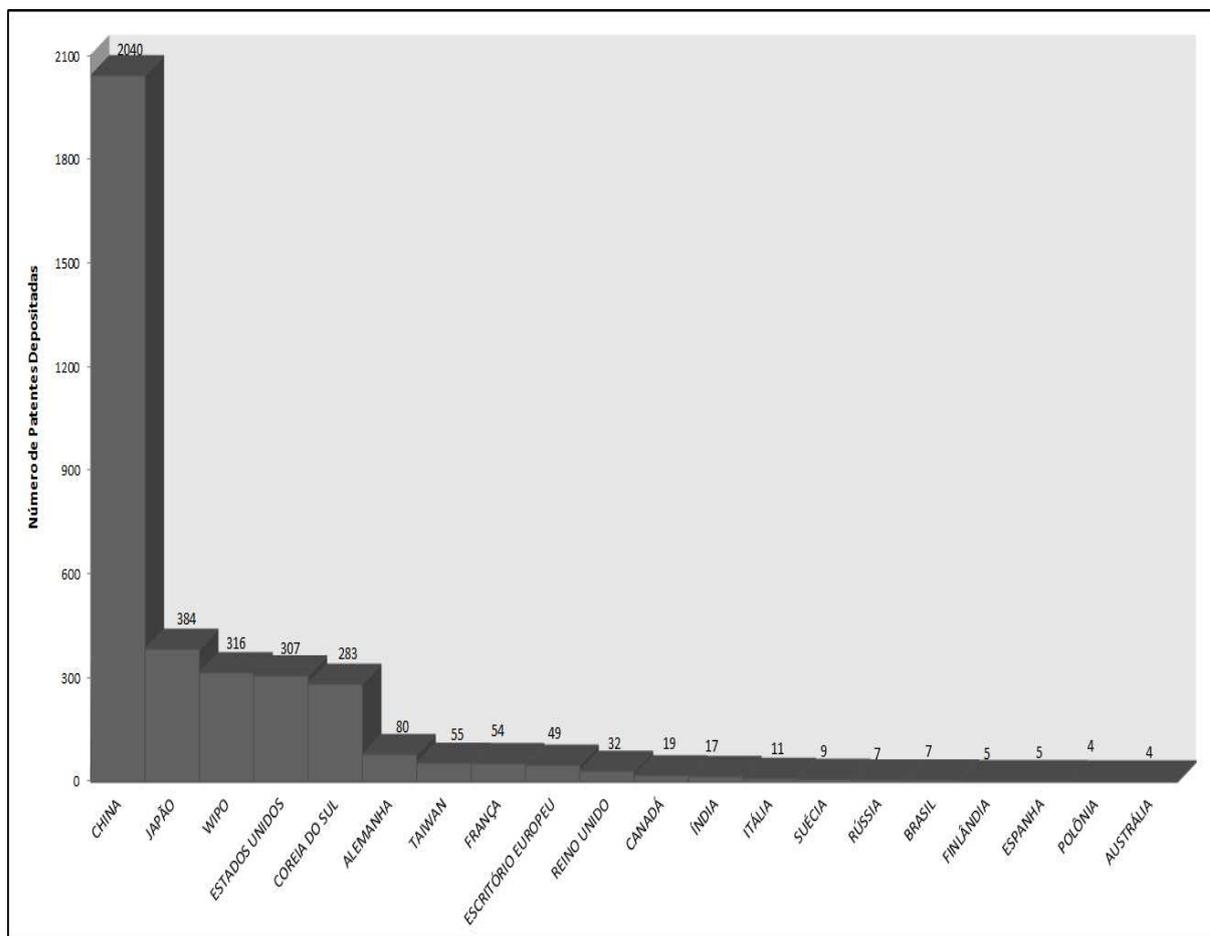


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Por sua vez, Estados Unidos segue no terceiro lugar nos três rankings, com 1.109 patentes para a expressão (A), 365 registros para a expressão (C) e 307 documentos para a expressão (D). Nesta última, (D), é importante chamar a atenção para a presença de grande quantidade de patentes reivindicadas pelo Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT)⁶³ no escritório internacional da WIPO – 316 registros. Esses pedidos auxiliam quando da busca de proteção internacional das inovações, pois podem procurar simultaneamente a proteção de uma invenção em 148 países em todo o mundo.

⁶³ Mais detalhes, sobre o depósito de patentes via PCT, podem ser consultados em: <http://www.wipo.int/pct/pt/>. Acesso em: 7 Jun. 2016.

Figura 2.16: Ranking dos países de prioridade da expressão (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

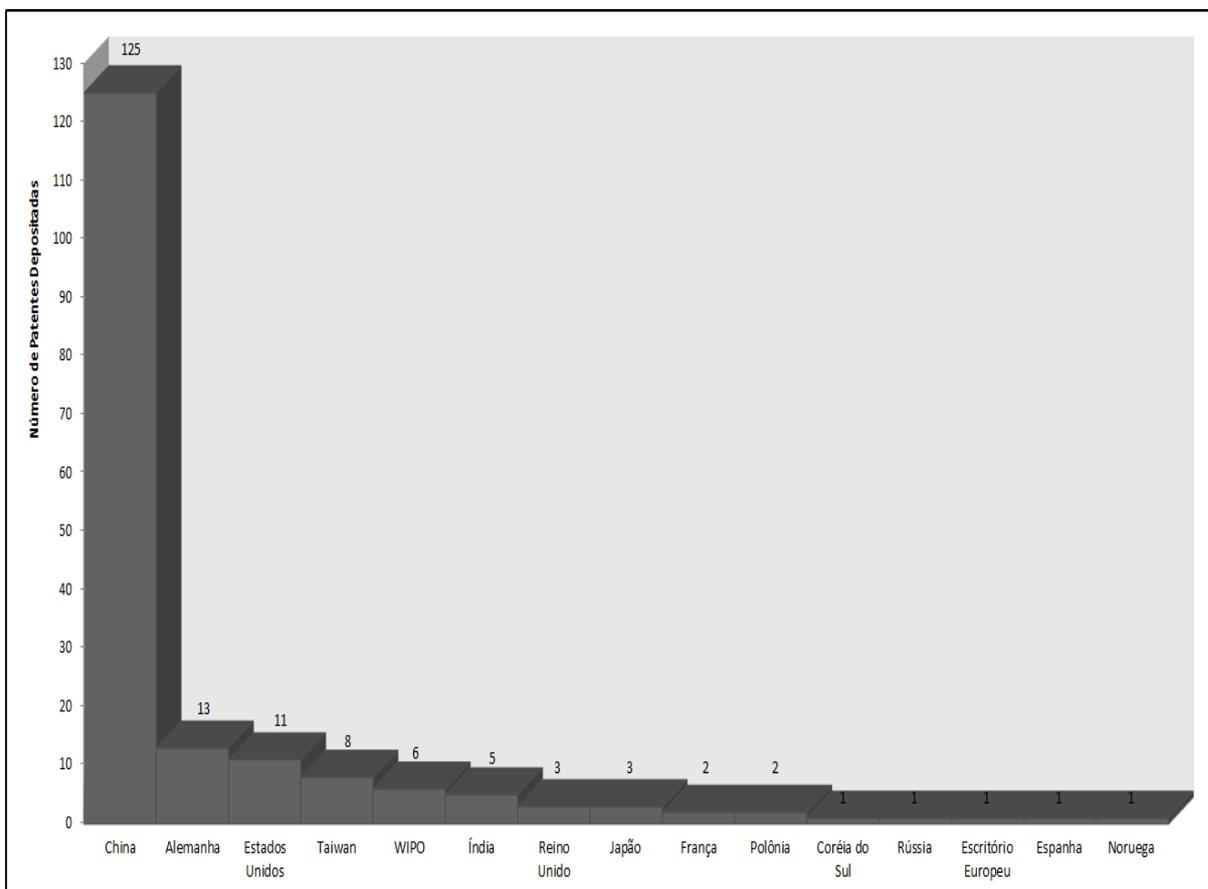


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

O depósito de patentes sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (objetivado pela expressão (B)) foi liderado pela China como país de prioridade. Ao contrário dos demais, neste caso o Japão, que marcou a segunda posição nas demais categorias, depositou apenas três patentes e ficou em oitavo neste ranking. A Figura 2.17 ilustra a diferença entre os depósitos da China (com 125 patentes) para os demais, sendo que a Alemanha ficou em segundo lugar, tendo depositado treze patentes.

Da Figura 2.14 à Figura 2.17 foi possível notar a presença de registros no Escritório Europeu (EPO). Os depósitos no EPO seguem o mesmo caminho de proteção que os registros na WIPO, entretanto, neste caso, a proteção se limita aos países pertencentes à União Europeia. Por isso, a diferença entre reivindicar a proteção da invenção diretamente em determinado país ou nos escritórios locais está no quanto a invenção estará protegida geograficamente – se somente no país ou se em um conjunto de países.

Figura 2.17: Ranking dos países de prioridade da expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Conforme ilustrado na Figura 2.17, Taiwan e Índia se destacaram entre os cinco países que mais depositaram patentes, recuperadas com a expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE. Neste sentido, o Quadro 2.5 apresenta o título das patentes depositadas na Índia, assim como os depositantes dessas tecnologias.

Dentre as cinco patentes de tecnologias depositadas pela Índia, três delas tratam de tecnologias de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, sendo um método para administrar e processar resíduos eletrônicos para a recuperação de materiais valiosos, um sistema para a recuperação sustentável de metais a partir de lixo eletrônico e um método e aparelho para remoção de componentes. As demais patentes referem-se à utilização de resíduos eletroeletrônicos reconicionados como parte de peças e componentes na construção de um purificador de ar e um refrigerador.

Quadro 2.5: Patentes de depositantes da Índia para a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

DEPOSITANTE	TÍTULO	NÚMERO DO PROCESSO
Department of Information Technology	A method to manage and process electronic waste for recovering valuable materials	IN2069/DEL/2009
Peethambaram Parthasarathy	System for the sustainable recovery of metals from electronic waste	IN1751/CHE/2006
Attero Recycling; Attero Recycling Pvt	Method and apparatus for component removal	WO2012143951
Peethambaram Parthasarathy	A novel air purifier	IN0482/CHE/2005
Peethambaram Parthasarathy	A novel room cooler	IN0483/CHE/2005

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

No caso de Taiwan, foram depositadas oito patentes sobre controladores e método para tratamento de resíduos de aparelhos elétricos descartados, sistema e método para recuperação fotoelétrica de módulos fotovoltaicos, e processo de galvanização de material metálico proveniente de sucata eletrônica. O Quadro 2.6 apresenta o título e o depositante das patentes depositadas em Taiwan para a expressão (B) sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE.

Quadro 2.6: Patentes de depositantes de Taiwan para a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

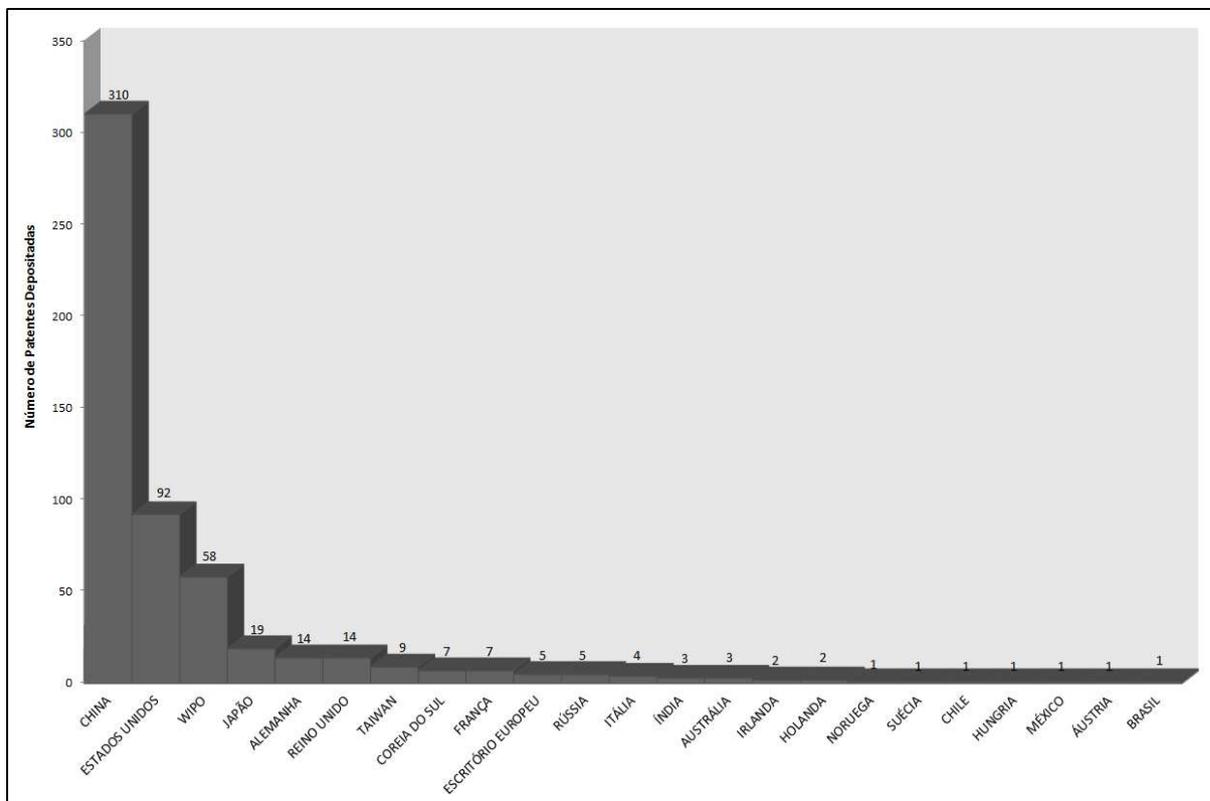
DEPOSITANTE	TÍTULO	NÚMERO DO PROCESSO
Shieh Shien-Chii	Controlling and processing method for waste and discarded electric appliances	TW200945239
Mitac	System and operation flow thereof for factory certification as a whole	TW200625126
Weiti Industry; Wintell Led Lighting	Photoelectric recovery system and method thereof	TW201310887
National Taiwan University	Positive and negative dual function magnetic resist lithography	TW200741359
National Taichung University Science & Technology	Management platform for RFID smart cloud shopping	TW201421394
Wormhole Technologies	Anti-fake system for test report and method thereof	TW200910898
Hotoco Entpr	Electroplated structure of metal material	TWM300678
Hotoco Entpr	Metal material galvanization process	TW200801249

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A partir desses elementos patentários, percebeu-se que os países presentes nos rankings de patentes estão de fato envolvidos com a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias sobre a gestão e a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

O principal contribuinte das tecnologias patenteadas na categoria (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem desses resíduos, também foi a China, com 330 patentes (do total de 493). O segundo maior contribuinte, mas muito aquém nesta relação de países, foi EUA, com 92 patentes (a Figura 2.18 ilustra esse ranking).

Figura 2.18: Ranking dos países de prioridade da expressão (E) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem (1960-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

2.4 Regulação e inovação: o caso da China

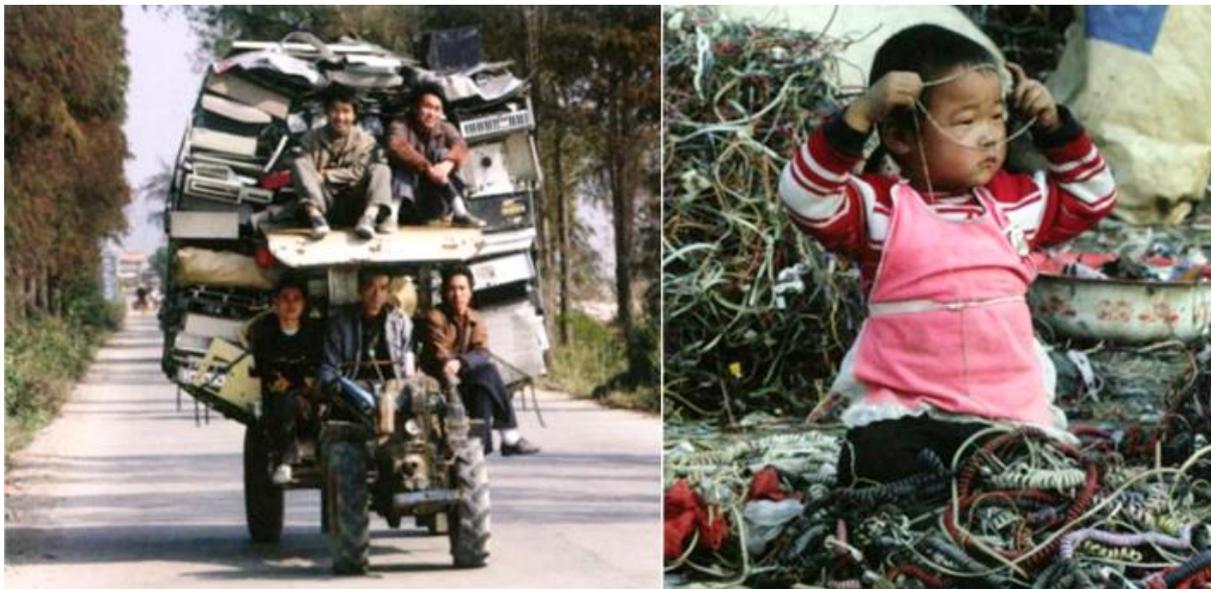
Esta seção discute, mediante revisão de literatura com estudos do caso chinês, o porquê de a China ter liderado os rankings de depósitos de patentes sobre reciclagem e tratamento de resíduos eletroeletrônicos. A questão que orientou esta discussão é como a China passou de um simples destino e paraíso de poluição a líder do ranking mundial de inovação e desenvolvimento tecnológico sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

Segundo Tong e Yan (2013), os fluxos globais de REEE têm estimulado o crescimento e a concentração de atividades de reciclagem destes materiais na China costeira desde meados da década de 1980. Tal crescimento da reciclagem de REEE ocorreu em paralelo com o aumento na produção de eletrônicos, que refletiu na localização dos diferentes segmentos da cadeia global de produtos eletrônicos que evoluiu para um regime técnico voltado para a inovação e ciclos de vida mais curtos.

O problema dos REEE atraiu a atenção do público, inicialmente, com a publicação de fotos da poluição causada pela reciclagem informal de lixo eletrônico importado nas zonas

rurais do sul da China pela Basel Action Network, em 2005. A Figura 2.19 ilustra o transporte informal do lixo eletrônico e a presença de crianças nos aterros digitais em Guiyu (China).

Figura 2.19: Transporte informal de lixo eletrônico e criança em aterro digital na China.



Fonte: Behring (2007, p. 76 e 78).

Apesar de as atividades informais de reciclagem de REEE em Guiyu serem coordenadas e organizadas em tarefas específicas — visto que oficinas especializadas no desmantelamento de equipamentos não podem fazer o cozimento de placas de circuitos ou o reprocessamento de plásticos e metais — e ser bem estabelecida na cidade — entre 60 e 80% das famílias da cidade estão envolvidas nas operações de reciclagem de REEE, conduzidas por oficinas familiares de pequena escala, somam-se em aproximadamente 100.000 o número de trabalhadores migrantes empregados no setor — os impactos na saúde e no meio ambiente não são menores⁶⁴.

Xia et al. (2007), pesquisadores da Shantou University Medical College, na China, compararam os níveis de chumbo presentes no sangue de crianças que viviam na cidade de Guiyu, onde são realizadas atividades informais de reciclagem de REEE, a outras crianças moradoras da cidade vizinha, Chendian. Como esperado, os níveis de chumbo entre as crianças analisadas em Guiyu foram muito maiores do que os níveis das crianças de Chendian.

⁶⁴ Sobre as consequências da reciclagem informal de REEE ao meio ambiente em relação aos níveis de dioxinas emitidos na atmosfera na China, ver Bin, Minghui e Guibin (2011).

Considerando a definição do Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos EUA (*Centers for Disease Control and Prevention – CDC*) de que os níveis de chumbo no sangue são elevados quando maiores ou iguais a 10 $\mu\text{p/dL}$, em crianças com seis anos de idade ou menos, 88% das crianças em Guiyu apresentaram níveis de chumbo no sangue maiores que 10 $\mu\text{p/dL}$, enquanto 38% das crianças em Chendian tinham esses níveis altos. Dentre esses 88% de crianças com níveis de chumbo acima do limite recomendado pelo CDC, 20% estavam com 20 $\mu\text{p/dL}$ de chumbo no sangue, sendo que algumas crianças apresentavam 45 $\mu\text{p/dL}$ (XIA et al., 2007).

Além disso, foram observadas tendências de aumento dos níveis de chumbo no sangue conforme o aumento na idade das crianças em Guiyu, ou seja, crianças mais velhas tendiam a ter níveis de chumbo maiores que as mais jovens. Este fato poderia ser resultado do aumento do risco de exposição, visto que crianças mais velhas têm mais atividades ao ar livre. Somado a isso, os autores suspeitaram que o aumento pudesse estar associado também ao fato de que as maiores zonas de contaminação por chumbo estão no ar, logo após a queima do REEE ao ar livre, a uma altura que varia entre 75 e 100 cm acima do chão, que corresponde à faixa de altura das crianças chinesas normais entre cinco e seis anos de idade (XIA et al., 2007).

Como consequências do processo artesanal de reciclagem, Xia et al. (2007) perceberam que, de maneira geral, os residentes em Guiyu apresentavam altas taxas de incidência de lesões na pele, dores de cabeça, vertigens, náuseas, gastrite crônica e úlceras gástricas e duodenais, diretamente relacionadas ao processamento e a reciclagem inadequada do lixo eletrônico.

Para Tong e Yan (2013), como importante produtor de produtos eletrônicos e principal destino dos fluxos internacionais de resíduos eletroeletrônicos no mundo, a partir dos anos 2000, vinha sendo esperado que a China participasse diretamente da evolução da governança global com base na ideia da responsabilidade estendida do produtor (EPR), fosse para criar novas maneiras dos produtores executarem estratégias de fim de vida, ou para reformular o modo de produção e consumo com o rápido crescimento do mercado.

Tong e Yan (2013) analisaram o cenário e as tendências da criação do sistema EPR de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos na China, além de terem caracterizado as interações entre os agentes na evolução do sistema chinês, desde a concepção inicial do regime de gestão orientado para a inovação, até a versão atual, orientada para a eficiência. Os autores realizaram essas análises com base em observação participante nas reuniões de discussão e elaboração da política que ocorreram no Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT) de 2003 a 2013.

A EPR é uma abordagem de política ambiental em que a responsabilidade física e financeira do produtor para um produto é estendida a sua fase pós-consumo (OCDE, 2001). Segundo Tong e Yan (2013, p. 199), a responsabilidade estendida do produtor atribuiu uma responsabilidade significativa aos produtores para recolherem seus produtos em fim de vida, e criou incentivos para a reformulação de produtos com menores impactos ambientais.

Sendo assim, com a promulgação da diretiva WEEE da União Europeia, em 2002, a tensão entre os produtores chineses aumentou. Como resposta, a China emprestou a ideia de EPR para construir seu próprio sistema de gestão de REEE, baseando-se principalmente em uma abordagem de cima para baixo (*top-down*) pelo governo central.

Para isso, a China precisou lidar com seus próprios desafios – o novo regulamento não poderia reduzir a competitividade da indústria eletrônica chinesa, que é um dos maiores setores de exportação do país, durante a construção de um novo setor de reciclagem a partir do grande número de redes de compradores (de base familiar) de lixo urbano e aglomerados de recicladores rurais. Sem uma mudança fundamental no regime, estes dois desafios dificilmente poderiam ser abordados em conjunto, porque, sob o princípio EPR, o custo da formalização do setor de reciclagem iria, inevitavelmente, aumentar os encargos dos produtores (TONG; YAN, 2013, p. 200).

Como uma estratégia destinada a promover a integração dos custos ambientais associados aos produtos ao longo de seu ciclo de vida para o preço de mercado, a EPR foi vista pelos seus inventores como um motor importante para a inovação verde, pois poderia melhorar a reciclagem dos produtos pós-consumo e levar a mudanças de regime, tanto em nível setorial como social. Como exemplo disso, ocorreu sua utilização como veículo de promoção da inovação na concepção do produto ao incentivar mudanças nas funções dos produtos de forma mais eficiente como, por exemplo, aumentando o interesse por atividades de refabricação na indústria que é de fabricação e fornecimento de produtos complexos (TONG; YAN, 2013, p. 201).

A implantação da ideia da responsabilidade estendida do produtor na China foi aceita como um princípio criativo para a gestão de resíduos pelo governo. No entanto, a legislação precisava abarcar as complexas interações entre agentes heterogêneos em vários níveis. Por isso, a busca pela mudança de regime como um objetivo-chave validou os esforços do transplante legal quando ainda existiam fortes incentivos econômicos para as atividades informais de reciclagem de REEE no país (TONG; YAN, 2013, p. 203).

Em 2002, o princípio EPR foi proposto pela primeira vez para ser implementado na gestão de lixo eletrônico, na China, em um esforço de aprender com as “melhores práticas” da experiência da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Vários departamentos governamentais estiveram envolvidos no processo de elaboração da legislação, devido à complexidade e amplitude do princípio da EPR, que atravessou dois sistemas distintos regidos por diferentes departamentos governamentais: controle da poluição, pela Agência de Proteção Ambiental do Estado (SEPA), e da produção industrial, pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (MIIT). Além disso, a fim de alinhar as ações e as propostas entre os diferentes departamentos, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (CNDR) liderou o desenvolvimento da legislação (TONG; YAN, 2013, p. 204).

Em 2003, a difusão de mudanças no *design* dos produtos para facilitar sua reciclagem se espalhou pelo mundo com a promulgação das diretivas da UE sobre o lixo eletrônico. Em particular, a diretiva RoHS, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos, que lançou uma campanha mundial para eliminar certas substâncias ambientalmente sensíveis dos produtos eletrônicos, incluindo o chumbo (Pb), o mercúrio (Hg), o cádmio (Cd), o cromo hexavalente (Cr⁶⁺), as bifenilas polibromadas (PBB) e o éter difenil polibromado (PBDE).

Isso provocou um choque nos produtores de eletrônicos da China entre 2003 e 2006, pois, até então, a maioria das empresas locais não se preocupava com as questões ambientais relacionadas a seus produtos em fim de vida. Contudo, a fabricação verde se tornou necessária de uma hora para outra com a exigência das duas diretivas da UE na indústria eletrônica, e espalhou-se rapidamente através da cadeia de fornecimento global (TONG; YAN, 2013, p. 204).

Assim, em 2003, a SEPA promulgou a Declaração sobre o Fortalecimento da Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos, por meio da qual recomendou que as agências locais de proteção ambiental prestassem atenção ao controle da poluição em atividades de descarte de lixo eletrônico e reciclagem, e sugeriu (mas não obrigou) que as empresas fabricantes de eletrônicos adotassem características ambientalmente amigáveis quanto à facilidade da reciclagem de seus produtos (TONG; YAN, 2013, p. 204).

Desde então, a SEPA estreitou o foco para o controle da poluição no gerenciamento de REEE com a promulgação de duas políticas regulatórias — a Política Técnica sobre o Controle da Poluição de produtos eletrônicos e eletrodomésticos em fim de vida útil, e as

Medidas de Prevenção da Poluição por resíduos de produtos eletrônicos (n. 40), ambas em 2006 (TONG; YAN, 2013, p. 204).

No mesmo ano, de 2006, o MIIT desenvolveu Medidas para a Administração do Controle de Poluição de Produtos Eletrônicos de Informação (n. 39) (muitas vezes referida como China RoHS), em correspondência com a Diretiva RoHS da UE, abordando restrições relativas aos materiais utilizados na concepção e na fase de produção dos equipamentos. O MIIT também apoiou o estabelecimento da Comissão de Trabalho sobre a utilização abrangente dos resíduos eletroeletrônicos na China (CECUWC), uma organização não-governamental cujo objetivo era construir uma organização de fornecedores para ajudar os fabricantes de eletrônicos a gerir seu REEE coletivamente (TONG; YAN, 2013, p. 204).

Neste contexto de mudanças rápidas sendo requeridas na produção, restou pouco tempo aos fabricantes da China para avaliar as especificações e os méritos ambientais e tecnológicos dos produtos verdes substitutos. Com isso, enquanto vários produtores na China alegavam que já seguiam a RoHS antes de 2006, suspeitas quanto aos benefícios ambientais reais desses produtos se espalharam dentro da indústria, e outros produtores reclamaram da distribuição desigual dos custos de “ser verde” na cadeia de valor. Por isso, a RoHS poderia ter pouco impacto sobre as tendências gerais do regime sociotécnico dos eletrônicos, que é altamente dependente da obsolescência planejada no *design* do produto para promover o aumento do consumo em uma escala global (TONG; YAN, 2013, p. 205).

Para os autores, a divergência de foco entre a SEPA e o MIIT influenciou na evolução dos regulamentos EPR na China e refletiu os conflitos entre os sistemas de reciclagem e produção/consumo de produtos eletrônicos. De um lado, a SEPA preferiu a construção de um quadro regulamentar simplificado com foco na certificação e monitoramento das empresas formais de reciclagem, assim como o planejamento e a construção de infraestrutura de reciclagem em nível provincial. Por outro lado, o MIIT defendeu um maior envolvimento dos produtores, com a flexibilidade na angariação de fundos e subsídios para incluir elementos de responsabilidade individual para aos produtores (TONG; YAN, 2013, p. 204).

Após vários anos de debates e testes em programas-piloto, em 2008 o princípio EPR foi formalmente incluído na Lei de Promoção à Economia Circular da República Popular da China como um princípio do quadro jurídico nacional para a gestão de resíduos, e foi se afirmando como uma das abordagens institucionais chave para a promoção da economia circular ao longo das cadeias de produção e consumo no Plano Quinquenal da China (2011-2015). Assim, uma legislação para a administração da recuperação e do descarte de REEE foi

promulgada em 2009, conhecida como China WEEE, e planejada para ser colocada em vigor a partir 1º de Janeiro de 2011 (TONG; YAN, 2013, p. 199, 204).

O decreto regulamentador propôs a criação de um fundo governamental onde o dinheiro para subsidiar empresas de reciclagem certificadas seria recolhido junto aos produtores. No entanto, a implementação foi adiada devido a disputas sobre detalhes administrativos (TONG; YAN, 2013).

Em 21 de Maio de 2012, o Ministério das Finanças anunciou medidas relativas à cobrança e administração dos Fundos para a Recuperação e Descarte de REEE (Fundo de Medidas de Gestão), que foi implementado em julho. Contudo, a maioria das medidas, destinadas a aumentar a participação dos produtores na reciclagem, foi eliminada na versão final, tais como taxas diferentes para os produtores de acordo com critérios ambientais de seus produtos e uma redução de taxas para os produtores que tivessem seu próprio programa de logística reversa. Foi deixado apenas um imposto sobre as obrigações financeiras dos fabricantes a ser destinado para um fundo do governo. Neste caso, o único incentivo, para os produtores envolvidos na gestão de fim de vida neste sistema, foi a prioridade para construir instalações certificadas para reciclagem de REEE podendo se beneficiar do subsídio do governo para a atividade de reciclagem – que objetivou apoiar a indústria de reciclagem formal ainda nascente no país (TONG; YAN, 2013, p. 200).

Assim, a realização dos projetos-piloto apoiados pelo governo influenciou diretamente na criação de alguns nichos de práticas de reciclagem ambientalmente saudáveis para competir com as atividades informais de reciclagem impulsionadas economicamente pela importação de REEE por negociantes em áreas costeiras, que era de grande escala e gerava um fornecimento estável de materiais no início dos anos 2000. No entanto, estes comerciantes foram, inicialmente, excluídos do estabelecimento de instalações de reciclagem formais, pois a orientação política era interromper as importações de lixo estrangeiro (TONG; YAN, 2013).

Por isso, por vários anos, o descarte doméstico não conseguiu manter uma oferta de mercado para os serviços formais de reciclagem na China e, mesmo com os projetos-piloto estabelecidos com o apoio do governo, dificilmente conseguiriam obter uma quantidade significativa de REEE para sustentar suas operações⁶⁵ (TONG; YAN, 2013).

⁶⁵ Tong e Yan (2013) mencionaram que Yang et al. (2008) compararam os custos e as receitas entre as atividades da reciclagem informal e formal, com base em amostras, em Pequim. Eles descobriram que os recicladores informais conseguiam ter um bom lucro a partir da reciclagem, enquanto os recicladores formais sofriam um déficit com a reciclagem da maioria dos aparelhos. Isso acontecia, pois os recicladores informais tinham várias maneiras de reduzir os custos em suas operações por meio de uma rede de compradores de sucata, e aumentavam suas receitas através da venda para mercados de segunda mão, em vez de desmontar e triturar os

Segundo Tong e Yan (2013, p. 205), exemplo disso foi o caso de uma empresa de *joint-venture* sino-americano que se estabeleceu em Pequim, em 2006, para atuar como centro de remanufatura de REEE. Esse empreendimento fracassou devido às dificuldades semelhantes que frustraram a maioria dos recicladores formais: uma incapacidade para adquirir produtos descartados suficientes.

Assim, em 2007, com o desafio de aumentar o conhecimento de sua marca no mercado mundial de eletrônicos, alguns grandes produtores na China, tais como Changhong, Haier e TCL, se interessaram em participar ativamente da concepção de um sistema de gestão de REEE. Para isso, estabeleceram acordos de cooperação com empresas formais de reciclagem recém-fundadas com o apoio dos governos centrais e locais nos projetos-piloto e ao longo do desenvolvimento da legislação. O grau de envolvimento na reciclagem de seus produtos variou de empresa para empresa. Por exemplo, a TCL construiu duas usinas de reciclagem, enquanto a Haier estabeleceu uma aliança com a Xintiandi, uma das empresas de reciclagem formais pioneiras na província de Shandong (TONG; YAN, 2013, p. 206).

A situação mudou drasticamente em 2009 devido ao programa nacional de substituição de equipamento doméstico velho por novo (HARS). Anunciado pela Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, o HARS foi uma das medidas de estímulo à economia nacional, adotadas para enfrentar a crise financeira global de 2008 e estimular o consumo interno. Neste programa, os consumidores receberiam um subsídio no valor de 10% do preço de cinco tipos de novos aparelhos — televisores, condicionadores de ar, refrigeradores, máquinas de lavar e computadores (as mesmas cinco categorias abrangidas na China WEEE) — de 1º de Junho de 2009 a 31 de Maio de 2010, em nove áreas-piloto incluindo cinco cidades (Pequim, Xangai, Tianjin, Fuzhou e Changsha) e quatro províncias (Jiangsu, Zhejiang, Shandong e Guangdong) (TONG; YAN, 2013).

Os consumidores participantes foram obrigados a vender seus aparelhos antigos para empresas de reciclagem certificadas para obter um certificado, com o qual poderiam comprar equipamentos novos nas lojas varejistas com um desconto de 10%. O Ministério do Comércio (MOC) selecionou os produtores, os varejistas e as empresas de reciclagem qualificadas para participar do programa, e administrou todo o processo. O regime foi prorrogado até 31 de Dezembro de 2011 e foi ampliado para 28 cidades e províncias das nove áreas-piloto existentes, incluindo as províncias de Hebei, Shanxi, Liaoning, Jilin, Anhui, Fujian, Jiangxi, Henan e Hubei, e as cidades de Dalian, Xiamen e Chongqing (TONG; YAN, 2013).

materiais para reciclagem. Por isso, o sistema de coleta e reciclagem informal era muito mais eficiente já que as externalidades da poluição ambiental eram ignoradas.

Para os autores, o HARS forneceu um grande incentivo aos consumidores a levarem seus aparelhos pós-consumo a recicladores certificados, fazendo com que uma quantidade considerável fosse desviada do fluxo dos recicladores informais de REEE para as instalações formais de reciclagem (TONG; YAN, 2013, p. 206).

Para isso, os revendedores de aparelhos eletrônicos (ou distribuidores) precisaram firmar colaboração entre seus clientes e uma rede informal de compradores de sucata (que coletavam e destinavam os equipamentos em final de vida útil), pois precisavam enviar os produtos antigos a varejistas certificados para poderem obter a subvenção do MOC. Neste sistema, os varejistas desempenharam papel central no processo de logística reversa dos eletroeletrônicos (TONG; YAN, 2013, p. 207).

Neste contexto, tanto as autoridades governamentais locais como as empresas envolvidas nos projetos-piloto se conscientizaram da necessidade de incluir o setor informal na concepção de um programa de logística reversa. Os acordos entre os varejistas e os compradores de sucata foram formalizados em certa medida, pois a pessoa responsável por coletar os produtos antigos na casa do cliente estaria vestida com o uniforme do lojista que vendeu o produto novo ao consumidor. Mesmo assim, o preço do produto velho a ser descartado era negociado entre o proprietário e a pessoa coletora, da mesma maneira como os compradores de sucata normalmente fazem. Provou-se mais tarde que tal arranjo definiu um mal precedente, porque o custo real dos produtos descartados cresceu fora de controle (TONG; YAN, 2013, p. 207).

O HARS cessou no final de 2011, mas definiu um alto valor para os produtos em fim de vida. Sem a subvenção, a maioria dos recicladores certificados caiu em dificuldade novamente. Mesmo com o subsídio fornecido pelos fundos de reciclagem de REEE levantados pelos produtores, dificilmente os recicladores receberão o mesmo nível de sucata alcançado com o HARS (TONG; YAN, 2013).

Segundo Tong e Yan (2013), o crescimento do negócio da reciclagem de lixo eletrônico estimulado pelo HARS atraiu novos investimentos neste campo, proporcionando oportunidades para a evolução de diferentes modelos de negócio. Desde o início de 2012, muitos recicladores certificados que se beneficiaram da subvenção do HARS foram tentando encontrar novas maneiras de sobreviver na era pós-HARS. Três estratégias têm se mostrado eficazes:

Em primeiro lugar, as grandes empresas de reciclagem certificadas têm tentado construir suas próprias redes urbanas de logística reversa. O HARS permitiu que os recicladores certificados construíssem relações de negócios com os compradores informais de

lixo. Algumas dessas relações foram formalizadas com contratos de longo prazo. Os compradores de sucata obtiveram aprovação formal para recolher os produtos descartados pelas comunidades residenciais, e os recicladores certificados enviam caminhões para recolher os bens dos compradores de sucata no local (TONG; YAN, 2013).

Uma vez que a negociação de preços entre os compradores de sucata e os proprietários dos produtos descartados aumenta o custo e a incerteza no fluxo inverso de mercadorias, os recicladores estão tentando inventar novos tipos de operações para aumentar a transparência do processo como um todo. Por exemplo, Jinqiao, um dos recicladores certificados em Xangai, criou uma forma atraente para os consumidores descartarem seus REEE no local de coleta formal. Ele construiu sua própria plataforma *online* para coletar informações sobre as devoluções de produtos e dar aos clientes um *Ala-card*, um cartão de bônus inventado por Jinqiao. Os clientes recebem pontos de bônus quando levam o produto descartado ao local de coleta formal em sua própria vizinhança. O *Ala-card* pode então ser usado para compras em Xangai. Empresas que estão preocupadas com o meio ambiente apoiam este programa fornecendo descontos para os usuários do *Ala-card* (TONG; YAN, 2013).

Em segundo lugar, alguns recicladores certificados têm tentado desenvolver formas mais rentáveis de uso do material reciclado. Por exemplo, o desenvolvimento de materiais compósitos de madeira de plástico aumentou o valor dos resíduos plásticos. Além disso, algumas empresas especializadas estão apostando no desenvolvimento de suas próprias tecnologias (patenteadas) de reciclagem para materiais específicos. Por exemplo, GEM, uma empresa de reciclagem de lixo eletrônico em Shenzhen, tem patentes de processos para a reciclagem de resíduos de pilhas e obtenção de pó de cobalto secundário, que é tão lucrativo que a empresa não precisa mais contar tanto com os subsídios do governo, como fazem outros recicladores (TONG; YAN, 2013, p. 208).

Em terceiro lugar, alguns recicladores certificados tentam se relacionar com grandes empresas fornecendo serviços de gestão integrada de resíduos, que abrangem tanto os resíduos gerados nas linhas de produção, os equipamentos em fim de vida abandonados nos escritórios, até o lixo eletrônico das famílias dos trabalhadores (TONG; YAN, 2013).

Mesmo assim, os autores enfatizaram que, de acordo com a maioria dos recicladores certificados entrevistados, a construção e operação do sistema de logística reversa para cobrir todos os produtos abordados pela China WEEE ainda precisa de subsídios. De maneira geral, os recicladores certificados ainda estão esperando a implementação das medidas dos fundos de gestão (TONG; YAN, 2013).

As principais diferenças entre a diretiva WEEE da União Europeia e a China WEEE estão descritas no Quadro 2.7.

Quadro 2.7: Comparação da legislação para gestão de resíduos eletroeletrônicos da União Europeia e da China.

ITEM	DIRETIVA WEEE - UE	CHINA WEEE
Estrutura	Uma	Uma com vários apêndices com o catálogo e os fundos.
Responsabilidade	Os produtores deverão financiar a gestão dos resíduos provenientes dos seus próprios produtos, financiar a coleta e as instalações de coleta, além do tratamento, valorização e disposição final dos REEE. Os usuários de produtos eletroeletrônicos devem ser capazes de devolver o REEE sem encargos.	Os produtores são incentivados a recuperar o lixo eletrônico de forma independente ou através da contratação de uma empresa licenciada; os coletores devem fornecer um serviço adequado para os usuários de produtos eletrônicos; as agências governamentais, organizações, empresas e instituições devem submeter seus REEE para empresas licenciadas de tratamento; as empresas licenciadas de tratamento devem estabelecer um sistema de controle sobre os REEE coletados.
Escopo	Dez categorias, incluindo grandes eletrodomésticos, pequenos eletrodomésticos, de TI e de telecomunicações, equipamentos de consumo, iluminação, ferramentas, brinquedos, lazer e equipamentos esportivos, equipamentos médicos, instrumentos de monitoramento e controle e distribuidores automáticos.	Cinco categorias, incluindo televisores, condicionadores de ar, máquinas de lavar, geladeiras e computadores.

Quadro 2.7 – Continuação...

ITEM	DIRETIVA WEEE - UE	CHINA WEEE
Financiamento	Financiamento do produtor.	Financiamento do produtor e importador.
Tecnologia	<i>Design</i> de produto, coleta e separação, tratamento e recuperação.	Proibição de tecnologia obsoleta, base de desmantelamento certificada pelo governo provincial.
Canal de coleta	Coleta principalmente pelo produtor.	Incentivada a construção de redes de coleta multicanais.

Fonte: Zeng et al. (2013, p. 84).

De acordo com a China WEEE⁶⁶, o governo provincial tem a obrigação de planejar a infraestrutura de reciclagem de REEE, o que poderia aumentar o envolvimento do governo local na concepção dos sistemas locais com base no princípio da responsabilidade estendida do produtor. As responsabilidades administrativas de diferentes entidades de diferentes níveis de governo estão indicadas no Quadro 2.8, e revelam a dispersão das responsabilidades da operação da legislação relativa à gestão do lixo eletrônico na China.

Quadro 2.8: Dispersão das responsabilidades sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos na China WEEE.

NÍVEL DE GOVERNO	ENTIDADES	RESPONSABILIDADES
Conselho de Estado	Ministérios: da Proteção Ambiental, do Desenvolvimento Nacional, da Indústria e Tecnologia da Informação, de Administração Geral e Supervisão da Qualidade, Inspeção e Quarentena, entre outros.	Elaborar a política e a regulamentação técnica relacionada com o lixo eletrônico sob suas responsabilidades.
Província	Agência local de proteção ambiental, comissão local de desenvolvimento e reforma, departamento local de comércio, departamento local de indústria e tecnologia da informação.	Elaborar plano local de desenvolvimento de lixo eletrônico, e reportar ao Ministério de Proteção Ambiental.
País	Agência local de proteção ambiental.	Supervisionar as empresas no papel e nas inspeções de campo.

Fonte: Zeng et al. (2013, p. 85).

Sendo assim, segundo Zeng et al. (2013), com base na perspectiva histórica do desenvolvimento da regulação, a gestão dos resíduos eletroeletrônicos na China pode ser caracterizada em quatro fases: fase de desmantelamento manual informal (1980-2000), coexistência da fase de reciclagem informal e início do projeto-piloto nacional (2001-2008), fase de desenvolvimento e formalização da reciclagem (2009-2020) e fase de maturação (2020-). O futuro maduro da gestão de REEE deverá contar com grandes empresas certificadas de desmantelamento, utilização de empresas globais e estações concentradas de tratamento de REEE.

⁶⁶ O documento da China WEEE consiste em cinco capítulos e 35 artigos. O artigo 4º remete ao “Catálogo de eliminação de resíduos elétricos e produtos eletrônicos” (principal divergência com a Diretiva WEEE da UE). A primeira lista de produtos controlados (da China RoHS) foi anunciada em dezembro de 2010 e entrou em vigor em 1º de Janeiro de 2011 (HERAT; PARIATAMBY, 2012, p. 1117).

Chung e Zhang (2011, p. 2644) apresentaram-se mais críticos ao modelo desenvolvido, e em implementação, pela China para a gestão de REEE. Para os autores, os principais problemas na elaboração da política nacional foram desde pouca habilidade na elaboração da legislação, baixo nível de conhecimentos técnicos relativos aos REEE e aos produtos eletroeletrônicos em geral, até a falta de consideração com os empreendedores do setor e de consulta pública para com estes, além de falta de comunicação, coordenação e apoio interministerial.

2.5 Considerações finais

A análise dos conjuntos de dados, de patentes, coletadas na Plataforma Questel Orbit, e artigos científicos, na base Scopus, evidenciou uma evolução no número de registros ao longo do tempo. Comparada à evolução do quadro regulatório internacional sobre as atividades que envolvem a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, constatou-se uma correlação entre ambas. Tanto os registros de patentes como a publicação de artigos científicos sobre o tema apresentaram aumento nos anos correspondentes às discussões e implementações da Convenção de Basileia, entre 1989 e 1992, das Diretivas WEEE e RoHS da União Europeia, em 2002, 2003 e 2012, e da lei China WEEE, em 2010.

Este encaminhamento dos dados analisados qualifica a hipótese de Porter e Van Der Linde (1995) aqui testada, pois o cenário evidenciado pelos dados se relaciona diretamente com o potencial de mercado gerado com a promulgação de normas ambientais rigorosas, ou seja, da regulação como promotora da inovação e da elevação da competitividade. Em outras palavras, a sucessão de eventos legislativos, e esforços inovadores, ficou clara quando da análise das atividades de patenteamento e de publicação científica, pois o número de registros aumentou conforme foi ocorrendo a implantação do quadro regulatório.

Assim, os resultados deste estudo sugerem que as políticas rigorosas que forcem o desenvolvimento de tecnologias podem ser usadas para reforçar a capacidade de inovação das empresas nacionais no mercado atual ferozmente competitivo por novos produtos, pois políticas ambientais nacionais e internacionais têm efeitos claramente positivos sobre o produto inovador em um país. Sem a estimulação do mercado realizada pela regulamentação do governo, os níveis de atividade de patenteamento seriam extremamente baixos.

A China se destacou na gestão das incertezas sobre as soluções tecnológicas, que teriam induzido as empresas a inovar para atender com sucesso às exigências regulatórias para

chegar à frente de concorrentes no mercado. Ao propor o alinhamento das melhores práticas dos países da OCDE – caracterizadas em si pela Diretiva WEEE e RoHS – em âmbito nacional, a China conseguiu estruturar um setor formal de reciclagem de REEE no país, criou oferta interna de equipamentos a serem processados no país por meio de um programa nacional de estimulação do consumo e da destinação final ambientalmente correta, e incentivou a criação de acordos de cooperação entre recicladores formais recém-instalados e negociantes informais de sucatas. Além disso, implementou um fundo nacional de financiamento para subsidiar a construção de novas instalações de reciclagem de REEE, a serem certificadas pelo governo, garantindo a expansão e a consolidação do setor formal no país.

Portanto, as regulações forçam o desenvolvimento da tecnologia quando obrigam as empresas a atender certos padrões de desempenho que vão além das capacidades técnicas existentes no estado da arte na indústria ou da adoção de tecnologias específicas que ainda não foram totalmente desenvolvidas.

Resta saber quais são essas tecnologias de reciclagem de REEE e que instituições são responsáveis por essas atividades científicas e tecnológicas. Essa discussão está presente no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3 – REGULAÇÃO E INOVAÇÃO: TECNOLOGIAS PATENTEADAS E INSTITUIÇÕES

A pergunta que norteou a construção deste capítulo foi que tipo de tecnologias são patenteadas e quais instituições são responsáveis por essas atividades científicas e tecnológicas. Este capítulo também se baseou na metodologia dos estudos de Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010) que discutiram empiricamente a relação entre regulação e inovação. Foram utilizados dados recuperados nas bases de dados Scopus e Plataforma Questel Orbit por meio de uma busca simples (com o termo “*electronic waste*”) e uma busca complexa (formada por um conjunto de expressões de busca, apresentadas no Apêndice A) na Plataforma Questel Orbit.

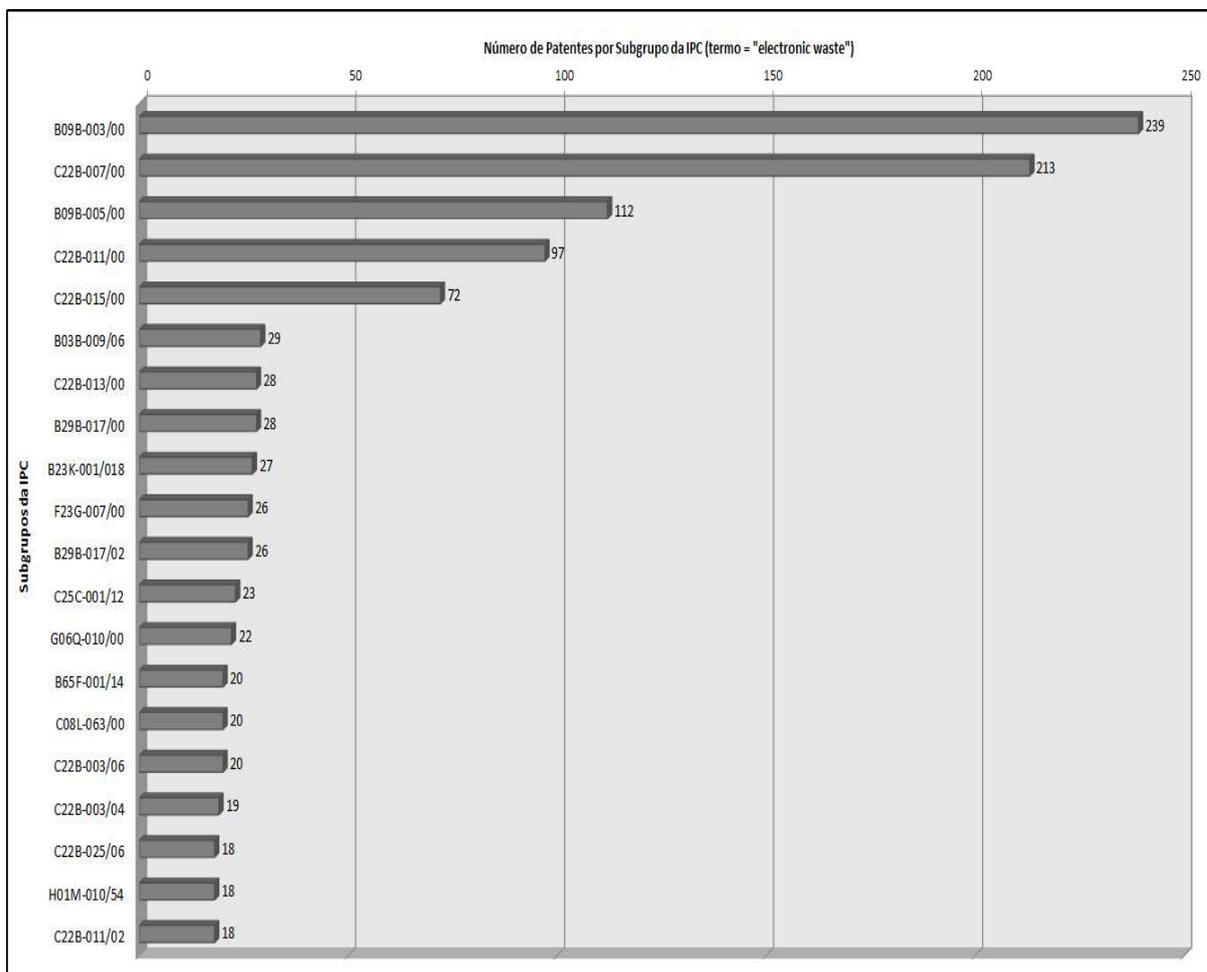
3.1 Tipos de tecnologias patenteadas

Para Peters et al. (2012), o crescimento do mercado interno induzido por uma política ambiental no exterior, tal como as Diretivas WEEE e RoHS obrigam os fabricantes a produzirem equipamentos eletroeletrônicos sem a utilização de certas substâncias tóxicas e com maior potencial de reciclabilidade, aparentemente, tem o mesmo efeito inovador em um país com crescimento do mercado doméstico provocado por políticas internas. Os autores embasaram essa afirmação ao analisar dados sobre investimentos em P&D no setor por eles estudado, assim como por meio de curvas de aprendizado tecnológico.

Neste sentido, é importante conhecer os tipos de tecnologias cujas patentes foram reivindicadas sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos para compreender qual caminho a inovação está percorrendo neste setor. Considerando os resultados da busca simples na Plataforma Questel Orbit, utilizando apenas o termo “*electronic waste*”, cujo resultado total foi de 1.489 patentes, o subgrupo B09B 3/00 foi o mais utilizado, tendo classificado 239 documentos.

A Figura 3.1 ilustra os vinte subgrupos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) mais recorrentes na classificação do conjunto de dados sobre “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit.

Figura 3.1: Subgrupos da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit (1990-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Os subgrupos da IPC referem-se em grande medida a especificações de método, processo ou composição das tecnologias patenteadas, ou seja, quando uma patente recebe a classificação para o subgrupo B09B 3/00 (caso de 239 patentes) significa que a tecnologia em questão está relacionada à “destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo” (conforme caracterizado pela IPC⁶⁷).

Entretanto, para a compreensão dos tipos de tecnologias patenteadas nesse conjunto de dados sobre “*electronic waste*” pode-se analisar as subclasses mais recorrentes

⁶⁷ Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/#refresh=page>>. Acesso em: 1º Ago. 2016.

(hierarquicamente mais abrangentes do que um subgrupo)⁶⁸. O Quadro 3.1 caracteriza e descreve essas subclasses.

Quadro 3.1: Caracterização e descrição das subclasses da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit.

SUBCLASSES MAIS RECORRENTES	NÚMERO DE UTILIZAÇÕES	DESCRIÇÃO
C22B	605	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.
B02C	88	Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão.
B29B	80	Preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado; fabricação de grânulos ou pré-formados; recuperação de matérias plásticas ou outros constituintes de material de refugo contendo matérias plásticas.
F23G	51	Fornos crematórios; incineração de refugos ou combustíveis de baixo teor por combustão.
G06Q	47	Sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição; sistemas ou métodos não incluídos em outro local.
C08L	45	Composições de compostos macromoleculares.
C02F	40	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
H05K	36	Circuitos impressos; invólucros ou detalhes estruturais de aparelhos elétricos; fabricação de conjuntos de componentes elétricos.
C40B	32	Química combinatória; bibliotecas, por exemplo, bibliotecas químicas, bibliotecas <i>in silico</i> .
H01L	24	Dispositivos semicondutores; dispositivos elétricos de estado sólido não incluídos em outro local.
TOTAL	1048	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na IPC.

⁶⁸ A Classificação Internacional de Patentes segue a seguinte hierarquia: Seção, Subseção, Classe, Subclasse, Grupo, Subgrupo. Para mais informações, consulte o Guia Oficial do INPI disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/static/pdf/guia_ipc/br/guide/guide_ipc.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2016.

Assim, apesar da utilização de apenas um termo diretamente relacionado internacionalmente à reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (“*electronic waste*”), a pesquisa recuperou uma gama variada de subclasses e subgrupos da Classificação Internacional de Patentes.

Isto pode se dever ao fato de que a destinação, o acondicionamento e a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, independentemente do setor do qual resultam, são processos complexos tanto quanto os próprios resíduos. Por isso, quando se discute o viés das tecnologias existentes ou necessárias para um bom gerenciamento da cadeia pós-consumo e de reciclagem de REEE não se pode pré-estabelecer tipos ou categorias⁶⁹, mas sim esperar que se obtenha um leque grande e abrangente de tecnologias – tal qual o conjunto de dados obtidos neste estudo.

A compreensão das tecnologias e atividades inventivas desenvolvidas para o setor de reciclagem de eletroeletrônicos foi facilitada pela busca complexa, que utilizou uma expressão de busca padrão para a realização do levantamento das patentes, na Plataforma Questel Orbit. Posteriormente, percebeu-se que a análise dos resultados seria mais bem realizada com a divisão da expressão de busca padrão em expressões menores que abarcassem os tipos de tecnologias a serem analisadas.

O conjunto de dados de patentes levantado corresponde aos documentos depositados no período de 1900 a 2015⁷⁰, entretanto foram analisados os registros de 1980 a 2015, devido à inexistência de registros antes de 1950 e de poucos registros entre 1950 e 1980.

No total foram recuperados⁷¹ 15.109 documentos de patentes, sendo que o total de documentos, excluídos os registros repetidos, foi de 10.587 (conforme detalhado no Quadro 2, na Introdução desta tese). As expressões de busca completas, com os termos utilizados e a lógica empregada, para as categorias de (A) a (E), estão disponíveis no Apêndice A.

⁶⁹ As especificidades das tecnologias de reciclagem de REEE indicadas como ideais pela ONU-UNEP estão detalhadas no Capítulo 1. Essa categorização levou em consideração os materiais com composição mais parecida e uniforme, dividindo a reciclagem por categorias (somente computadores, posteriormente, outros equipamentos iguais por vez). Além disso, os processos apresentados por UNEP (2007) são generalistas e podem ser replicados para quaisquer tipos de REEE.

⁷⁰ Não foi realizado nenhum tipo de recorte temporal a fim de se analisar o universo da base sobre o tema indicado nas expressões de busca e testar a hipótese sobre o aumento da inovação após a implantação de quadros regulatórios sobre a reciclagem de eletroeletrônicos.

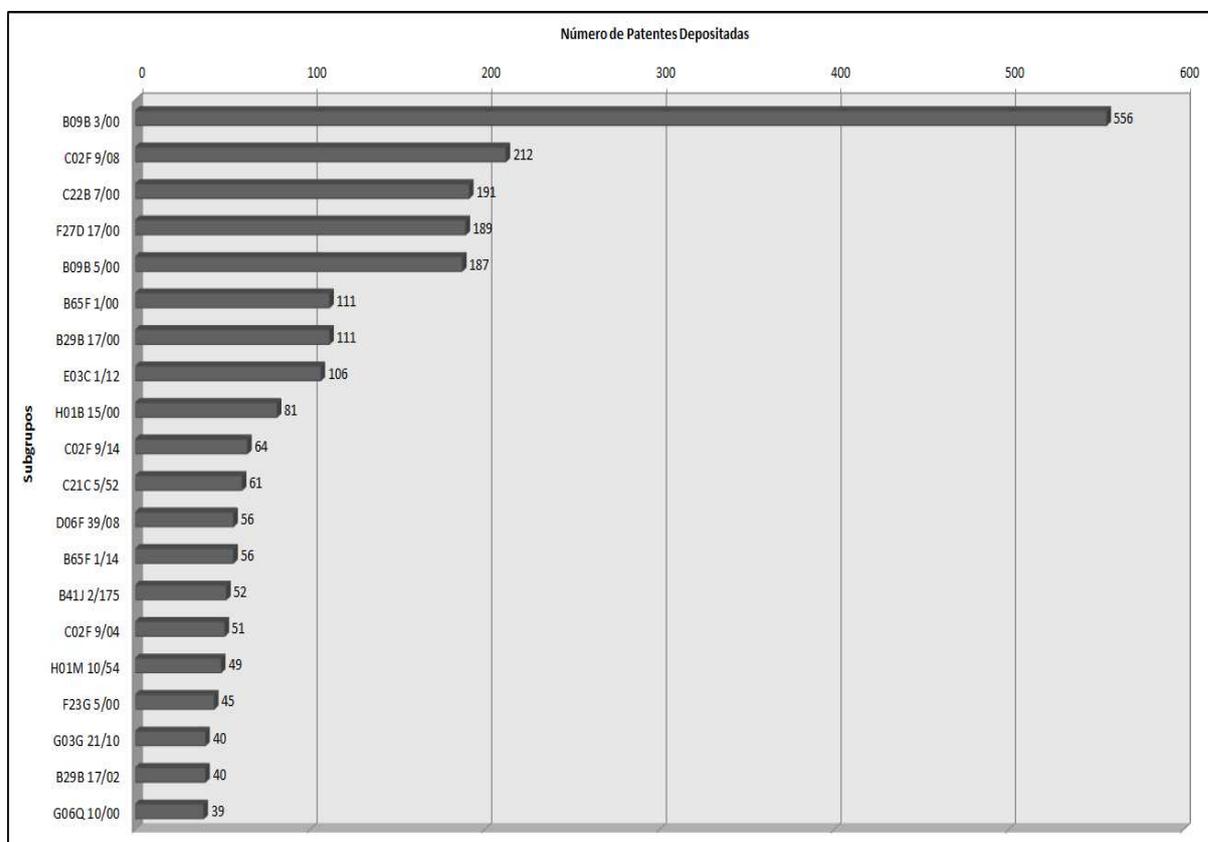
⁷¹ As datas dentre as quais foram realizadas as buscas na Plataforma Questel Orbit e coletados os dados resultantes foram 15 e 16/3/2016. Esta data precisa ser mencionada tendo em vista a atualização semanal da base de dados e a variação dos dados entre uma atualização e outra (pode haver aumento no número de registros indexados e, conseqüentemente, recuperados).

Nesta seção são discutidos os tipos de tecnologias resultantes de todos os conjuntos de dados categorizados com as expressões (A), (B), (C), (D) e (E), inclusive do conjunto condizente à somatória dos dados sem repetições.

No que diz respeito aos tipos de tecnologias patenteadas referentes ao conjunto de dados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, condizente à somatória dos dados, a subclasse B09B da IPC foi a mais recorrente tendo sido utilizada na classificação de 730 patentes. Esta subclasse classifica as patentes referentes à eliminação de resíduo sólido.

De maneira mais específica, 556 patentes foram classificadas no subgrupo B09B 3/00 (sobre destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo), 212 patentes no subgrupo C02F 9/08 (sobre tratamento em múltiplos estágios de água, águas residuais ou esgotos com pelo menos uma etapa sendo um tratamento físico), e 191 patentes no subgrupo C22B 7/00 (sobre processamento de matérias-primas que não minérios, por exemplo, sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos). Os demais subgrupos mais recorrentes estão ilustrados na Figura 3.2.

Figura 3.2: Subgrupos da IPC mais recorrentes no conjunto de dados somados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1950-2015).



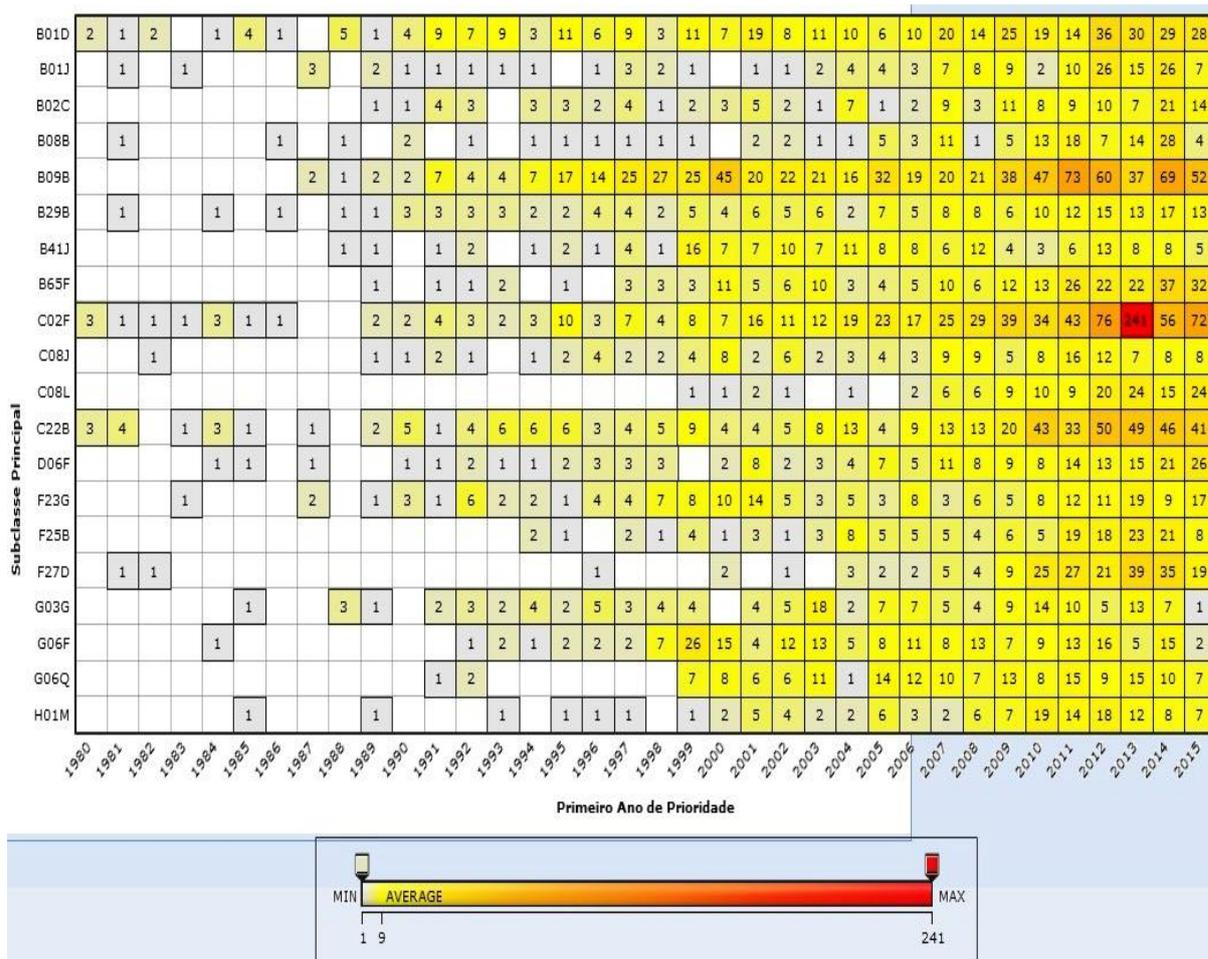
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

De maneira mais geral, levando em consideração o conjunto de dados da somatória, os tipos de tecnologias patenteadas foram analisados de acordo com as subclasses com maior ocorrência de patentes classificadas. Tais como, respectivamente: C02F, B09B, C22B e B01D. Estas subclasses se referem a tecnologias sobre:

- **C02F**: tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
- **B09B**: eliminação de resíduo sólido.
- **C22B**: produção ou refino de metais e pré-tratamento de matérias-primas.
- **B01D**: processos ou aparelhos físicos ou químicos em geral para separação de materiais.

A Figura 3.3 ilustra a cronologia do depósito de patentes nas principais subclasses utilizadas na classificação dos documentos (do conjunto da somatória) sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

Figura 3.3: Evolução do depósito de patentes (do conjunto da somatória) por subclasses da IPC entre 1980 e 2015.



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

No conjunto de dados de patentes resultante da busca com a expressão (A), sobre reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos em geral, cujo resultado foi de 7.308 patentes recuperadas, o subgrupo B09B 3/00 teve maior ocorrência tendo classificado 775 documentos. Pertencente à Seção B da IPC, que abrange as tecnologias sobre operações de processamento e transporte, a subclasse B09B trata da eliminação de resíduo sólido e o subgrupo B09B 3/00 é sobre “destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo”.

As subclasses mais utilizadas na classificação das patentes, da expressão (A), estão relacionadas ao descarte de resíduos sólidos, ao processamento e separação de materiais, ao pré-tratamento de matérias-primas e refino de metais, processos químicos e físicos para o processamento de materiais, trituração e coleta de refugo doméstico. O Quadro 3.2 apresenta os tipos de tecnologias recuperadas com a expressão (A), por meio do número de ocorrências das subclasses da IPC na classificação dos documentos.

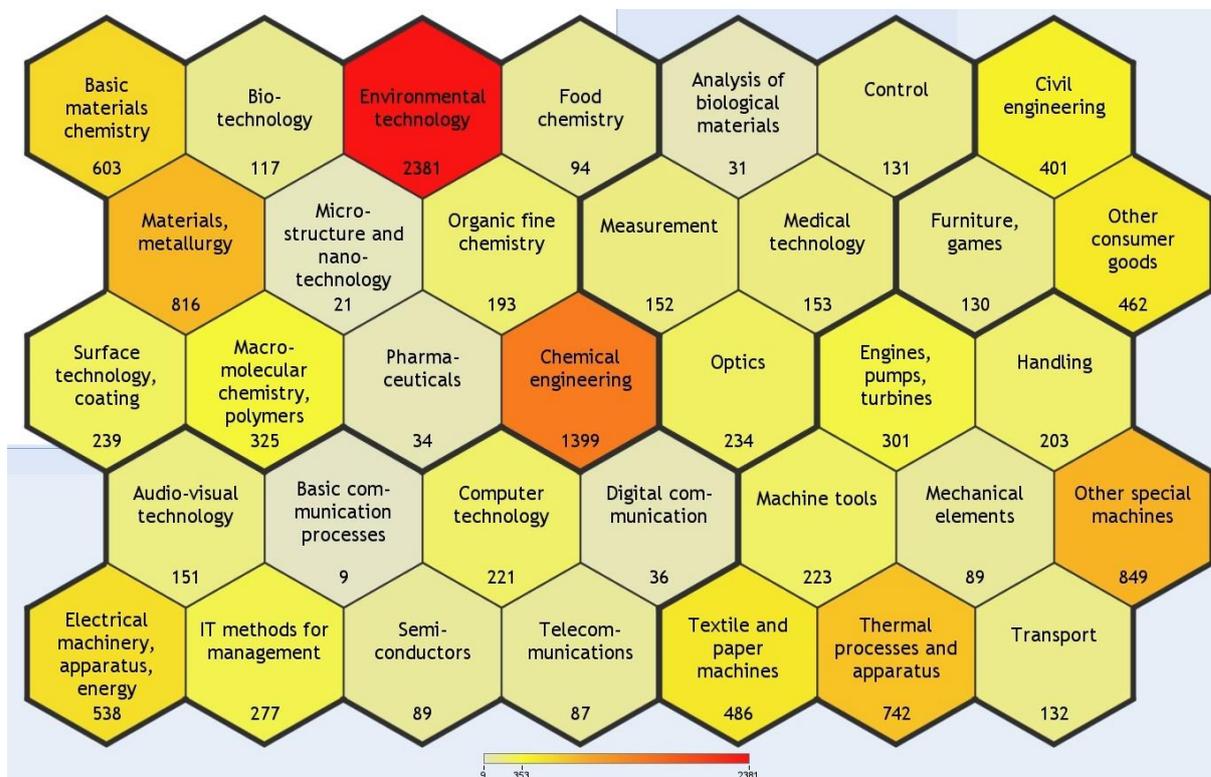
Quadro 3.2: Tipos de tecnologias recuperadas com a expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral.

SUBCLASSE	NÚMERO DE UTILIZAÇÕES	DESCRIÇÃO
B09B	963	Eliminação de resíduo sólido
C02F	940	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos
B01D	556	Processo de separação de materiais
B29B	405	Preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado; fabricação de grânulos ou pré-formados; recuperação de matérias plásticas ou outros constituintes de material de refugo contendo matérias plásticas
C22B	391	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas
C08J	310	Elaboração; processos gerais para formar misturas; e pós-tratamento
G06Q	277	Sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição
B01J	270	Processos químicos ou físicos, por exemplo, catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos
B02C	253	Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão
B65F	239	Coleta ou remoção de lixo doméstico ou refugos similares

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na IPC.

As principais áreas de conhecimento abarcadas pelas tecnologias recuperadas com a expressão (A) foram: tecnologia ambiental (2.381 registros), engenharia química (1.399 registros), engenharia de materiais e metalurgia (816 registros), dentre outras (ilustradas na Figura 3.4).

Figura 3.4: Áreas de conhecimento das patentes recuperadas pela expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

O conjunto de dados de patentes resultante da busca com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE, identificou 186 patentes relevantes reivindicadas entre 1980-2015. Neste montante, o subgrupo C22B 7/00 teve maior recorrência tendo classificado 23 patentes deste universo. Pertencente à Seção C da IPC, que abrange química e metalurgia, a subclasse C22B trata da produção ou do refino de metais, assim como do pré-tratamento de matérias-primas, e o subgrupo C22B 7/00 é utilizado na classificação de tecnologias de processo sobre “processamento de outras matérias-primas que não minérios, por exemplo, sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos”. Este conjunto de dados apresentou também grande ocorrência do subgrupo B09B 3/00, com 19 patentes classificadas.

Os tipos de tecnologias patenteadas recuperadas com a expressão (B), representados pelas subclasses da IPC, estão apresentados e descritos no Quadro 3.3. Algumas das subclasses utilizadas na classificação dos documentos nesta categoria foram as mesmas da categoria (A), sobre reciclagem de REEE em geral, tais como: C22B, B09B, B01J, G06Q,

B01D, C08F, B02C. Entretanto, o número de documentos classificados nessas subclasses variou de uma categoria para outra.

Quadro 3.3: Tipos de tecnologias recuperadas com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

SUBCLASSE	NÚMERO DE UTILIZAÇÕES	DESCRIÇÃO
C22B	29	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas
B09B	27	Eliminação de resíduo sólido
B01J	10	Processos químicos ou físicos, por exemplo, catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos
G06Q	8	Sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição
B01D	7	Processo de separação de materiais
C01B	6	Elementos não-metálicos; seus compostos
C08F	5	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos
B02C	5	Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão
H01M	4	Processos ou meios, por exemplo, baterias, para a conversão direta da energia química em energia elétrica
C25C	4	Processos para a produção, a recuperação, ou refino eletrolítico dos metais; aparelhos para esse fim

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na IPC.

Os tipos de tecnologias, de processo, recuperadas com a expressão (B), seguem pelo tema da reciclagem de eletroeletrônicos com patentes sobre a recuperação de metais, com métodos para preparação de cobre em pó a partir de placas de circuitos impressos sucitados, método de reciclagem de resíduos de placas de circuitos sem emissão de cianeto, e método e equipamento para o tratamento e reciclagem de alta eficiência de materiais de resíduos de geladeiras são alguns exemplos dos tipos de tecnologias de processo patenteadas apresentados no Quadro 3.4.

Quadro 3.4: Patentes recuperadas com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Recovery of metals	Itri Innovation; Ultromex	GB201316443
Method for preparation of ultrafine copper powder by waste circuit board copper dissolution-electrodeposition combined method	University of Science & Technology Beijing	CN103388160
Method for non-cyanide recycling waste circuit board	University of Science & Technology Beijing	CN101831553
Method and device for harmless treatment and high-efficiency resource recycling of waste refrigerator	Hunan Vary Technology	CN101670355
Physical distribution information management system of waste household electric appliance, control slip information registering client, retail store client, designated taking place client, refurbishing factory client and database	Toshiba	JP2002087540
Apparatus, method and program for collecting information on substance contained in product	Toshiba	JP2007018384

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

O conjunto de dados de patentes resultante da busca com a expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos REEE, identificou 3.761 patentes relevantes reivindicadas entre 1980-2015. Neste montante, o subgrupo B09B 3/00 teve maior recorrência e classificou 472 documentos. Além deste, os seguintes subgrupos foram os mais recorrentes: C22B 7/00 (referente ao processamento de matérias-primas que não minérios, por exemplo, sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos), em 305 patentes; F27D 17/00 (sobre tecnologias de disposição para o uso do calor de escapamento ou disposições para o uso ou eliminação dos gases de escapamento), em 247 documentos; B09B 5/00 (sobre operações de eliminação de resíduo sólido, não abrangidas por qualquer outra subclasse isolada), em 245; e, C21C 5/52 (sobre manufatura de aço em fornos elétricos), em 104 patentes.

Assim, as subclasses de tecnologias mais recorrentes na expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes em resíduos eletroeletrônicos, foram:

- **B09B** (558 documentos): Eliminação de resíduo sólido.
- **C22B** (454 documentos): Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.

- **F27D** (286 documentos): Detalhes ou acessórios de fornalhas, fornos, estufas ou retortas, desde que sejam comuns a mais de um tipo de forno.
- **C02F** (261 documentos): Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
- **B01D** (253 documentos): Processo de separação de materiais sólidos e líquidos.
- **F01K** (200 documentos): Instalações de máquinas a vapor; acumuladores de vapor; instalações de motores não incluídos em outro local; motores que utilizam fluidos circulantes ou ciclos especiais.
- **B29B** (160 documentos): Preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado; fabricação de grânulos ou pré-formados; recuperação de matérias plásticas ou outros constituintes de material de refugo contendo matérias plásticas.
- **F23G** (154 documentos): Fornos crematórios; incineração de refugos ou combustíveis de baixo teor por combustão.
- **C21C** (139 documentos): Processamento de ferro gusa, por exemplo, refino, manufatura de ferro trabalhado ou de aço; tratamento de ligas ferrosas em estado de fusão.
- **B02C** (134 documentos): Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão.

O conjunto de dados de patentes resultante da busca com a expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE, identificou 3.361 patentes relevantes reivindicadas entre 1980-2015. Neste montante, o subgrupo B09B 3/00 foi novamente o que apresentou maior recorrência tendo classificado 449 documentos. Além disso, os mesmos subgrupos (B09B 3/00, C22B 7/00, B09B 5/00, F27D 17/00) e as mesmas subclasses (B09B, C22B, F27D, B01D, C02F) apresentadas pela expressão (C) se apresentaram nas patentes da expressão (D).

Na análise da expressão (E), sobre reciclagem de REEE com menção a políticas de regulação de descarte e reciclagem (que recuperou 493 patentes), considerando que foram utilizados em grande parte termos relacionados a políticas ambientais que regulam o setor de

reciclagem de resíduos eletroeletrônicos⁷², assim como outros tipos de resíduos perigosos e/ou especiais, e as palavras-chave sobre resíduos eletroeletrônicos foram somadas às demais apenas a título de adição (e não exclusão), a pesquisa recuperou uma gama variada de subgrupos da Classificação Internacional de Patentes (IPC).

Isso se deve ao fato de que as legislações ambientais abrangem a destinação, o acondicionamento e a reciclagem de resíduos perigosos, independentemente do setor do qual resultam, e sejam eles quais forem. Exemplo disso é o maior montante, de 25 patentes, classificadas no subgrupo G03C 1/485, que diz respeito às tecnologias sobre “emulsões positivas diretas de haleto de prata; sua preparação; seu tratamento físico; e sua incorporação de aditivos para materiais fotossensíveis” (OMPI, 2016). Em seguida, o subgrupo B09B 3/00 da IPC foi o mais recorrente, tendo sido utilizado na classificação de 19 patentes.

No Quadro 3.5 é possível visualizar este cenário variado das tecnologias patenteadas que mencionaram políticas ambientais ao longo de seu documento, assim como verificar que não foram apenas os inovadores sobre reciclagem de eletroeletrônicos que se preocuparam com a questão ambiental.

Quadro 3.5: Variedade de subgrupos da IPC recuperados de patentes que mencionaram políticas ambientais.

SUBGRUPO	DESCRIÇÃO
A01N 43/90	Biocidas, repelentes ou atrativos de pestes ou reguladores do crescimento de plantas contendo compostos heterocíclicos tendo dois ou mais heteroanéis relevantes, condensados entre si ou com um sistema de anéis carbocíclicos comum.
A01P 7/04	Atividade de compostos químicos ou preparações biocidas, repelentes ou atrativos de pestes ou reguladores do crescimento de plantas - artropodocidas inseticidas.
A23D 9/02	Produção ou preparação de outros óleos ou gorduras comestíveis, por exemplo, gorduras para bolo, óleo para cozinhar.
A62D 1/00	Composições para extinção de incêndios; uso de substâncias químicas.
B01D 50/00	Combinações de dispositivos para separar partículas de gases ou de vapores.
B01F 17/18	Uso de substâncias como agentes emulsificantes, umectantes, dispersantes ou espumantes - Compostos de amônio quaternário.
B01J 20/22	Composições sólidas sorventes ou composições auxiliares de filtração; sorventes para cromatografia; processos para preparo, regeneração ou reativação das mesmas compreendendo material orgânico.
B03B 9/06	Disposição das instalações de separação adaptada especialmente a refugos.
B09B 3/00	Destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo.

⁷² Como, por exemplo: WEEE Directive, China RoHS, India RoHS, Basel Convention, Stockholm Convention, e National Environment Policy.

Quadro 3.5 – Continuação...

SUBGRUPO	DESCRIÇÃO
B09C 1/00	Recuperação de solo contaminado.
B29B 17/02	Recuperação de matérias plásticas ou outros constituintes de material de refugo contendo matérias plásticas - Separação de matérias plásticas de outros materiais.
C02F 3/34	Tratamento biológico de água, águas residuais, ou esgotos caracterizado pelo micro-organismo usado.
C02F 101/36	Natureza do contaminante contendo halogênio.
C08F 2/26	Processos de polimerização em emulsão por meio de agentes emulsivos aniônicos.
C08J 11/04	Recuperação ou aproveitamento de materiais residuais – polímeros.
C08L 63/00	Composições de resinas epóxi; composições de derivados de resinas epóxi.
C10J 3/72	Produção de gases contendo monóxido de carbono e hidrogênio, por exemplo, síntese de gás ou de gás de cidade, a partir de materiais carbonáceos sólidos combustíveis por processos de oxidação parcial envolvendo oxigênio ou vapor.
C10M 175/00	Tratamento de lubrificantes usados para recuperar os produtos usados.
C11B 3/00	Refinação de gorduras ou óleos graxos.
F23G 5/44	Métodos ou aparelhos, por exemplo, incineradores, especialmente adaptados para combustão de refugos ou combustíveis de baixo teor - Detalhes; acessórios.
G01N 21/64	Investigação ou análise de materiais pelo uso de meios ópticos, i.e. usando raios infravermelhos, visíveis ou ultravioletas.
G06Q 10/00	Administração; gerenciamento.
H01L 21/56	Processos ou aparelhos especialmente adaptados para a manufatura ou tratamento dos dispositivos semicondutores ou de dispositivos de estado sólido ou de partes dos mesmos - encapsulamentos, por exemplo, camada de encapsulação, revestimentos.
H02J 7/00	Disposições de circuitos para carregar ou despolarizar baterias ou para alimentar o carregamento de baterias
H05K 1/09	Utilização de materiais para o padrão metálico de circuitos impressos

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Classificação Internacional de Patentes.

Além disso, as principais subclasses utilizadas para classificar as tecnologias reivindicadas no conjunto de dados da expressão (E), foram:

- **G01N** (54 documentos): Investigação ou análise dos materiais pela determinação de suas propriedades químicas ou físicas.
- **A62D** (52 documentos): Meios químicos para extinção de incêndio; processos para tornar inócuos ou menos nocivos os agentes químicos nocivos efetuando uma transformação química; composição de materiais para revestimentos ou roupas para proteção contra agentes químicos nocivos; composição de materiais para partes transparentes de máscaras contra gás, respiradores, sacos

de ar para respiração, ou capacetes; composição de materiais químicos para uso em aparelhos respiratórios.

- **C02F** (42 documentos): Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
- **G03C** (41 documentos): Materiais fotossensíveis para fins fotográficos; processos fotográficos, por exemplo, processos cinematográficos, de raios-x, de fotografia colorida ou estereofotográficos; processos auxiliares para a fotografia.
- **B09C** (40 documentos): Recuperação de solo contaminado.
- **B01J** (32 documentos): Processos químicos ou físicos, por exemplo, catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos.
- **B01D** (29 documentos): Processos de separação de materiais líquidos e sólidos.
- **C07C** (25 documentos): Compostos acíclicos ou carbocíclicos.
- **C12N** (23 documentos): Micro-organismos ou enzimas; suas composições; propagação, conservação, ou manutenção de micro-organismos; engenharia genética ou de mutações; meios de cultura.
- **F23G** (21 documentos): Fornos crematórios; incineração de refugos ou combustíveis de baixo teor por combustão.

A diversidade de patentes recuperadas com a expressão (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem desses resíduos, vai além das subclasses utilizadas na classificação dos documentos. São tecnologias de produto e processo, que vão de métodos de tratamento e reciclagem de vidro proveniente de sucata eletrônica e métodos de fluxos mistos de lixo eletrônico, a dispositivos e métodos de extração de metais liberados por REEE presentes na água, método de análise para detecção de componentes de DDT em tintas, solda do tipo pasta sem halogênio e chumbo, método de fabricação de solução de cromo livre de passivo e ambientalmente amigável para galvanização, método e equipamento para medição por amostragem de poluentes orgânicos presentes no ar, dentre outros.

O Quadro 3.6 apresenta os primeiros vinte registros de patentes, classificados automaticamente pela Plataforma Questel Orbit pela relevância que apresentam em relação à expressão buscada, depositadas com a China como país de prioridade (principal depositante).

Quadro 3.6: Top20 das patentes, por taxa de relevância, da China para a expressão (E).

Top20	TÍTULO	RELEVÂNCIA
1.	Method for recycling and harmless treating of waste electronic glass	100%
2.	Device and method for extracting metals from electronic waste by supercritical water process	99%
3.	A method of recycling mixed streams of e-waste (WEEE)	99%
4.	Lecithin/acetate composite enrichment material with chitosan/acetate surface coating	99%
5.	Analysis method for detecting DDT component in marine vehicle antifouling paint	99%
6.	Intelligent control ore de-ironing equipment with plc (programmable logic controller)	99%
7.	Silencing means for cooling cover type blower	99%
8.	Termite-proof multi-layer solid wood composite floor	99%
9.	No-halogen type leadless solder paste	99%
10.	Environmentally friendly chromium-free passivation solution for galvanization and preparation method thereof	98%
11.	Sn-co-cu tri-elemental lead-free solder	88%
12.	Initiative microenvironment air persistent organic pollutant sampling device and method	86%
13.	Method for screening polychlorinated biphenyl degrading bacterium and polychlorinated biphenyl degrading bacterium	85%
14.	Perfluoro-hexyl sulphonyl oxygen benzyl amine oxide surface active agent as well asand preparation method and application thereof	84%
15.	Device for actively sampling persistent organic pollutant in microenvironment air	83%
16.	Chlordecone antigen and antibody and preparation method thereof	83%
17.	Gemini perfluoroalkylsulfonyloxybenzyl cationic surfactant as well as preparation and application thereof	82%
18.	Method for continuous chemosynthesis of perfluoro surfactant with water as solvent	82%
19.	Analysis detection method of fetal intrauterine multiple pollutant exposure levels	82%
20.	Surface active agent containing hexafluoropropylene tripolymer group and preparation method thereof	82%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

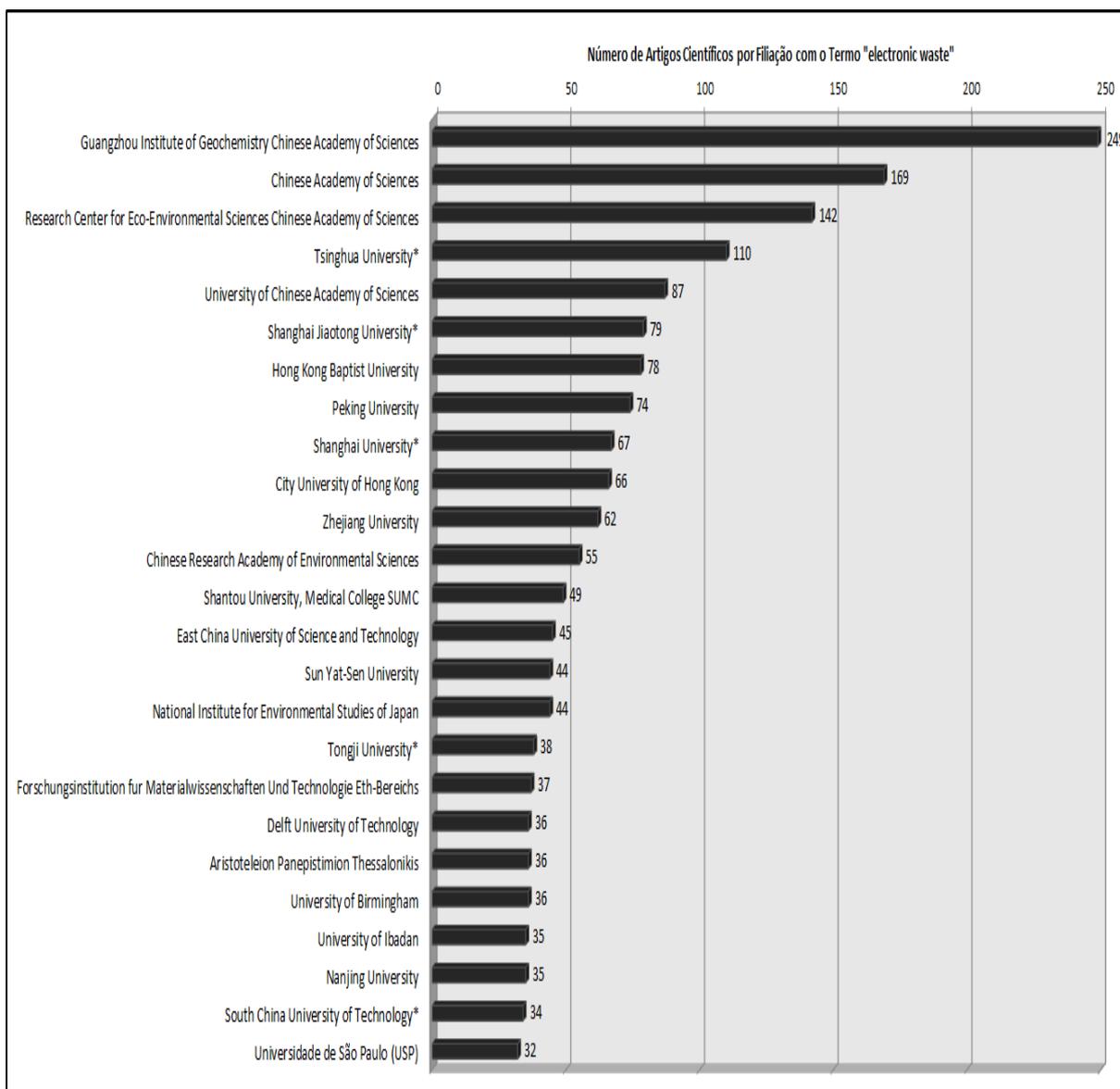
3.2 Instituições e redes de colaboração

Sabendo os tipos de tecnologias reivindicadas em patentes, esta seção analisa os depositantes e apresenta quais instituições têm se aplicado no desenvolvimento tecnológico a fim de sanar, ou diminuir, os problemas causados pelo grande consumo e descarte de equipamentos eletroeletrônicos no mundo. Os dados aqui analisados referem-se aos resultados

da busca simples, baseada no termo “*electronic waste*”, na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus, e da busca complexa, baseada na somatória dos dados recuperados na Plataforma Questel Orbit com as expressões e nas próprias expressões de busca categorizadas (de A a E).

Tanto a filiação dos artigos sobre “*electronic waste*” na base Scopus (Figura 3.5), como das patentes na Plataforma Questel Orbit (Figura 3.6), pertencem, em grande medida, a universidades e institutos de pesquisa da China e do Japão.

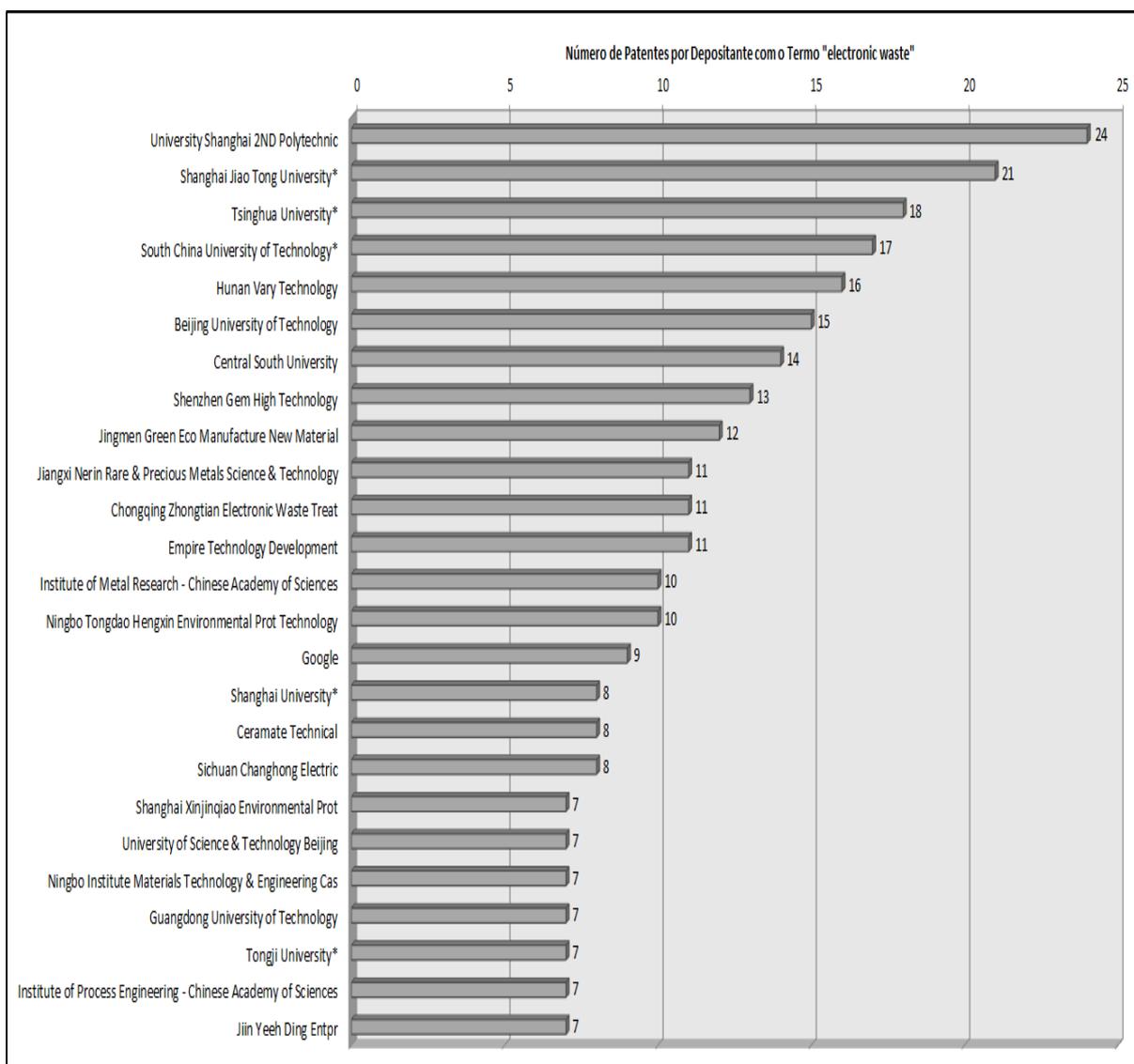
Figura 3.5: Filiação dos artigos científicos sobre “*electronic waste*” na Scopus (1990-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Além de universidades e institutos de pesquisa chineses, ocorreram publicações de 32 artigos científicos pela brasileira Universidade de São Paulo (USP), 35 artigos pela University of Ibadan, da Nigéria, 36 artigos pela University of Birmingham, da Inglaterra, 36 artigos da universidade grega Aristoteleion Panepistimion Thessalonikis, 37 artigos do Laboratório de Pesquisa para Ciência dos Materiais e Tecnologia (Forschungsinstitution für Materialwissenschaften Und Technologie Eth-Bereichs), da Suíça, e 36 artigos da holandesa Delft University of Technology.

Figura 3.6: Filiação das patentes sobre “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit (1990-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Dentre as patentes, o depositante que se destacou por diferir dos demais, dentre os reivindicadores de patentes sobre “*electronic waste*”, foi o Google com nove registros. Neste caso, todos os nove registros foram depositados em 2014, com os EUA como país de prioridade.

Esses nove documentos reúnem diversos componentes que integram uma única tecnologia de um aparelho celular modular⁷³ – com diversas partes modulares que podem ser trocadas individualmente sem que seja necessário o descarte do aparelho inteiro caso algum componente, peça ou parte seja danificada (ERMENKO et al., 2014).

A menção do termo buscado, “*electronic waste*”, surgiu no documento da patente na parte da descrição da tecnologia e de sua importância para a diminuição da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos ao possibilitar a troca de peças e a atualização do dispositivo móvel ao invés de substituí-lo por um novo (ERMENKO et al., 2014).

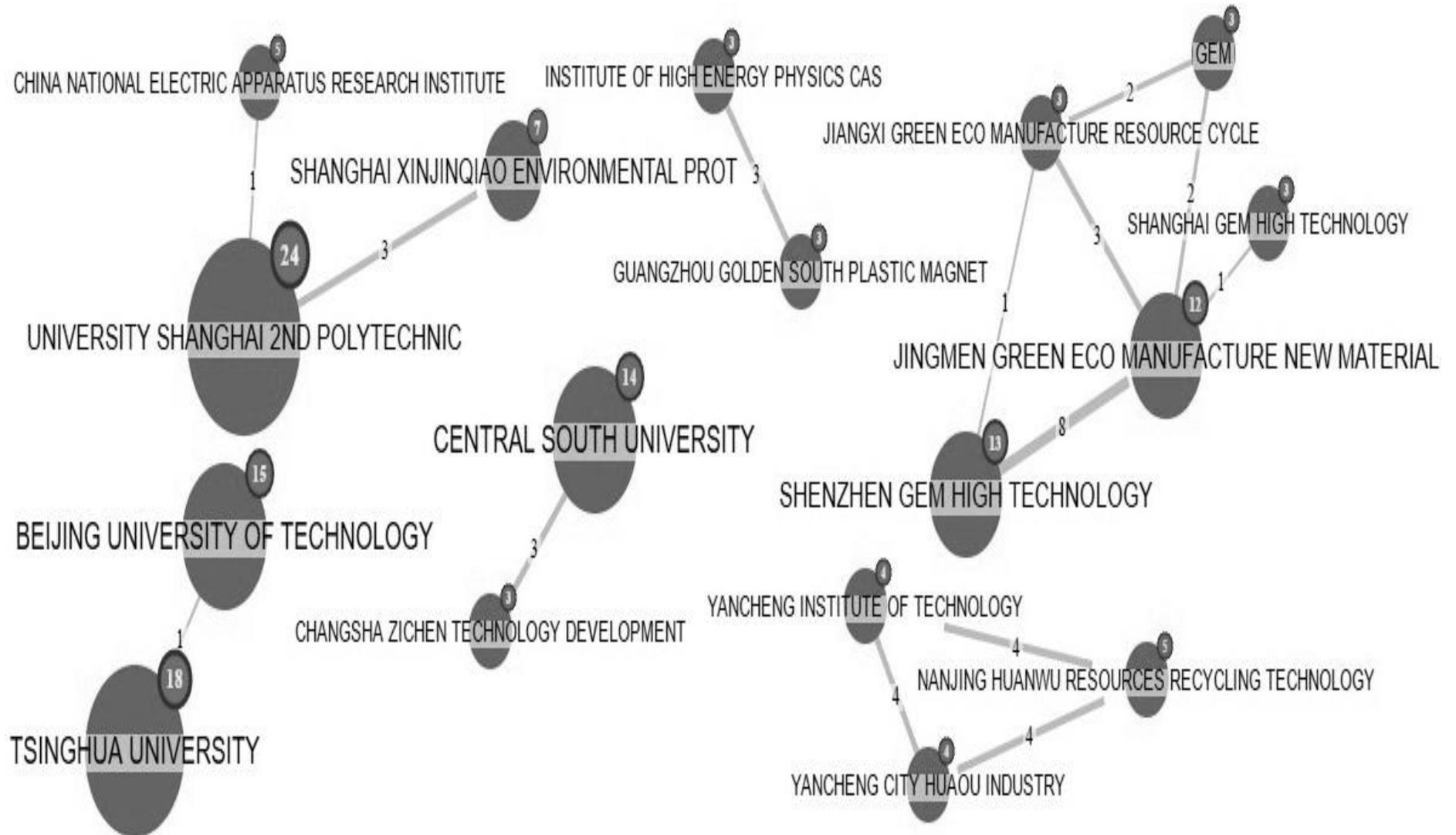
Além disso, algumas universidades chinesas coincidiram em ambos os rankings das Figuras 3.5 e 3.6 (marcadas com asterisco), quais sejam: Shanghai Jiao Tong University, Tsinghua University, South China University of Technology, Shanghai University e Tongji University.

A colaboração entre essas universidades chinesas está mais claramente visualizável na Figura 3.7. As maiores relações de colaboração estão entre a Shenzhen GEM High Technology e a Jingmen Green Eco Manufacture New Material, com oito patentes conjuntas. Outros laços fortes de colaboração existem entre as universidades Yancheng Institute of Technology, Yancheng City Huaou Industry e Nanjing Huanwu Resources Recycling Technology, com quatro patentes em cada colaboração.

Apesar de a University Shanghai 2ND Polytechnic ser detentora de 24 pedidos de patentes, apenas quatro delas foram desenvolvidas em colaboração com outras universidades (no caso, a China National Electric Apparatus Research Institute e a Shanghai Xinjinqiao Environmental Protection).

⁷³ Comercialmente, esse novo celular deverá ser lançado em meados de 2017 com o nome de Ara. Mais informações, com o *design* e o funcionamento do mesmo, podem ser acessadas em: <<http://www.tecmundo.com.br/android/105086-google-construindo-proprio-celular-android-ele.htm>>. O vídeo oficial está disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=aWW5mQadZAY>>, e em: <https://www.youtube.com/watch?v=intua_p4kEQ>. Ambos com acesso em: 21 Jun. 2016.

Figura 3.7: Rede de colaboração entre depositantes sobre “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit.



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

Estas universidades chinesas têm em comum a excelência no ensino e na pesquisa avaliados anualmente por instituições especializadas. O Quadro 3.7 apresenta as colocações dessas cinco universidades em três rankings distintos, sendo que as duas com as melhores colocações são Tsinghua University e Shanghai Jiao Tong University.

Quadro 3.7: Ranking das universidades chinesas que coincidiram nas filiações dos artigos científicos e das patentes sobre “*electronic waste*”.

UNIVERSIDADES	Top Universities in China ⁷⁴ 2016 (top 863)	Overall Ranking 2015 ⁷⁵ Best Chinese Universities Ranking (Academic Ranking of World Universities) (top 192)	China Education Center Ltd. China University Ranking ⁷⁶ 2016 (top 30)
Shanghai Jiao Tong University	2°	4°	7°
Tsinghua University	3°	1°	2°
South China University of Technology	59°	22°	não consta
Shanghai University	42°	39°	não consta
Tongji University	8°	não consta	não consta

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados nos sites dos rankings.

Assim, como no estudo de Lee et al. (2010), os conjuntos de dados de patentes e de artigos científicos aqui reunidos também indicaram que as empresas afetadas pela regulação inovaram (ou seja, realizaram P&D, inventaram alguma coisa “nova e não óbvia”, apresentaram pedidos de patentes de suas invenções, e obtiveram as patentes quando emitidas) cada vez que novas normas ou legislações sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos foram definidas.

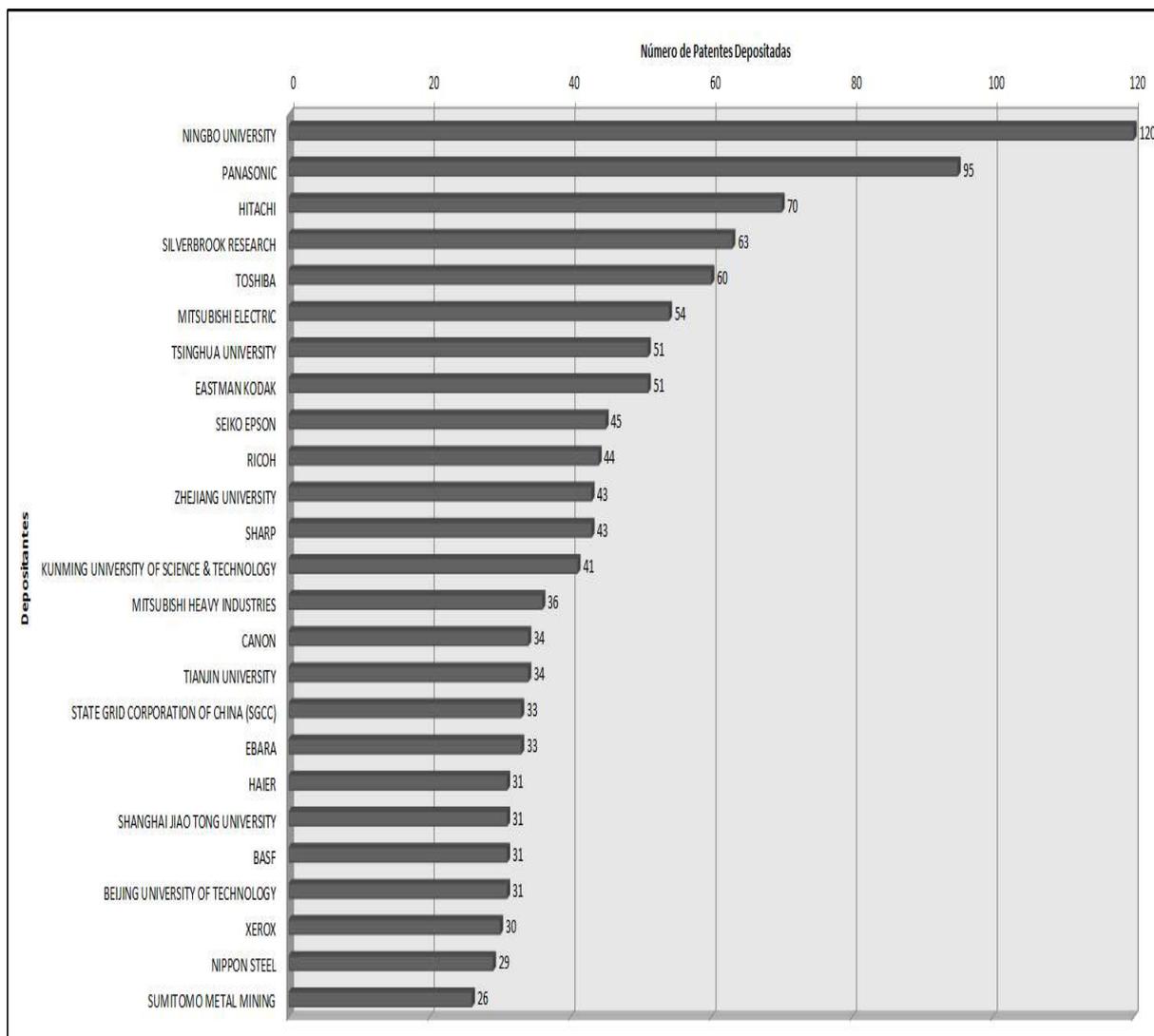
No que diz respeito às fontes da inovação no conjunto de dados relativo à somatória total (e excluídas as repetições) das patentes, os fabricantes de produtos eletrônicos, as indústrias siderúrgicas e universidades e institutos de pesquisa foram os principais intervenientes no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. A Figura 3.8 ilustra esse índice do número de patentes reivindicadas por depositante.

⁷⁴ Disponível em: <<http://www.4icu.org/cn/>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

⁷⁵ Disponível em: <http://www.shanghairanking.com/Chinese_Universities_Rankings/Overall-Ranking-2015.html>. Acesso em: 30 mai. 2016.

⁷⁶ Disponível em: <<http://www.chinaeducer.com/en/university.php>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

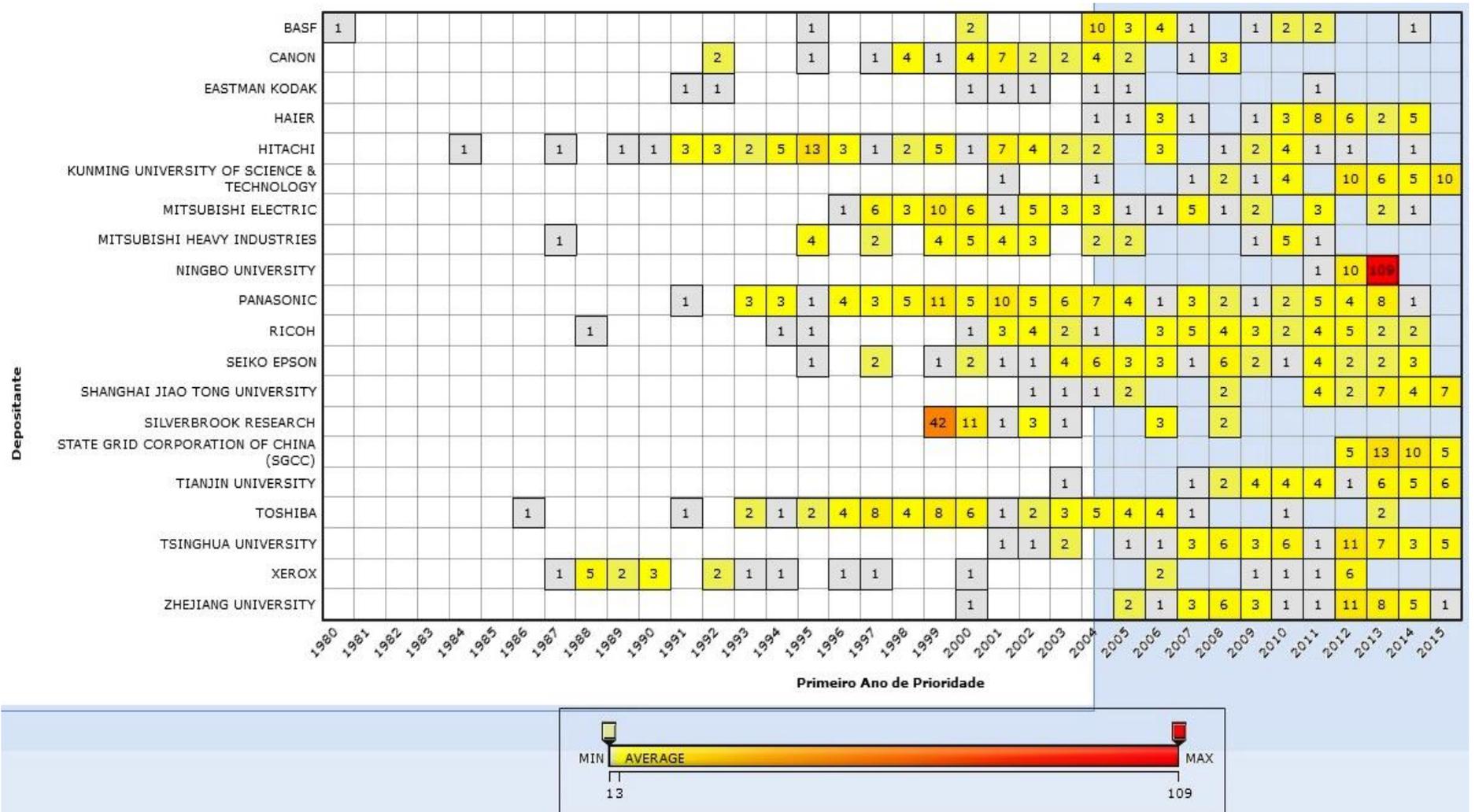
Figura 3.8: Ranking de instituições na somatória geral das patentes recuperadas (e excluídas as repetições) sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A Figura 3.9 ilustra o depósito de patentes dos vinte maiores depositantes para o período de 1980 a 2015. A partir dela, percebeu-se que os fabricantes de eletroeletrônicos e as indústrias siderúrgicas foram as principais fontes da inovação após a publicação do Tratado da Convenção de Basiléia, em 1992, e mantiveram-se como tal do início das discussões sobre uma possível regulação do descarte e da reciclagem de REEE na União Europeia, à fase que culminou na publicação dos textos das diretivas europeia WEEE e RoHS, em 2003.

Figura 3.9: Evolução do depósito de patentes por depositante ao longo de 1980 a 2015, na somatória geral dos documentos recuperados sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

Os anos 2000 marcaram também a entrada de universidades chinesas e institutos de pesquisa neste ranking – dando-se por meio da intensificação do depósito de pedidos de patentes sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos.

Apesar de ser visível que a cota de patentes total dos fabricantes aumentou ao longo do tempo, o início da década de 2010 foi marcado pela presença acentuada das indústrias siderúrgicas e do aumento significativo do patenteamento das universidades e institutos de pesquisa. Observou-se, também, que a participação dos fabricantes de eletroeletrônicos no desenvolvimento de tecnologias de reciclagem destes equipamentos foi diminuindo ao longo do tempo.

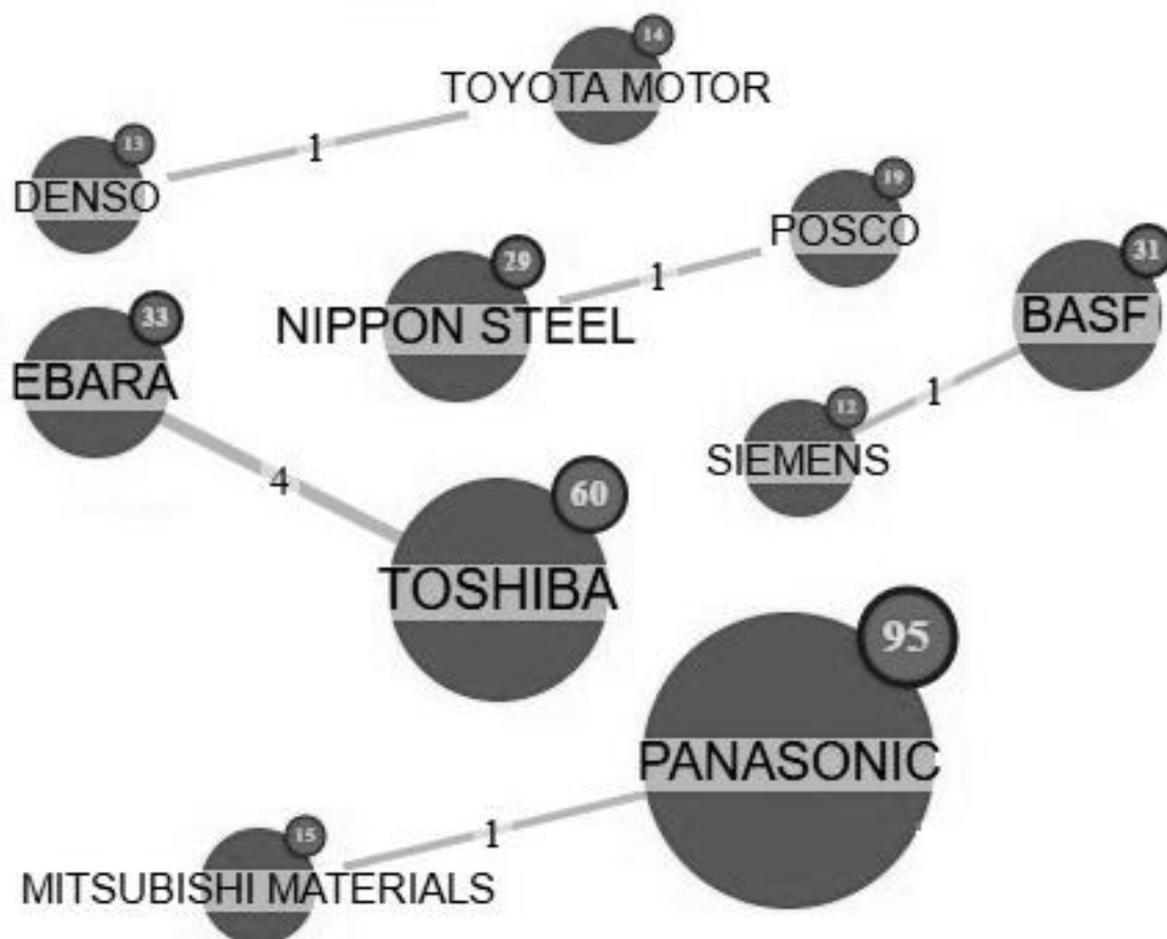
A forte pressão para desenvolver e implementar um novo sistema tecnológico dentro de um prazo relativamente curto, devido aos regulamentos que forçam o desenvolvimento de tecnologias, influenciou a colaboração entre as empresas.

A colaboração entre empresas depositantes, neste conjunto de dados relativo à somatória total das patentes (e excluídas as repetições), ilustrada na Figura 3.11, ocorreu entre empresas de um mesmo setor e mesma nacionalidade (como, por exemplo, Sony, Sharp e Mitsubishi Electric, ou Toyota Motor e Denso), empresas de um mesmo setor e diferente nacionalidade (como, por exemplo, Posco e Nippon Steel), empresas de mesma nacionalidade e setores distintos (como, por exemplo, Siemens e Basf), empresas de setores distintos (como, por exemplo, Toshiba e Ebara), e entre universidades e institutos de pesquisa de mesma nacionalidade (como, por exemplo, Institute of Process Engineering of Chinese Academy Of Sciences e University of Science & Technology Beijing).

Apesar de a empresa Panasonic encontrar-se na segunda posição no ranking de depositantes e deter a reivindicação de 95 patentes, o desenvolvimento de grande parte de suas tecnologias não se deu em colaboração a outras empresas, pois apenas uma patente teve depósito em colaboração a outra empresa (no caso, a Mitsubishi Materials). As maiores relações de colaboração estão entre as empresas Toshiba e Ebara (com quatro patentes conjuntas) e entre as chinesas North China Electric Power University e State Grid Corporation of China (SGCC), com cinco patentes em colaboração.

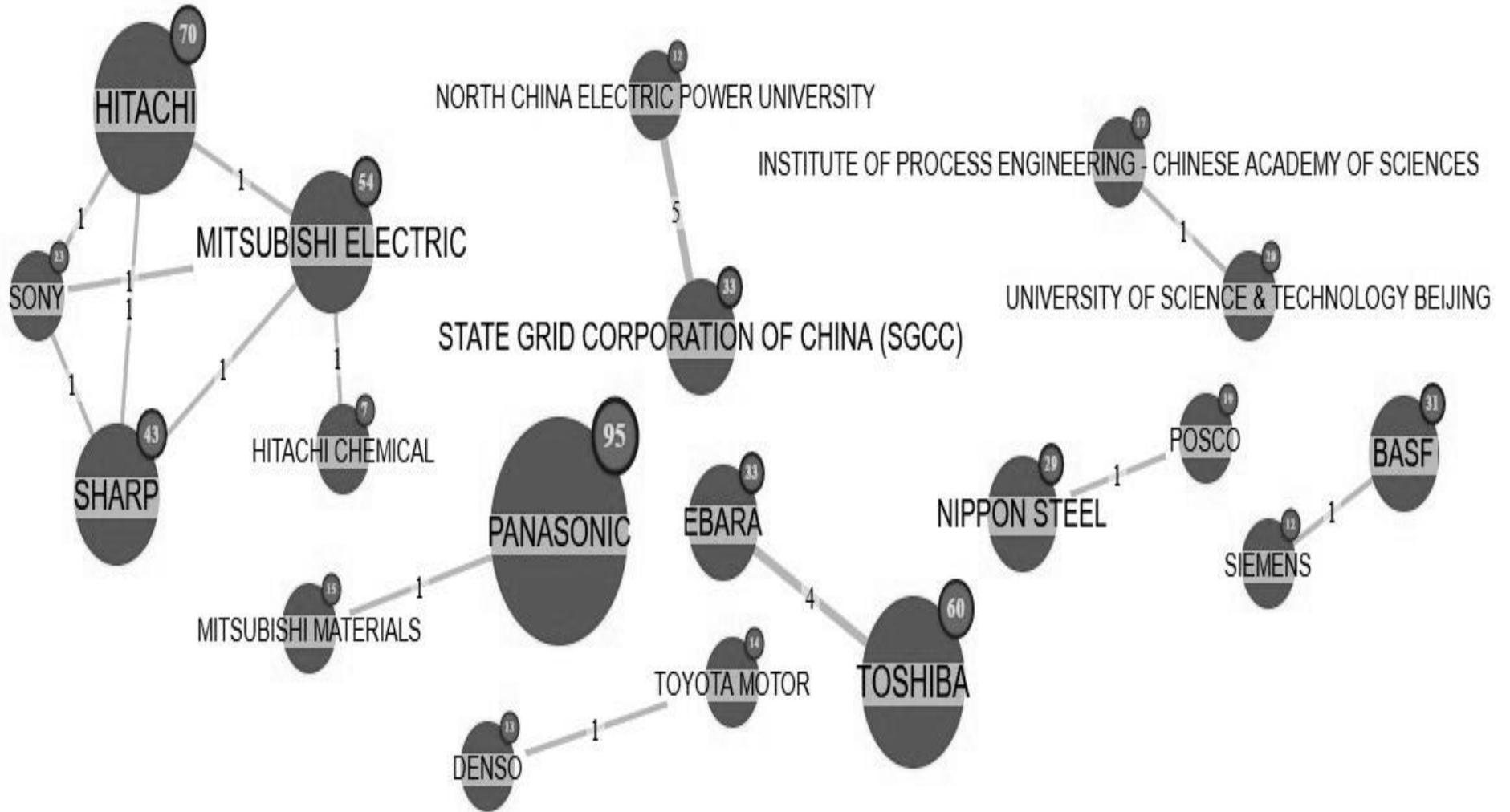
A Figura 3.10 ilustra a rede simples de colaboração entre depositantes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, e a Figura 3.11 apresenta a rede completa de colaboração.

Figura 3.10: Rede simples de colaboração entre empresas depositantes, do conjunto de dados relativo à somatória total das patentes, sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

Figura 3.11: Rede completa da colaboração entre empresas depositantes, do conjunto de dados relativo à somatória total das patentes, sobre reciclagem de eletroeletrônicos (1950-2015).

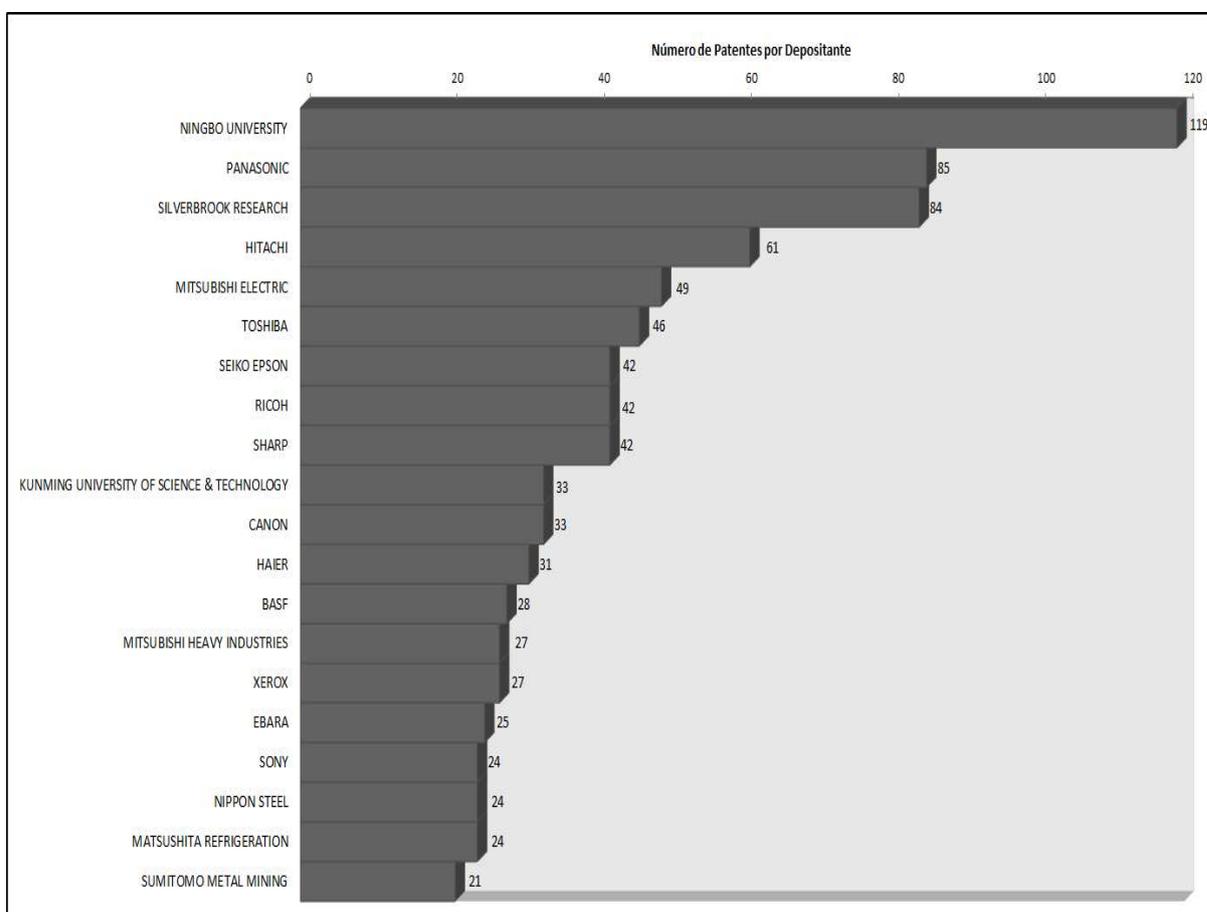


Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

As fontes do patenteamento sobre a reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos seguem, para cada categoria de (A) a (D) separadamente, o mesmo padrão apresentado pelos registros somados, ou seja, os depositantes pertencem em grande medida ao setor produtivo da indústria eletrônica, siderúrgicas, universidades e institutos de pesquisa.

A Figura 3.12 ilustra o ranking de depositantes da expressão (A), sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em geral, cujos termos de busca foram retirados do documento da Diretiva WEEE. Do total de 7.308 patentes recuperadas nesta categoria, a universidade chinesa Ningbo University deteve o maior número de registros: 119. Em seguida, ficaram Panasonic (fabricante japonês de produtos eletrônicos), com 85 patentes, Silverbrook Research (instituto de pesquisa com sede na Austrália), com 84 patentes, Hitachi (fabricante japonês de produtos eletrônicos — bens de consumo — e produtos industriais), com 61 patentes. A presença da indústria eletrônica foi marcada também por outros fabricantes como, por exemplo, Toshiba, Seiko Epson, Ricoh, Sharp, Canon, Xerox e Sony.

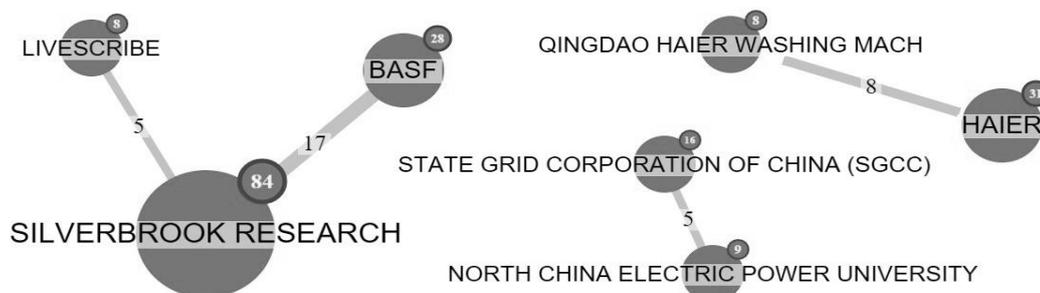
Figura 3.12: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (A), sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A colaboração entre as instituições que depositaram patentes na categoria (A), sobre reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em geral, teve forte relação entre o instituto de pesquisa australiano, Silverbrook Research, e a indústria química alemã, Basf, com 17 patentes reivindicadas em conjunto. As atividades de colaboração também foram grandes entre a fabricante chinesa de eletroeletrônicos, Haier, e seu próprio instituto de pesquisa, Qingdao Haier, com oito patentes. A North China Electric Power University atuou em colaboração com a companhia nacional de energia elétrica da China (SGCC) no desenvolvimento de cinco patentes. A Figura 3.13 ilustra essas relações de colaboração entre depositantes.

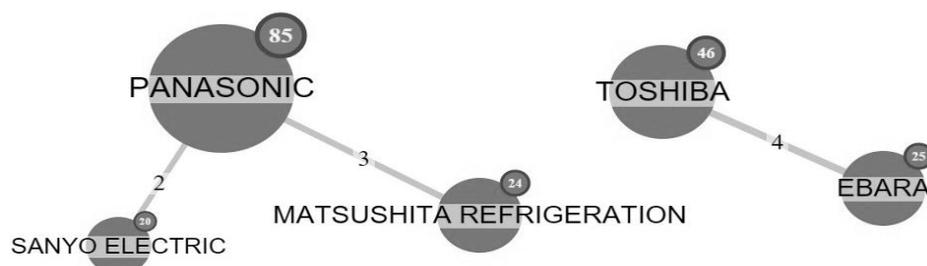
Figura 3.13: Colaboração entre instituições da expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

A colaboração entre empresas de mesmo setor ocorreu entre as indústrias japonesas de produtos eletroeletrônicos Panasonic e Sanyo Electric (com duas patentes conjuntas), e entre a Matsushita Refrigeration e a Panasonic (com três patentes conjuntas). Ambas são empresas parceiras (como *joint-venture*) da Panasonic na fabricação de peças e produtos eletrodomésticos e eletroeletrônicos. A Figura 3.14 ilustra essas relações.

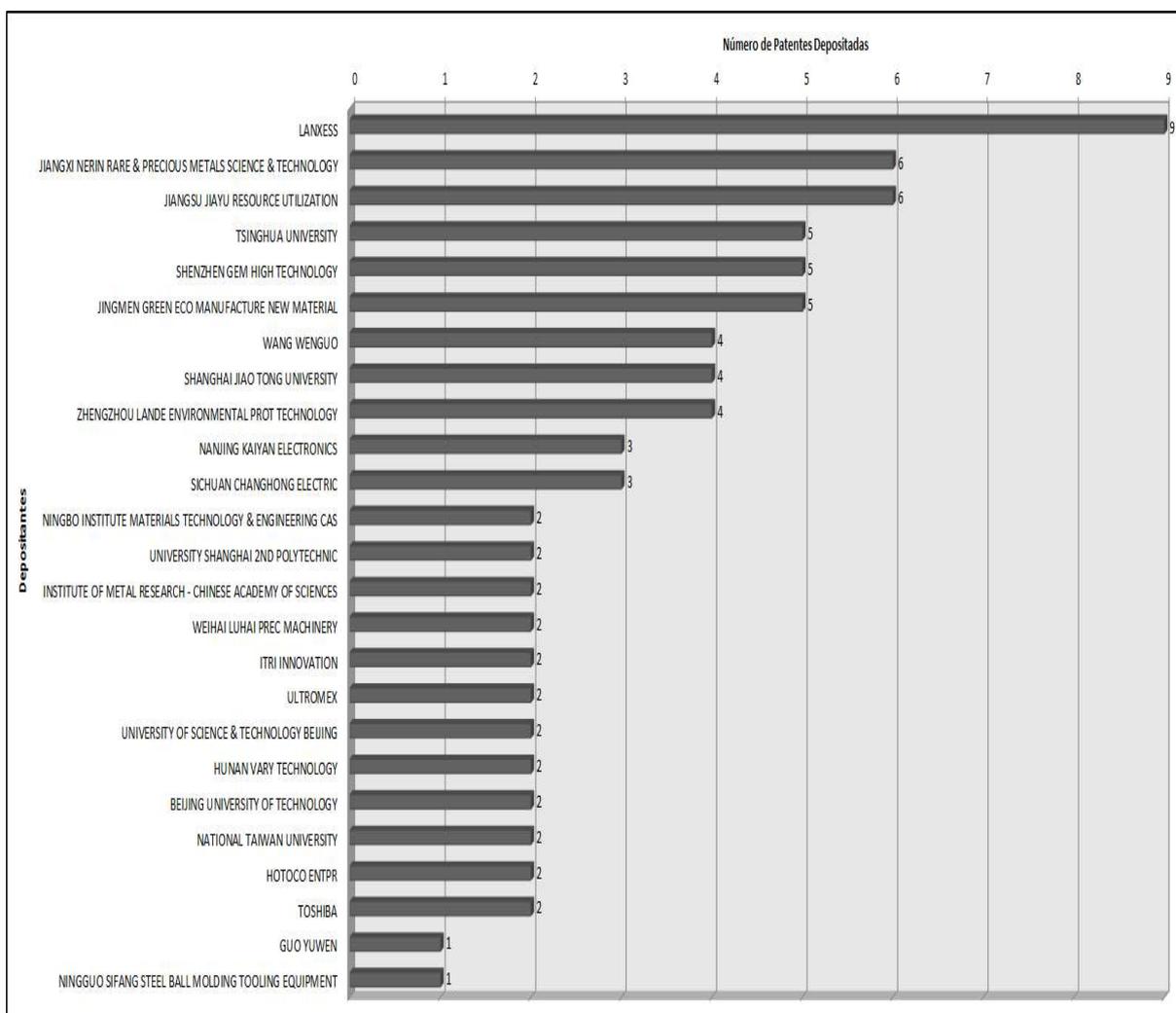
Figura 3.14: Colaboração entre instituições do setor eletrônico na expressão (A), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos em geral (1950-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

A Figura 3.15 ilustra o ranking de depositantes da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. No total foram recuperadas 186 patentes nesta categoria, das quais nove são da empresa alemã que atua no setor químico e de polímeros, Lanxess (criada a partir da reorganização das atividades no âmbito do grupo Bayer AG). Outra indústria química, que produz tintas, resinas e revestimentos, e fabrica equipamentos de revestimento de eletrodeposição, a constar neste ranking foi Hotoco Enterprise (Taiwan), com duas patentes.

Figura 3.15: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Considerando que esta categoria objetivou recuperar documentos sobre tecnologias de processo de reciclagem de sucata eletrônica, o ranking de depositantes refletiu este ensejo ao apresentar, em grande medida, universidades e institutos de pesquisa como, por exemplo, os

institutos de pesquisa Jiangsu Jiayu Resource Utilization (China) e Itri Innovation (Reino Unido), e as universidades Tsinghua University (com cinco patentes), Shanghai Jiao Tong University (com quatro patentes), University Shanghai 2ND Polytechnic (com duas patentes), Institute of Metal Research of Chinese Academy of Sciences (com duas patentes), Beijing University of Technology (com duas patentes), National Taiwan University (com duas patentes), dentre outras.

Entretanto, notou-se que este é um tema que abrange diversas áreas de desenvolvimento tecnológico, pois neste ranking as empresas depositantes pertencem a uma variedade de ramos industriais, como a indústria siderúrgica representada pela empresa chinesa Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology, com seis patentes. A indústria eletrônica também marcou presença com a empresa chinesa Nanjing Kaiyan Electronic Corporation (fabricante de cabos conectores, CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp), telas de LCD e cascos de PCs e notebooks), com três patentes; a chinesa Sichuan Changhong Electric (de televisores — com visor de cristal líquido (LCD), painel de display de plasma (PDP) e tridimensional (3D) —, condicionadores de ar, refrigeradores, tecnologia da informação (TI), produtos de comunicação, baterias, equipamentos de áudio e vídeo digital, produtos de banho e cozinha), com três patentes; e a japonesa Toshiba (com duas patentes).

Dentre outras, estão uma fornecedora da indústria eletrônica, Weihai Luhai Precision Machinery (China) com duas patentes; uma prestadora de serviços para indústrias de alumínio, Ultromex (Reino Unido) com duas patentes; uma fornecedora de maquinário para siderurgias, Ningguo Sifang Steel Ball Molding Tooling Equipment (China) com uma patente; e, uma indústria de reciclagem de REEE, veículos e pneus, além de fabricante de trituradores e de equipamentos para centrais de tratamento de água, Hunan Vary Technology (China) com duas patentes.

As patentes reivindicadas pela empresa Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology são, em grande medida, de tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. O Quadro 3.8 apresenta alguns dos títulos desses documentos.

Quadro 3.8: Patentes depositadas pela empresa Jiangxi Nerin, recuperadas com a expressão (B).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Electronic waste treatment system	Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology	CN204265819
Method and system for treating electronic scrap smoke	Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology	CN104383801
Dynamic wave system used for treating combustion flue gas of electronic waste material	Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology	CN104772022
Method and system for treating electronic scraps	Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology	CN104372175

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

As tecnologias de processo reivindicadas por Jiangxi Nerin são de sistemas de tratamento de lixo eletrônico, método e sistema de tratamento de fumaça de sucata eletrônica, sistema de onda dinâmica usado no tratamento de gases de combustão de lixo eletrônico e método e sistema para o tratamento de REEE.

As patentes depositadas pela Universidade Tsinghua, chinesa, seguem no mesmo caminho – são diretamente relacionadas a tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Conforme apresentado no Quadro 3.9, são equipamentos seguros para a descontaminação de vidros de tubos de raios catódicos (CRT), método de separação por fissuração a quente dos bulbos de vidros de CRT, material de cerâmica especial feito para cortar e esmagar placas de circuitos, assim como de método para preparação dos mesmos, e, um equipamento para a desmontagem de componentes de placas de circuitos sucata a fim de serem reutilizados.

Quadro 3.9: Patentes depositadas pela Tsinghua University, recuperadas com a expressão (B).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Waste CRT (Cathode Ray Tube) display glass harmless cleaning equipment	Tsinghua University	CN202705238
Method for degrading polybrominated diphenyl ethers using surface active agent solubilization combined with UV technique	Tsinghua University	CN101461989
CRT glass bulb hot cracking separation method	Tsinghua University	CN101328010

Quadro 3.9 – Continuação...

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Disassembly device for reusable surface-mounted components of waste circuit board	Tsinghua University	CN103495783
Special ceramic cutter material for crushing wire-board or circuit board and preparation method thereof	Tsinghua University	CN101157554

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Em contrapartida, o Quadro 3.10 apresenta, como exemplo ilustrativo do universo de patentes recuperado com a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE, os títulos das patentes do maior depositante neste ranking, a empresa alemã Lanxess (com nove patentes), que atua no setor químico e de polímeros.

Quadro 3.10: Patentes depositadas pela empresa Lanxess, recuperadas com a expressão (B).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Picolylamine resins	Lanxess	DE102008012224
Chelate resin	Lanxess	WO2009013142
Method for improved removal of cations using chelate resins	Lanxess	DE102009047847
Method for producing chelate resins	Lanxess	WO2009013149
Process for preparing monodisperse, crosslinked bead polymers having thiourea groups and their use for adsorbing metal compounds	Bayer; Lanxess	CA2316692

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

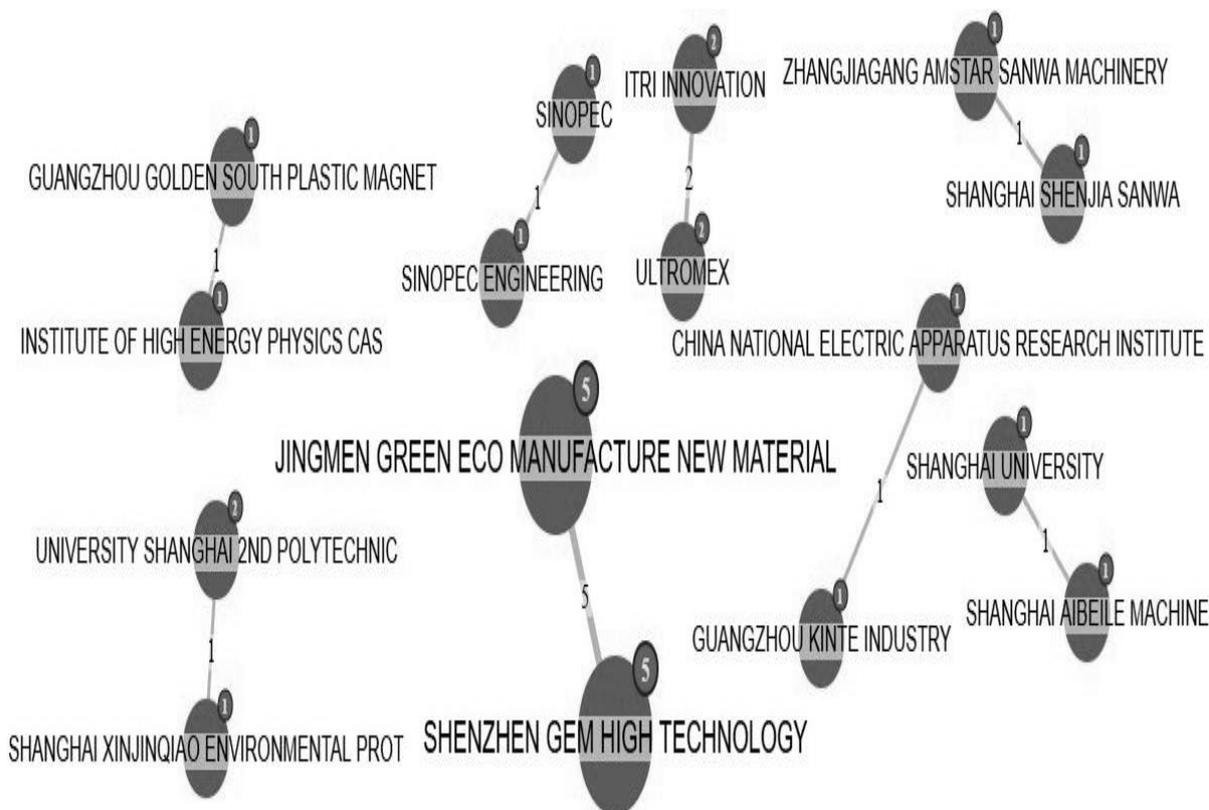
Nestes exemplos, do Quadro 3.10, constam patentes de tecnologias de processo de produção e melhoramento para a fabricação de resinas, mas também um processo de preparação de um polímero com capacidade para a adsorção⁷⁷ de compostos metálicos. Não são tecnologias diretamente relacionadas à reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, mas complementam este processo de reciclagem. Os subprodutos, da reciclagem de REEE, podem servir como base para a fabricação de resinas (como essas patenteadas por Lanxess e Bayer). Ressalta-se que estas patentes foram recuperadas no conjunto de dados sobre tecnologias de

⁷⁷ Adsorção é o processo pelo qual átomos, moléculas ou íons (o adsorvido) são retidos na superfície de sólidos (o adsorvente) através de interações de natureza química ou física. O grau de adsorção depende da temperatura, da pressão e da área da superfície - os sólidos porosos, como o carvão ativado, são ótimos adsorventes.

processo de reciclagem de REEE, pois mencionam no conteúdo de seus documentos (na revisão tecnológica, na descrição da tecnologia ou em suas reivindicações) as palavras-chave utilizadas na busca⁷⁸.

A colaboração das instituições da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE, ocorreu em grande medida entre universidades e institutos de pesquisa, como, por exemplo, entre a University Shanghai 2ND Polytechnic e Shanghai Xinjinqiao Environmental Protection; e entre institutos de pesquisa e empresas do setor eletrônico, como, por exemplo, China National Electric Apparatus Research Institute e Guangzhou Kinte Industry. A Figura 3.16 ilustra a rede de colaboração entre instituições dessa expressão.

Figura 3.16: Colaboração entre instituições da expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).

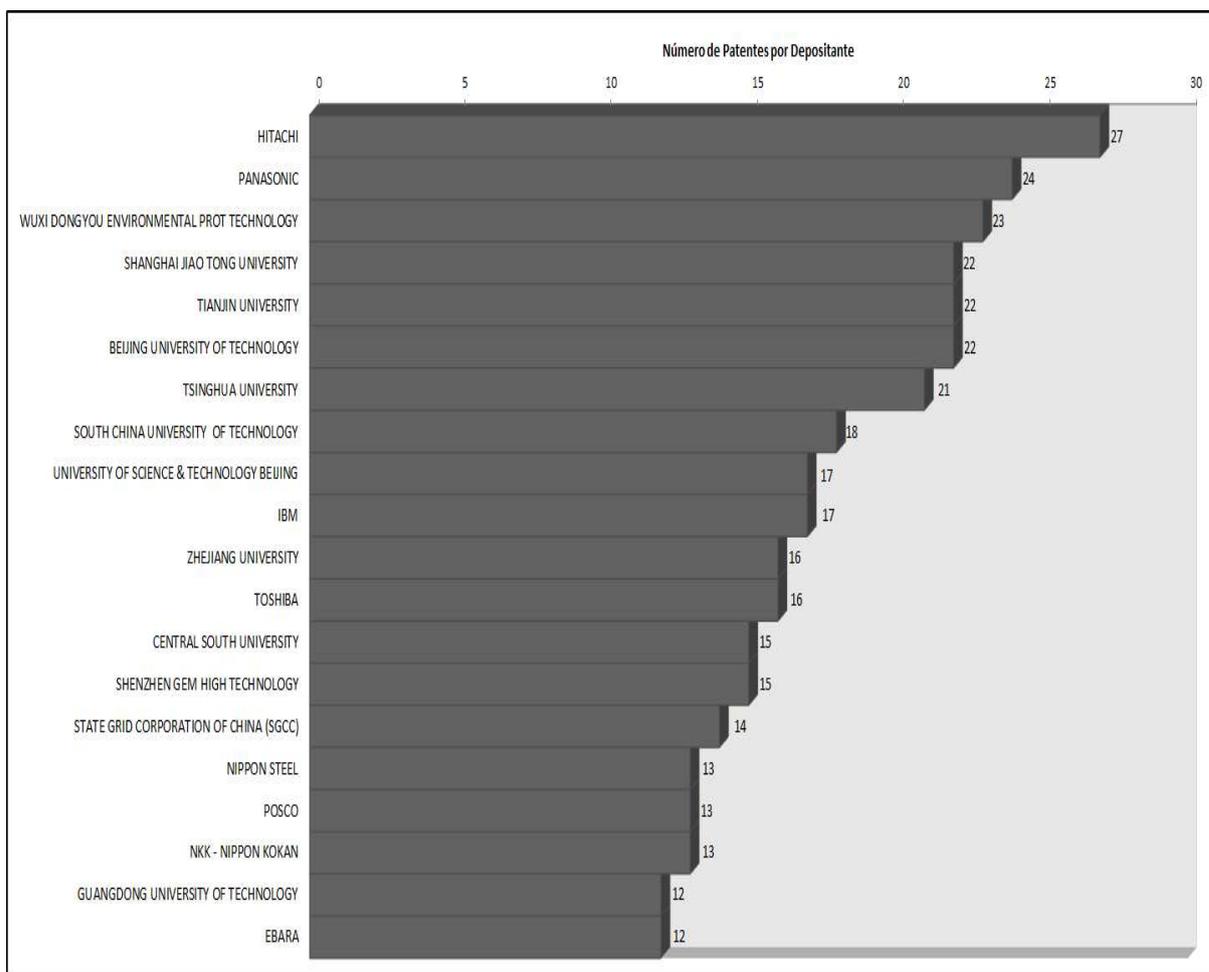


Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

⁷⁸ Alguns dos termos utilizados na busca da expressão (B) foram: electronic waste process, electronic waste retriever, electronic waste treatment, electronic waste recycling, automatic electronic waste sorting, electronic recovery, reverse logistic process, reverse logistic operation, reverse supply chain, recycling supply chain, waste disposal activities, remanufacture electrical electronic equipment, reverse chain, end-of-life phase, end-of-engineering, end-of-warranty, e-waste recycling, computer environment, impact, e-waste flows, refurbishment.

A Figura 3.17 ilustra o ranking de depositantes da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos. No total foram recuperadas 3.761 patentes nesta categoria, das quais 27 pertencem à Hitachi, e 24 à Panasonic – ambas são empresas fabricantes de produtos eletrônicos, assim como IBM (com 17 patentes) e Toshiba (com 16 patentes).

Figura 3.17: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Além disso, considerando os demais depositantes, notou-se que esta categoria foi dominada pela China, pois a presença de universidades e institutos de pesquisa chineses foi marcante com, por exemplo, Shanghai Jiao Tong University (22 patentes), Tianun University (22 patentes), Beijing University of Technology (22 patentes), Tsinghua University (21 patentes), South China University of Technology (18 patentes), University of Science & Technology Beijing (17 patentes), Zhejiang University (16 patentes), Central South

University (15 patentes), Shenzhen Gem High Technology (15 patentes), Guangdong University of Technology (12 patentes), dentre outras.

As patentes depositadas por Hitachi se referem a tecnologias de produto e de processo, pois reivindicam máquinas e equipamentos, que realizam a reciclagem de REEE, e também processos de produção para a reciclagem dos mesmos. Constam desde equipamentos para lidar com a gestão de informação e apoio ao planejamento da reciclagem de resíduos; sistemas de gestão de distribuição de resíduos para reciclagem, assim como sistema de reciclagem de equipamento elétrico doméstico; até métodos específicos para a recuperação de metais de equipamentos de diálise, solução de lixiviação para método de recuperação de metais e método de extração de lítio de metais. Além destes, há métodos para recuperação e dispositivo para o descarte de resíduos de equipamentos eletrodomésticos e um método específico para a desmontagem de resíduos de aparelhos de televisão e equipamentos afins.

O Quadro 3.11 apresenta os títulos de algumas das patentes reivindicadas por Hitachi e colaboradores.

Quadro 3.11: Patentes depositadas por Hitachi, recuperadas com a expressão (C).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Information management apparatus dealing with waste and waste recycle planning supporting apparatus	Hitachi	JPH05342224
Metal recovery method and dialysis device	Hitachi	WO2011104798
Leaching solution and metal recovery method	Hitachi	WO2012070193
Recovery and disposal device and method for waste electric household appliances	Hitachi	JPH11151481
Waste distribution management system for recycling and domestic electric equipment recycling system utilizing the same	Hitachi; Mitsubishi Electric; Sanyo Electric; Sharp; Sony	JP2002230153
Metal recovery method and metal recovery device	Hitachi	WO2012026061
Waste home electric appliance dismantling method	Hitachi; Hitachi Techno Engineering	JPH0957698
Resource recycling method from electronic part-mounted waste printed circuit board	Hitachi	JPH09262573
Lithium extraction method, and metal recovery method	Hitachi	WO2012042714
Dismounting method for waste television set and the like	Hitachi; Hitachi Techno Engineering	JPH0948000

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

O segundo maior depositante na categoria (C), Panasonic, depositou patentes de um aparelho para tratamento e reciclagem de resíduos de eletrodomésticos, outro equipamento para tratamento do esgoto proveniente de sistemas de reciclagem de resíduos de equipamentos eletrodomésticos e um dispositivo cortante para reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos (incluído de um método de reciclagem próprio, que se utiliza do equipamento de corte reivindicado).

Além destes equipamentos, foram reivindicados métodos para tratamento e reciclagem de aparelhos eletrodomésticos, com a recuperação de materiais valiosos a partir de método de separação do material metálico de placas de circuito impresso (por meio de destiladores a seco já utilizados no tratamento de resíduos) e de componentes eletrônicos. O Quadro 3.12 apresenta os títulos de algumas das patentes reivindicadas pela Panasonic recuperadas com a expressão (C).

Quadro 3.12: Patentes depositadas por Panasonic, recuperadas com a expressão (C).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Apparatus for recycling treatment of waste household electric product	Panasonic	KR20020053697
Cutting device of waste electric appliance, and collecting method for recycling waste electric appliance using the cutting device	Panasonic	JP2009214174
Sewage treatment apparatus of waste household electric appliance recycling treatment apparatus	Panasonic	JP2002136977
Method for treating waste household electric appliance to recycle the same as resources	Panasonic	JP2003112156
Method of recovering valuable materials from waste household electrical appliance	Panasonic	WO2009004801
Mounting method for electronic part with lead wires	Panasonic	JPH10244428
Method for separating metallic material from waste printed circuit boards, and dry distillation apparatus used for waste treatment	Panasonic	EP1008395
Method for separating metal material from waste printed circuit board and method of separating electronic component	Panasonic	CN1260250

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A expressão (C) recuperou 2.254 patentes da China. Dentre os depositantes chineses encontram-se universidades e institutos de pesquisas, fabricantes de máquinas de reciclagem (como, por exemplo, a Hunan Vary Technology) e a Companhia Nacional de rede elétrica da China (SGCC). O Quadro 3.13 apresenta este ranking de depositantes da China.

Quadro 3.13: Ranking de instituições chinesas da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

DEPOSITANTES	NÚMERO DE PATENTES
Tsinghua University	23
Wuxi Dongyou Environmental Prot Technology	23
Shanghai Jiao Tong University	22
Tianjin University	22
Beijing University of Technology	22
South China University of Technology	18
University of Science & Technology Beijing	17
Central South University	16
State Grid Corporation of China (SGCC)	16
Zhejiang University	16
Shenzhen Gem High Technology	13
Guangdong University of Technology	12
Hunan Vary Technology	11
Institute of Process Engineering - Chinese Academy of Sciences	10
University Shanghai 2nd Polytechnic	10
Southwest University of Science and Technology	10
Ningbo Tongdao Hengxin Environmental Prot Technology	10
Beijing Eastern Union Biopharmaceuticals	9
Jingmen Green Eco Manufacture New Material	9

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Nesta categoria (C), 448 patentes foram depositadas pelo Japão, por depositantes da indústria eletrônica (como, por exemplo, Panasonic, Toshiba, Sony e Sharp), siderurgia (como, por exemplo, Sumitomo Metal Mining, Kobe Steel, Nippon Steel), produtora de navios, trens, empilhadeiras e peças aeroespaciais (Mitsubishi Heavy Industries), fornecedora de autopeças e componentes automotivos (Denso), equipamentos de transporte (Kawasaki Heavy Industries), dentre outros. O Quadro 3.14 apresenta o ranking de depositantes japoneses para a expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos.

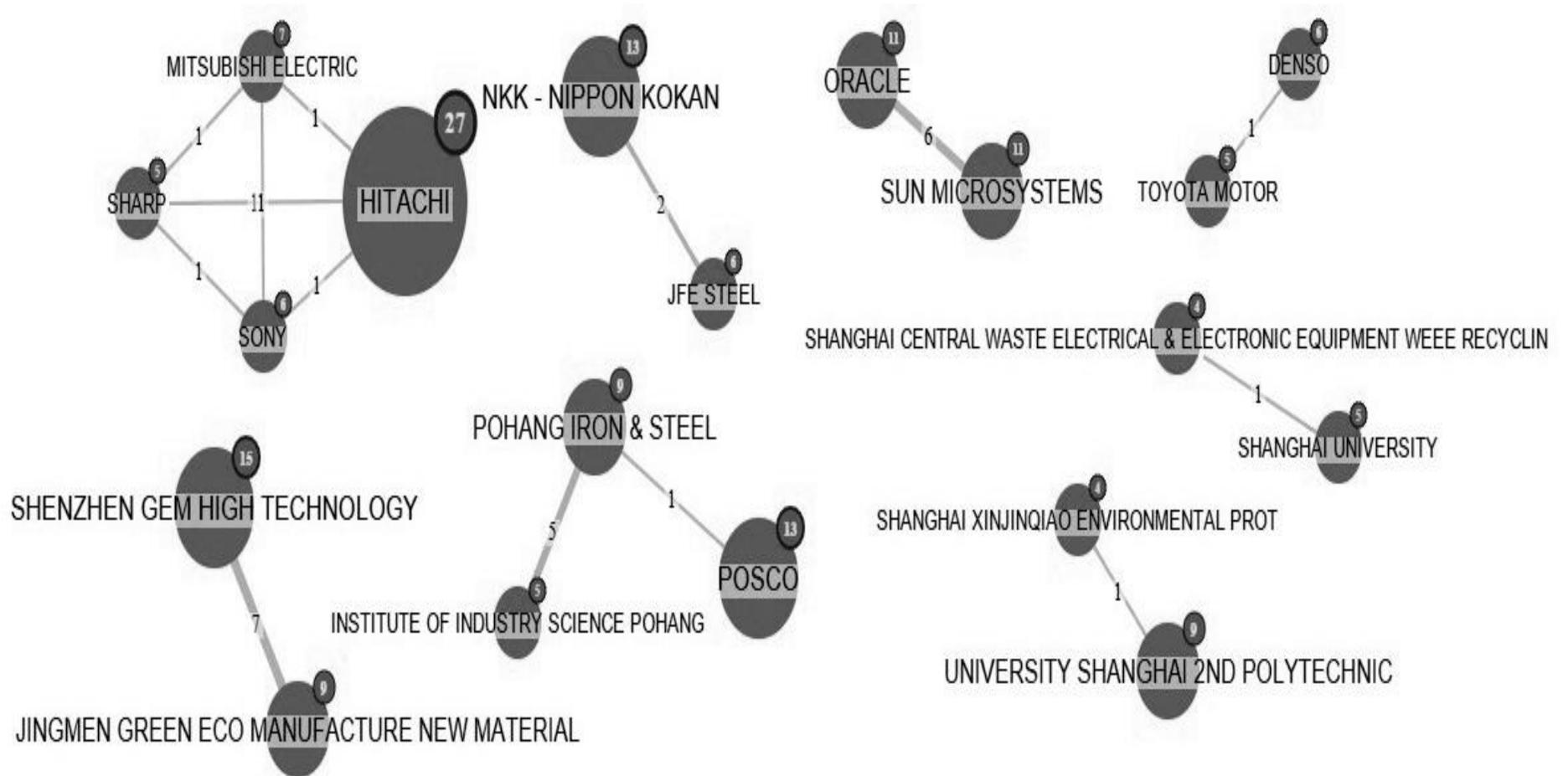
Quadro 3.14: Ranking de instituições japonesas da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

DEPOSITANTES	NÚMERO DE PATENTES
Hitachi	25
Panasonic	20
Toshiba	15
NKK - Nippon Kokan	12
Ebara	10
Sumitomo Metal Mining	9
Mitsubishi Heavy Industries	9
Nippon Steel	9
Denso	8
Kobe Steel	7
Mitsubishi Electric	7
Kurita Water Industries	6
Sony	6
Mitsubishi Materials	5
Toyota Motor	5
Sharp	5
Sun Microsystems	5
National Institute of Advanced Industrial Science & Technology	4
Kawasaki Heavy Industries	4
Ihi-Ishikawajima Harima Heavy Industries	4

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A rede de colaboração entre as instituições dessa categoria, sobre reciclagem de metais presentes nos REEE, é bem ramificada, e Hitachi, o depositante com o maior de número de patentes, apresentou relacionamento com outras empresas do setor eletrônico, como Sharp e Sony. Além disso, a indústria de ferro e aço, Posco, atuou em colaboração à empresa de mesmo setor, Pohang Iron & Steel – que desenvolveu suas tecnologias em parceria com o próprio instituto de pesquisa, Institute of Industry Science Pohang. Outras siderúrgicas que atuaram em parceria foram NKK-Nippon Kokan e JFE Steel. Ocorreu colaboração entre universidades e institutos de pesquisa, como, por exemplo, Shanghai University e Shanghai Central WEEE Recycling, e entre Shanghai Xinjinqiao Environmental Protection e University Shanghai 2ND Polytechnic. A Figura 3.18 ilustra a rede completa de colaboração entre os depositantes dessa expressão (C).

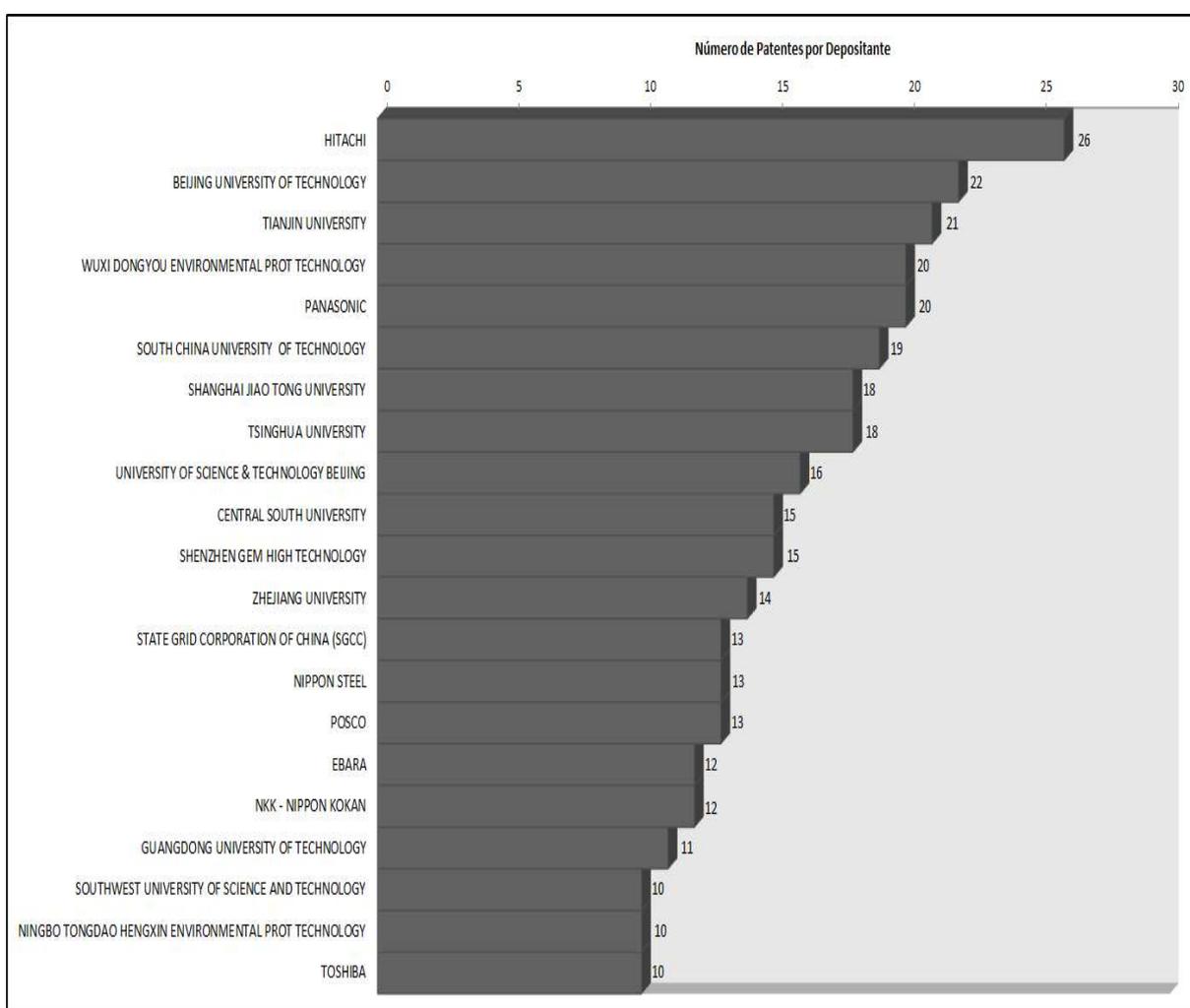
Figura 3.18: Colaboração entre instituições da expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes no resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

O ranking de depositantes da expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos, segue ilustrado na Figura 3.19. No total foram recuperadas 3.361 patentes nesta categoria, das quais 26 foram reivindicadas pela Hitachi. O ranking de depositantes desta categoria ficou muito parecido com o da categoria (C), de reciclagem de metais da sucata eletrônica, pois conta com empresas da indústria eletrônica e de universidades chinesas.

Figura 3.19: Ranking de instituições depositantes de patentes na expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Neste contexto, as incertezas sobre as soluções tecnológicas (devido à competitividade dinâmica, mencionada por Porter e Van Der Linde (1995), ou a brechas na legislação) teriam induzido as empresas a inovar para atender com sucesso às exigências regulatórias e para chegar à frente de concorrentes no mercado (LEE et al., 2010). Essa sucessão de eventos e

esforços inovadores ficou clara quando da análise das atividades de patenteamento, pois o número de depósitos aumentou conforme foi ocorrendo a implantação de uma série de legislações sobre o tema.

Assim, no que diz respeito à China, que depositou 2.040 pedidos de patentes (do total de 3.361 registrados com a expressão (D)), grande parte dos depositantes é de universidades e institutos de pesquisas. O Quadro 3.15 apresenta os vinte depositantes com maior número de registros recuperados.

Quadro 3.15: Ranking de instituições da China para a expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

DEPOSITANTE	NÚMERO DE PATENTES
Beijing University of Technology	22
Tianjin University	21
Tsinghua University	20
Wuxi Dongyou Environmental Prot Technology	20
Shanghai Jiao Tong University	18
South China University of Technology	18
Central South University	16
University of Science & Technology Beijing	16
State Grid Corporation of China (SGCC)	14
Zhejiang University	14
Shenzhen Gem High Technology	13
Hunan Vary Technology	11
Guangdong University of Technology	11
University Shanghai 2nd Polytechnic	10
Southwest University of Science and Technology	10
Ningbo Tongdao Hengxin Environmental Prot Technology	10
Beijing Eastern Union Biopharmaceuticals	9
Jingmen Green Eco Manufacture New Material	9
Institute of Process Engineering - Chinese Academy of Sciences	8
Jiangxi Nerin Rare & Precious Metals Science & Technology	8

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Seguindo os tipos de tecnologias reivindicadas por depositantes da China, como país de prioridade, para a categoria (D) sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE, com o Quadro 3.16 é possível ter uma ideia dos pedidos de patentes depositadas nesse conjunto de dados. São tecnologias de processo como, por exemplo, aparelho e método de reciclagem de baterias, método e dispositivo para o tratamento de resíduos de geladeiras, método de recuperação de metais a partir de sucata de automóvel e de resíduos eletrônicos, método e

dispositivo para reciclagem de lixo eletrônico com componentes complexos, método para separar polibromados difenólicos a partir de plásticos de REEE, método para a reciclagem e reutilização de resíduos eletrônicos, aparelho e método para a regeneração desalogenação de plásticos de resíduos eletrônicos, aparelho para tratamento e reciclagem de resíduos de produtos eletrodomésticos, método para a recuperação de chumbo a partir de tubos de CRT descartados de lixo eletrônico, placa feita a partir de pó de placa de circuitos descartada e processo de fabricação dos mesmos, dentre outras.

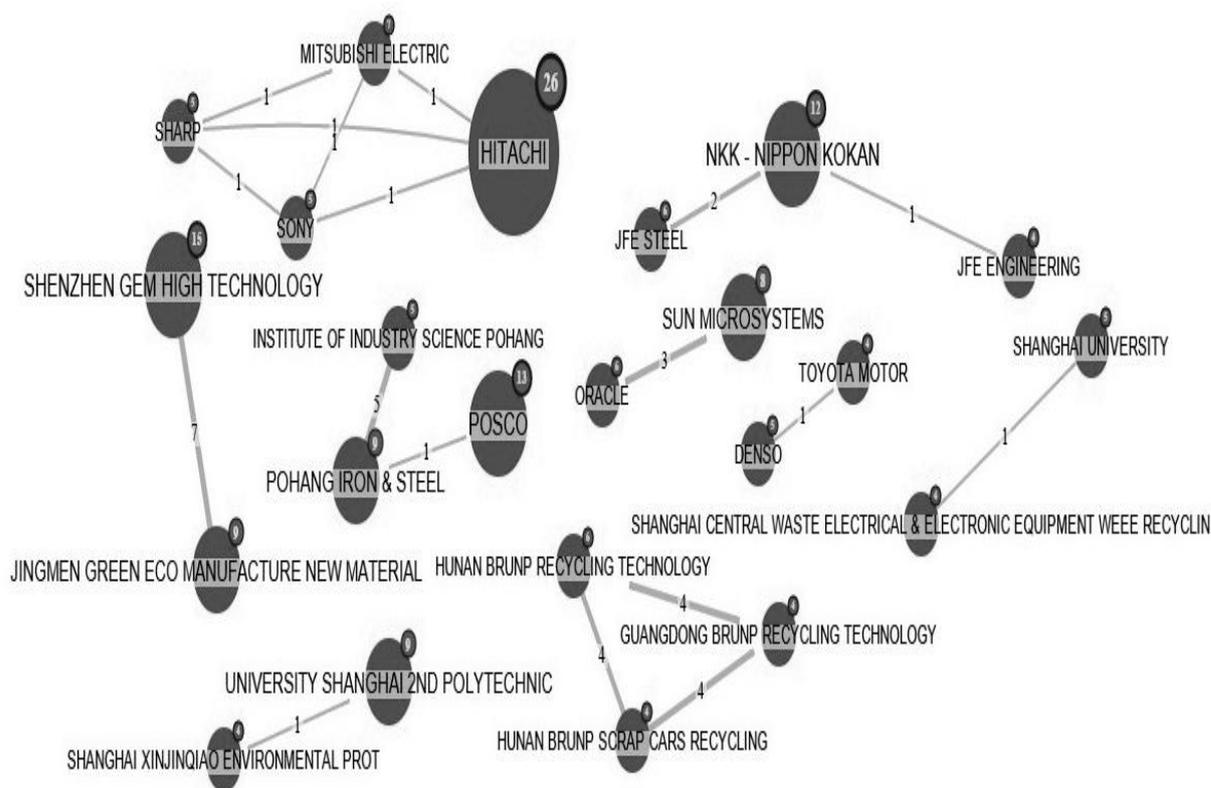
Quadro 3.16: Ranking top20 das patentes, por taxa de relevância, da China para a expressão (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).

Top20	TÍTULO	RELEVÂNCIA
1.	Method and device for sampling recycled raw material, analysis sample of recycled raw material, and method for evaluating recycled raw mat	100%
2.	Apparatus and method for stripping solder metals during the recycling of waste electrical and electronic equipment	99%
3.	Recycling apparatus for used zinc-carbon and alkaline batteries and method thereof	99%
4.	Method for processing starting materials for recycling	99%
5.	Printed circuit board recycle method and apparatus thereof	99%
6.	Modified zeolites and their use in the recycling of plastics waste	99%
7.	Method for recycling noble metal from electronic waste material and apparatus thereof	99%
8.	A method of recycling mixed streams of e-waste (WEEE)	99%
9.	Process for recycling rare earths in permanent magnet scrap of electronic waste	99%
10.	Large electronic trash dismantling and recycling device suitable for recycle bin	99%
11.	Electronic industry etching process waste acid reusing and resource recycling process	99%
12.	Method and device for harmless treatment and high-efficiency resource recycling of waste refrigerator	99%
13.	Article having a circuit soldered with parts and method for recycling wastes of the same	99%
14.	Batchwise working-up recycling materials in a rotatable reactor	98%
15.	Method for non-cyanide recycling waste circuit board	98%
16.	A method of recovering the metal from automobile scrap and e-waste	98%
17.	Method and device for recycling electronic waste with complex components	98%
18.	Method for separating polybrominated diphenylether from waste electronic plastic	98%
19.	Method for recycling and reusing waste electronic element	98%
20.	Large -scale electronic waste who is suitable for collection depot disassembles recovery unit	98%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A rede de colaboração entre as instituições que depositaram patentes na categoria (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE, também é semelhante à rede da expressão (C), sobre reciclagem de metais da sucata eletrônica. A Figura 3.20 ilustra essas relações de colaboração entre as instituições.

Figura 3.20: Rede de colaboração entre instituições na expressão (D), sobre reciclagem de plásticos contidos nos resíduos eletroeletrônicos (1950-2015).



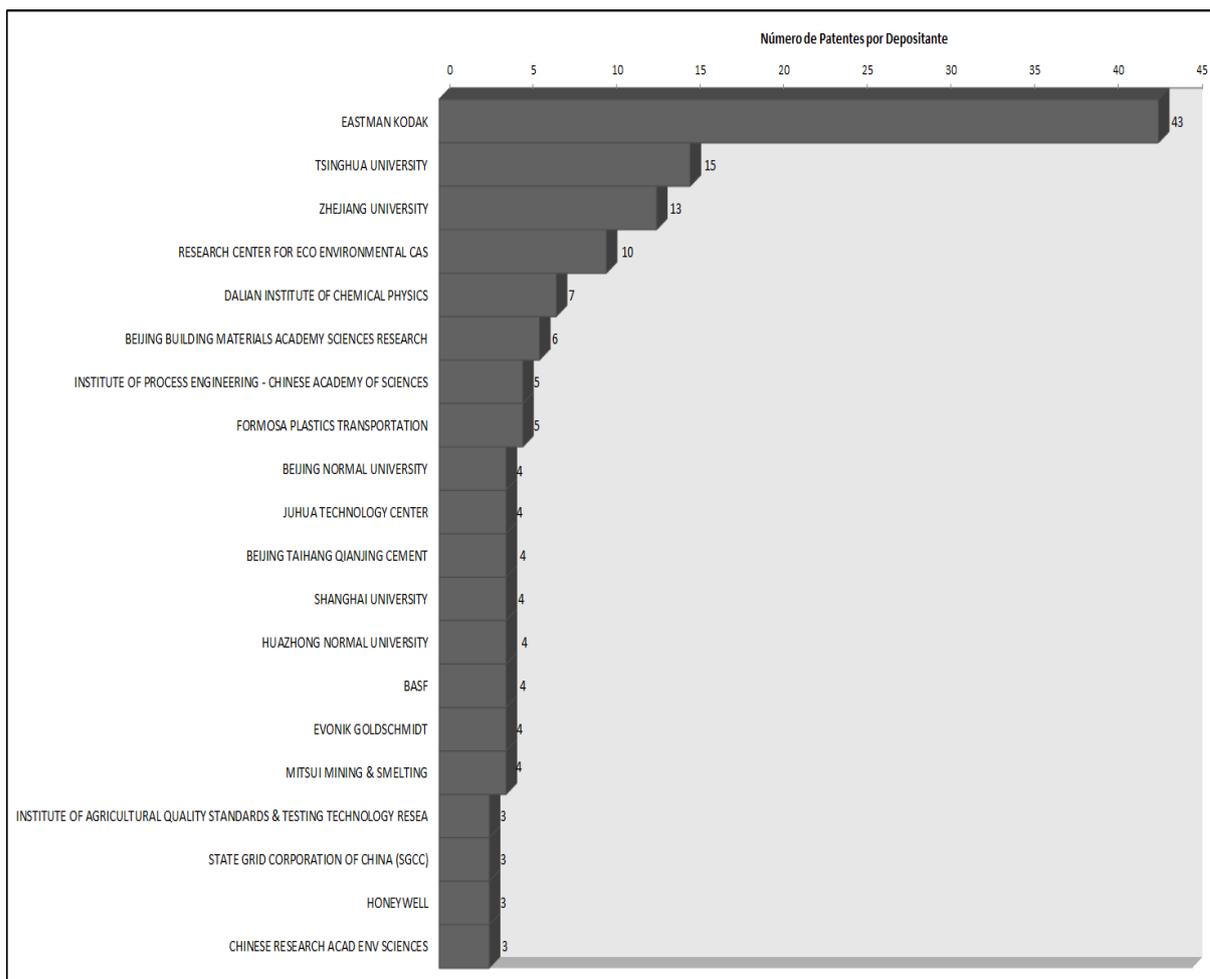
Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

O ranking de depositantes da categoria (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem desses resíduos, também difere dos demais no que se refere à distribuição dos registros. Considerando que o total de patentes recuperadas foi de 493, 43 delas foram depositadas pela empresa Eastman Kodak (empresa norte-americana que desenvolve hardware e software e fabrica bens de consumo e serviços a clientes de artes gráficas — de impressão comercial, publicações, embalagens e displays eletrônicos).

Além disso, conforme ilustrado na Figura 3.21, foi grande a presença de universidades e institutos de pesquisa chineses, como, por exemplo, Tsinghua University, Zhejiang University, Beijing Normal University, Shanghai University, Institute of Process Engineering

of Chinese Academy of Sciences, dentre outras. Com cinco patentes, a empresa norte-americana Formosa Plastics difere dos demais depositantes visto que é especializada na produção de resina plástica (de PVC, PE e PP, soda cáustica e outros petroquímicos).

Figura 3.21: Ranking de instituições depositantes de patentes da expressão (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem (1960-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

O segundo maior depositante, com quinze patentes, foi a universidade chinesa Tsinghua University. Os tipos de tecnologias patenteadas foram desde um método de análise para detecção de DDT⁷⁹ em tintas, um equipamento e método próprio para o processamento de resíduos industriais orgânicos que contenham cloro, um processo para o tratamento de

⁷⁹ DDT é a sigla de diclorodifeniltricloreto. Foi o primeiro pesticida moderno, tendo sido largamente usado após a Segunda Guerra Mundial para o combate aos mosquitos vetores da malária e do tifo, principalmente nos Estados Unidos – onde, hoje, encontra-se proibido.

compostos orgânicos clorados por polietileno glicol e substâncias alcalinas, um sistema de dessorção térmica de solos contaminados por matéria orgânica, um método de tratamento térmico de gás residual do tratamento de materiais com retardantes de chamas bromados, dentre outras. O Quadro 3.17 apresenta exemplos de patentes depositadas por esta universidade chinesa.

Quadro 3.17: Patentes depositadas pela Tsinghua University, recuperadas com a expressão (E).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Analysis method for detecting DDT component in marine vehicle antifouling paint	Tsinghua University	CN101435804
Base catalysis reaction device for chloro contained organic industrial wastes	Beijing Dingshi Environmental Engineering; Tsinghua University	CN102895755
Device and method for processing chloro-containing organic industrial waste	Tsinghua University	CN103234209
Method for chemical treating perfluoro and polyfluoro compound solid waste by using mechanical force	Tsinghua University	CN102824719
Process for treating chlorinated organic compounds by polyethylene glycol and alkaline substances	Tsinghua University	CN102921144
Roller-type reverse thermal desorption system for soil polluted by organic matters	Beijing Dingshi Environmental Engineering; Tsinghua University	CN102029287
Treatment method of heat-treatment tail gas containing brominated flame retardant material	Tsinghua University	CN103239975
Vacuum strengthened far-infrared thermal desorption system for organism-polluted soil	Tsinghua University	CN102172615

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Este ranking de instituições depositantes conta também com a presença de indústrias químicas, como as alemãs Basf (com quatro patentes) e Evonik Goldschmidt (com quatro patentes), a mineradora japonesa (e, desde 2006, também recicladora de metais raros e preciosos) Mitsui Mining & Smelting (com quatro patentes) e a fabricante estadunidense de produtos eletrônicos e soluções aeroespaciais Honeywell (com três patentes).

Dentre os vinte principais depositantes da China (que, no total, teve 330 patentes depositadas), na categoria (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a

políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem desses resíduos, estão em grande medida universidades e institutos de pesquisa.

Além destes, há a indústria química Juhua Technology Center, com quatro patentes, e uma indústria de cimento, a Beijing Taihang Qianjing Cement, com quatro patentes. O Quadro 3.18 apresenta as instituições chinesas que se destacaram no depósito de patentes da China para a expressão (E).

Quadro 3.18: Ranking de instituições depositantes de patentes da China para a expressão (E) (1960-2015).

DEPOSITANTES	NÚMERO DE PATENTES
Tsinghua University	15
Zhejiang University	13
Research Center for Eco Environmental Cas	10
Dalian Institute of Chemical Physics	7
Beijing Building Materials Academy Sciences Research	6
Institute of Process Engineering - Chinese Academy of Sciences	5
Chinese Research Academy Environmental Sciences	4
Beijing Normal University	4
Juhua Technology Center	4
Beijing Taihang Qianjing Cement	4
Shanghai University	4
Huazhong Normal University	4
Nanjing University of Technology	3
State Grid Corporation of China (SGCC)	3
Jilin Electric Power Research Institute	3
Hebei Huankelichuang Environmental Engineering	3
Huazhong University of Science & Technology	3
Tianjin University	3

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Apesar de ter se destacado pelo número de patentes recuperadas (43 patentes) com a expressão (E), sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com menção a políticas ambientais de regulação de descarte e reciclagem, a empresa americana Eastman Kodak não apresentou tecnologias relacionadas aos REEE. Em contrapartida, visualizaram-se apenas tecnologias de aditivos para controle de contraste, tipos de corantes, dessensibilizantes e soluções de emulsão para revelação de imagens, dentre outras.

As patentes de Eastman Kodak foram recuperadas nesse conjunto de dados devido à menção a políticas ambientais que regulamentam a destinação adequada de aditivos utilizados na revelação de fotografias por profissionais, e pelo fato de esses produtos patenteados não conterem metais pesados em sua composição (tal como o mercúrio e o cromo hexavalente). O Quadro 3.19 apresenta os títulos de algumas dessas patentes requeridas.

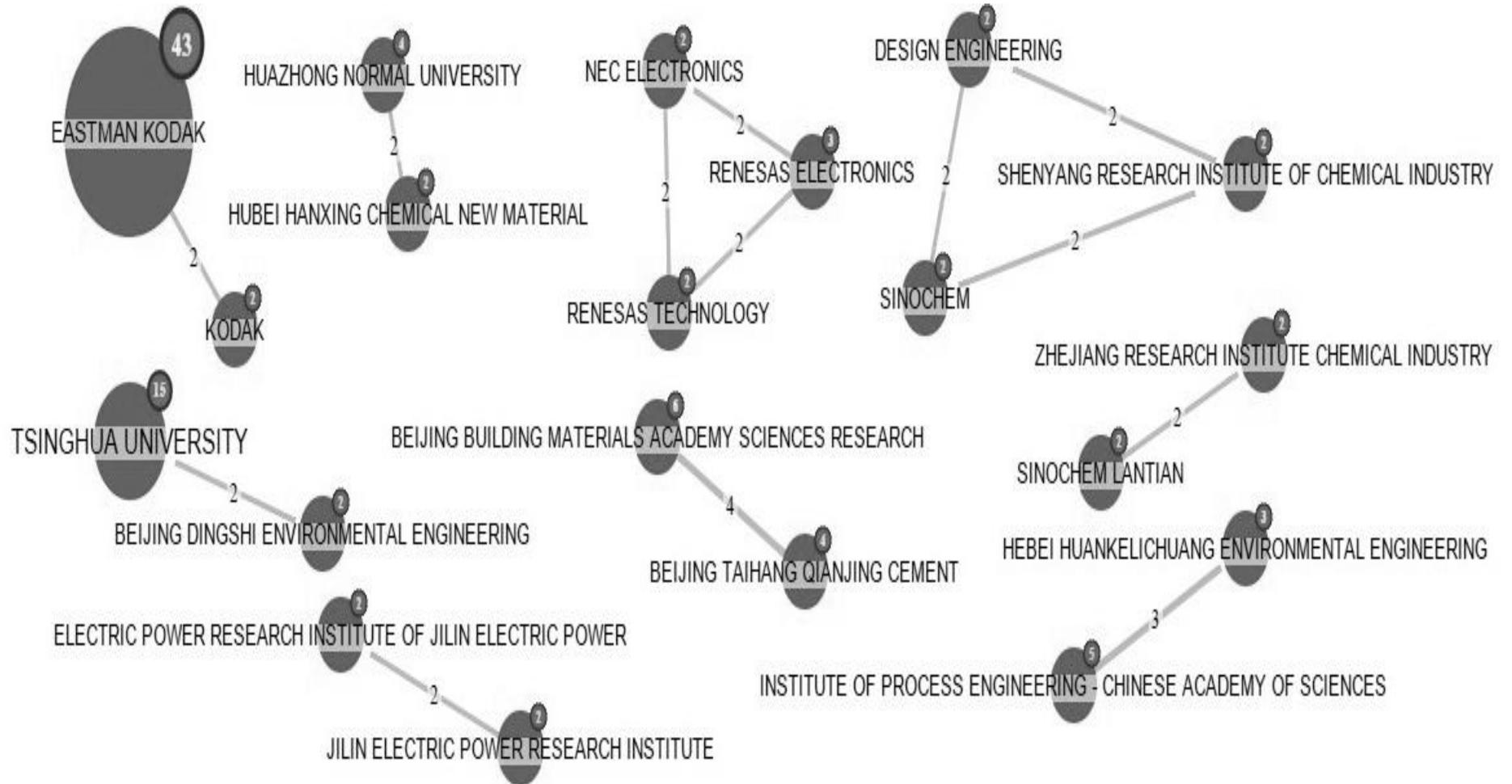
Quadro 3.19: Patentes depositadas pela empresa Eastman Kodak, recuperadas com a expressão (E).

TÍTULO	DEPOSITANTE	NÚMERO DO PROCESSO
Additives for contrast control in organic photoconductor compositions and elements	Eastman Kodak	US4152152
Cobalt complex amplification imaging system with blocked dye precursor	Eastman Kodak	FR2363817
Desensitizers in unfogged silver halide systems	Eastman Kodak	BE770292
Emulsion containing internally fogged photosensitive silver halide grains formed with an aqueous silver salt solution containing alkali metal iodide in thioether	Eastman Kodak	BE794965
Unfogged, primitive, silver halide emulsions containing desensitizing amounts of optical sensitizing dyes and the use thereof in reversal processes	Eastman Kodak	BE784944

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A colaboração entre as instituições depositantes de patentes nessa expressão (E), que mencionam políticas ambientais nos documentos que reivindicam tecnologias, ocorreu em grande medida entre empresas irmãs, como, por exemplo, Eastman Kodak e Kodak e entre Electric Power Research Institute of Jilin e Jilin Electric Power Research Institute; entre universidades e empresas, como, por exemplo, Huazhoug Normal University e Hubei Hanxing Chemical New Material, entre Tsinghua University e Beijing Dingshi Environmental Engineering, entre Beijing Building Materials Academy Sciences Research e Beijing Taihang Qianjing Cement, entre Institute of Process Engineering of Chinese Academy of Sciences e Hebei Huankelichuang Environmental Engineering; dentre outras. A Figura 3.22 ilustra essa rede de colaboração para a expressão (E).

Figura 3.22: Colaboração entre instituições depositantes de patentes na expressão (E), que mencionaram políticas ambientais (1960-2015).



Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

3.3 Considerações finais

A análise dos conjuntos de dados, de patentes coletadas na Plataforma Questel Orbit, e de artigos científicos, na base Scopus, evidenciou uma variedade de tecnologias de produto e processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, suas peças, componentes e materiais separadamente. De maneira geral, os documentos analisados recuperados pelas expressões de (A) a (E) reivindicaram desde tecnologias de, por exemplo, aparelho e método de reciclagem de baterias, método e dispositivo para o tratamento de resíduos de geladeiras, método de recuperação de metais a partir de sucata de automóvel e de resíduos eletrônicos, método e dispositivo para reciclagem de lixo eletrônico com componentes complexos, método para separar polibromados difenílicos a partir de plásticos de REEE, método para a reciclagem e reutilização de resíduos eletrônicos, aparelho e método para a regeneração desalogenação de plásticos de resíduos eletrônicos, aparelho para tratamento e reciclagem de resíduos de produtos eletrodomésticos, até método para a recuperação de chumbo a partir de tubos de CRT descartados de lixo eletrônico, fabricação de placa de circuitos impressos a partir de pó de placa de circuitos descartada e processo de fabricação dos mesmos, dentre outras.

De maneira geral, as tecnologias reivindicadas, e recuperadas por meio da utilização das cinco expressões de busca, caracterizaram-se em grande medida por processos de separação de materiais sólidos e líquidos; processos químicos ou físicos, por exemplo, catálise, química coloidal e aparelhos pertinentes aos mesmos; processos e dispositivos para a trituração, pulverização ou desintegração em geral dos materiais; processos para a coleta e eliminação de resíduos sólidos; processo de preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado a partir da fabricação de grânulos ou pré-formados como método de recuperação de matérias plásticas; processos gerais para formar misturas e pós-tratamento; produção ou refino de metais e pré-tratamento dessas matérias-primas; processos para a produção, recuperação ou refino eletrolítico dos metais e aparelhos para esse fim; e, tratamento de águas residuais provenientes de instalações de reciclagem.

Esses resultados demonstram que tanto as expressões de busca utilizadas como o método empírico seguido foram eficientes para o levantamento e a compreensão do estado da arte das tecnologias utilizadas na reciclagem de REEE no mundo. A evolução do patenteamento, descrita no capítulo anterior, relacionou o desenvolvimento dessas tecnologias a eventos legislativos relacionados ao tema da reciclagem de resíduos perigosos, incluindo os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, no mundo e do desenvolvimento tanto do quadro regulatório como da inovação no setor.

Conforme apresentado neste capítulo, as instituições responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico, e pelo avanço da inovação no setor de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, foram em grande medida universidades e institutos de pesquisa chineses, indústrias fabricantes do setor eletrônico, siderurgias, indústrias químicas e empresas recicladoras especificamente de REEE.

A entrada destas instituições no ranking de inovação da reciclagem de REEE se deu a partir dos anos 2000, refletida na intensificação do depósito de pedidos de patentes sobre o tema. Além disso, apesar da cota de patentes total dos fabricantes do setor eletrônico ter sido visível e aumentado ao longo do tempo, o início da década de 2010 foi marcado pela presença acentuada das indústrias siderúrgicas e do aumento significativo do patenteamento das universidades e institutos de pesquisa.

As atividades de colaboração entre as instituições variaram, sendo que o patenteamento, principalmente, foi resultado de colaboração interna (entre empresa e seu próprio instituto de pesquisa), de colaboração entre empresas filiadas e do mesmo grupo empresarial, de colaboração entre universidades e institutos de pesquisa, ou entre universidade e empresa, e de colaboração entre institutos de pesquisa independentes e empresas. Assim, de maneira geral, a colaboração entre os depositantes ocorreu entre empresas de um mesmo setor e mesma nacionalidade (como, por exemplo, Sony, Sharp e Mitsubishi Electric, ou Toyota Motor e Denso), empresas de um mesmo setor e diferente nacionalidade (como, por exemplo, Posco e Nippon Steel), empresas de mesma nacionalidade e setores distintos (como, por exemplo, Siemens e Basf), empresas de setores distintos (como, por exemplo, Toshiba e Ebara), e entre universidades e institutos de pesquisa de mesma nacionalidade (como, por exemplo, Institute of Process Engineering of Chinese Academy Of Sciences e University of Science & Technology Beijing).

Este fato suscita que o setor eletrônico vem tentando expandir suas atividades de P&D e buscado parcerias externas com, por exemplo, outras empresas do mesmo setor ou de setor distinto. Além disso, a participação de siderurgias e indústrias químicas na inovação sobre reciclagem de REEE demonstra a formalização das atividades de reciclagem de REEE e a necessidade de expansão desse processo para a cadeia global de reciclagem como um todo, visto que a inovação passa a ser um movimento de integração do caráter acadêmico e científico, desenvolvida por universidades e institutos de pesquisa, com a rotina de grandes empresas que buscam soluções de eficiência e aumento da competitividade no mercado.

Com a concentração dos fluxos de resíduos pelo mundo, a oferta de REEE necessária para suprir a necessidade do fluxo produtivo reverso (no caso, a reciclagem) dessas grandes

indústrias estaria garantida. Por isso, os interesses dessas empresas em aumentar a eficiência de seus processos são grandes. Assim, além de processarem matérias-primas virgens criam capacidade produtiva para processar matérias-primas pós-consumo e garantem mercado para que esses materiais voltem ao ciclo produtivo de produtos novos.

A China dominou os rankings de patenteamento sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com universidades, institutos de pesquisa e indústrias químicas, como, por exemplo, Beijing University of Technology, Tianjin University, Tsinghua University, Wuxi Dongyou Environmental Prot Technology, Shanghai Jiao Tong University, South China University of Technology, Central South University, University of Science & Technology Beijing, Zhejiang University, Shenzhen Gem High Technology e Hunan Vary Technology, dentre outras.

A partir da compreensão do estado da arte das tecnologias utilizadas na reciclagem de REEE no mundo, dos principais atores envolvidos em seu desenvolvimento e dos países que lideram esse setor, podemos explorar com novo olhar o desenvolvimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira, e tentar compreender em que medida os problemas enfrentados pelos atores brasileiros podem se transformar em oportunidades para a estruturação de uma cadeia formal de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos e para a divisão dos custos da logística reversa, e dos fluxos destes resíduos pelo país, entre as diversas instâncias envolvidas. Essa discussão é desenvolvida no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4 – A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL

Este capítulo apresenta e discute a evolução do quadro regulatório sobre a reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil até a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010 e as dificuldades encontradas para a sua implementação até junho de 2016.

A pergunta que orienta essa discussão é quais as dificuldades existentes para a implantação de ações nesse sentido e para a constituição de uma cadeia de reciclagem de REEE no país. Para isso nos baseamos no diagnóstico feito pela ABDI, em 2012, na literatura disponível sobre o tema, que ainda é escassa, e em uma pesquisa de campo realizada em empresas recicladoras, gestoras e coletoras de REEE, e sobre a gestão desses resíduos em uma universidade. O foco da pesquisa de campo foi identificar os problemas enfrentados por este setor.

4.1 Da Constituição Federal à Política Nacional de Resíduos Sólidos

No Brasil, os equipamentos eletroeletrônicos são classificados pela Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2012, p. 29) em quatro categorias amplas: linha verde, linha marrom, linha branca e linha azul.

Os equipamentos abrangidos pela linha verde são equipamentos de pequeno porte, mas com grande diversidade de componentes. São compostos principalmente de metais e plástico, e sua vida útil é curta variando entre dois e cinco anos de uso. São eles: equipamentos de informática e telecomunicações – desktops, notebooks, impressoras, periféricos (teclados, caixas de som, mouses), telefones celulares.

Os equipamentos da linha marrom são de médio porte e compostos primordialmente de plástico e vidro. A vida útil dos aparelhos desta linha é média e gira em torno de cinco a treze anos. Podem ser exemplificados por: televisores ou monitores de tubo, televisores ou monitores de plasma ou LCD, aparelhos de DVD e VHS (videocassetes) e outros produtores de áudio e vídeo.

A linha branca é composta por equipamentos de grande porte, com menor densidade de componentes eletrônicos e compostos principalmente de metais. A vida útil dos

equipamentos dessa categoria é longa e varia entre dez e quinze anos. São as: geladeiras, refrigeradores e congeladores, fogões, máquinas lava-roupas e lava-louças e aparelhos de ar-condicionado.

Os equipamentos da linha azul são aqueles de pequeno porte compostos basicamente de plástico. A vida útil destes aparelhos é longa e varia entre dez e doze anos de uso. São, por exemplo, as batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos e furadeiras.

A Constituição Federal brasileira, de 1988, aborda os direitos dos cidadãos em relação ao meio ambiente em seu artigo 225, sendo que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e as futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Cabe ao poder público assegurar a efetividade desse direito ao preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; e, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. A proteção do meio ambiente e o combate à poluição em quaisquer de suas formas é, portanto, de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1988)⁸⁰.

A Constituição do Estado de São Paulo, de 1989, no que diz respeito à seção do meio ambiente, foi mais detalhista do que a Constituição Federal quando, no capítulo IV, referente ao Meio Ambiente, Recursos Naturais e do Saneamento, determinou que:

Art. 191. - O Estado e os Municípios providenciarão, com a participação da coletividade, a preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, artificial e do trabalho, atendidas as peculiaridades regionais e locais e em harmonia com o desenvolvimento social e econômico (SÃO PAULO, 1989).

⁸⁰ Para isso, essas instâncias governamentais contam com alguns órgãos federais e estaduais de normatização e fiscalização como, por exemplo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o Conselho Estadual de Saneamento (CONESAN), o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), dentre outros. Entretanto, os requisitos e as normas destes órgãos, tanto das companhias e conselhos ambientais como da própria ABNT, não regulam o descarte nem tampouco a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, mas englobam, apenas, o armazenamento e formas de descarte consciente (incineração, lixiviação) de resíduos industriais e de serviços de saúde (com exceção da norma mais recente, NBR 16.156/2013 que propôs requisitos para o processo de manufatura reversa de REEE).

Neste contexto, o projeto de lei federal n. 354, que teve início de tramitação em 1989, alterado e consolidado no PL n. 203, de 1991, recebeu o Parecer n. 1.039, em 2010, tendo sua redação final, que alterou a Lei n. 9.605⁸¹, de 12 de fevereiro de 1998, consolidada na forma de lei nos dispositivos do Substitutivo da Câmara dos Deputados, e aprovados pelo Plenário, apenas em 7 de julho de 2010. Este período de 21 anos demonstra a morosidade e a falta de dinamismo do legislativo e do executivo brasileiro. Em 2 de agosto de 2010, a Lei n. 12.305, que instituiu a **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (PNRS), foi sancionada pelo Presidente da República.

O objetivo da PNRS foi contribuir para a harmonização nacional de um quadro regulatório local (entre estados e municípios) disperso e confuso. Para que se tenha uma ideia da dimensão do problema, para o caso da gestão dos resíduos de eletroeletrônicos, é importante destacar que o Brasil possuía 53 instrumentos regulatórios dispersos entre a esfera federal, estadual e municipal (STEP, 2012). Somente na esfera federal há nove instrumentos, sendo somente três em vigor (a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Decreto Federal que regulamenta esta política e a chamada para elaboração de acordos setoriais). Um quadro apresentando a cronologia, o âmbito da ação governamental e um breve resumo das 53 políticas dispersas pelo país, pode ser consultado no Apêndice F⁸².

A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, visou seguir a tendência de harmonização internacional em torno das regulações europeias de gestão de REEE, para regular as atividades de coleta, reciclagem e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (MAZON, 2014). Para isto, uma das metas da PNRS incluía o fim dos lixões brasileiros até agosto de 2014 e o encaminhamento dos rejeitos (materiais não recicláveis e/ou reutilizáveis) a aterros sanitários e/ou a aterros controlados⁸³.

O projeto de lei inicial que deu origem à PNRS, n. 203/1991, propunha atribuir ao gerador a responsabilidade pela segregação, pelo acondicionamento e armazenamento

⁸¹ Conhecida como a Lei de crimes ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências (BRASIL, 1998).

⁸² Ainda no que tange à esfera de regulamentação por parte da União, a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, cuja regulamentação foi feita pelo Decreto n. 99.274, de 6 de junho de 1990, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (GIGANTE, 2012, p. 124).

⁸³ O que não aconteceu neste prazo. Novas discussões foram realizadas na Câmara dos Deputados e novos prazos foram estipulados de acordo com o tamanho dos municípios: até 31 de julho de 2018, para capitais e regiões metropolitanas se adequarem; até 31 de julho de 2019, para municípios com população superior a 100 mil habitantes; até 31 de julho de 2020, para municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes e até 31 de julho de 2021, para aqueles com população inferior a 50 mil habitantes.

temporário dos resíduos antes da entrega para coleta pública, além da elaboração de programas de gerenciamento de resíduos e, em caso de escolha própria, a incineração (PEPINELLI, 2015).

Entretanto, durante seu trâmite, novas proposições legais referentes ao tema foram apresentadas à câmara federal e, em 30 de junho de 1999, houve a Proposição Conama 259, intitulada “Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos”, que foi aprovada pelo plenário do conselho, mas não chegou a ser publicada. No ano de 2001, a Câmara dos Deputados criou e implementou a Comissão Especial da Política Nacional de Resíduos para apreciar as matérias contempladas nos projetos de lei junto ao Projeto de Lei 203/91 assim como elaborar uma proposta substitutiva global. Com o encerramento da legislatura, a Comissão foi extinta (PEPINELLI, 2015, p. 71).

Em 2003, o Presidente da República instituiu o “Grupo de Trabalho Interministerial de Saneamento Ambiental” para promover a integração das ações de saneamento ambiental no âmbito do governo federal. O Grupo de Trabalho reestruturou o setor de saneamento, o que resultou na criação do “Programa Resíduos Sólidos Urbanos”. Nesse mesmo ano foi realizada a I Conferência de Meio Ambiente (PEPINELLI, 2015).

A partir de 2004, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) promoveu grupos de discussão interministeriais e de secretarias do próprio ministério para criar uma proposta de regulamentação da gestão dos resíduos sólidos. No mesmo ano, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) realizou o seminário “Contribuições à Política Nacional de Resíduos Sólidos” para ouvir a sociedade e formular uma nova proposta de projeto de lei, pois a Proposição Conama 259, segundo o Ministério do Meio Ambiente, estava defasada (PEPINELLI, 2015, p. 71).

Assim, em 2005 criou-se um grupo interno na Secretaria de Qualidade Ambiental dos Assentamentos Humanos, do MMA, para reunir as contribuições do Seminário CONAMA, dos anteprojetos de lei existentes no Congresso Nacional e dos diversos atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos. O grupo encaminhou o anteprojeto de lei “Política Nacional de Resíduos Sólidos”, discutido com os Ministérios das Cidades, da Saúde, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, do Planejamento, Orçamento e Gestão, do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e da Fazenda (PEPINELLI, 2015, p. 72).

Já em 2007, uma decisão federal contribuiu para a aceleração da aprovação de uma política de gestão de resíduos. A Presidência da República, o Ministério do Meio Ambiente, e outros ministérios, enviaram para apreciação do Congresso o PL n. 1991/2007, que instituiria a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com forte inter-relação com a Política Nacional de

Saneamento Básico (Lei n. 11.445/07) e com a Lei dos Consórcios (Lei n. 11.795/08). No ano de 2008, foram realizadas audiências públicas, com contribuição da Confederação Nacional da Indústria (CNI), da representação de setores interessados e do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (PEPINELLI, 2015, p. 72).

Em 2009, foi constituído um novo grupo de trabalho de resíduos para discutir questões relativas ao princípio do poluidor-pagador, logística reversa e da integração das cooperativas de catadores à cadeia de reciclagem, além de matérias como instrumentos fiscais e tributários e incentivos fiscais à reciclagem (PEPINELLI, 2015).

Para aumentar a demanda por recicláveis e beneficiar catadores, sucateiros, cooperativas e empresas de processamento primário de resíduos, o governo federal lançou, em 2009, a Medida Provisória 476, que concedia crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para indústrias que comprassem insumos das cooperativas. A renúncia fiscal, estimada em R\$ 500 milhões, previa desconto escalonado de até 50% para a compra de insumos reciclados das empresas, enquanto a aquisição em cooperativas teria redução de 100%. Essa medida, no entanto, já foi suspensa. (INSTITUTO ETHOS, 2012, 19).

Em 11 de março de 2010, o plenário da Câmara dos Deputados aprovou um substitutivo ao PL n. 203/1991 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Então, o projeto seguiu para o Senado, foi analisado em quatro comissões e, em julho de 2010, foi aprovado em plenário (PEPINELLI, 2015).

A sanção da nova lei ocorreu apenas no dia 2 de agosto de 2010, sendo que a assinatura do decreto regulamentador se deu em 23 de dezembro do mesmo ano. O Decreto n. 7.404 regulamentou a Lei n. 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, criou um comitê interministerial da PNRS e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa (PEPINELLI, 2015). A cronologia de fatos que antecederam e registraram a construção da PNRS segue ilustrada na Figura 4.1.

Figura 4.1: Cronologia da construção da Política Nacional de Resíduos Sólidos e legislações federais relacionadas.



Fonte: Pepinelli (2015, p. 72).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, aprovada em 2010, faz menção geral, em seu artigo 4^o⁸⁴, à **gestão integrada de resíduos sólidos** e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos, compreendida como o “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010, art. 3^o).

Para isso, tem como princípios norteadores:

- I - a prevenção e a precaução;
- II - o **poluidor-pagador** e o **protetor-recebedor**;
- III - a **visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos**, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV - o desenvolvimento sustentável;
- V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a **redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais** a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII - a **responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos**;
- VIII - o reconhecimento do **resíduo sólido reutilizável** e reciclável **como um bem econômico e de valor social**, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- IX - o respeito às diversidades locais e regionais;
- X - o direito da sociedade à informação e ao controle social;
- XI - a razoabilidade e a proporcionalidade. (BRASIL, 2010, art. 6^o, grifo nosso).

Esses princípios suscitam a necessidade de uma série de ações para que o fluxo reverso de resíduos (do consumidor ao reciclador) seja viabilizado no país. Entretanto, para saírem do papel dependem, em grande medida, do estabelecimento de acordos entre as partes da cadeia reversa (atores). Até mesmo para o segundo princípio, que dita sobre o poluidor-pagador e o protetor-recebedor, não há ainda nenhuma forma clara para sua implantação.

Entretanto, uma das proposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos, no artigo 9^o, destaca uma ordem de prioridade para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, sejam eles quais forem (BRASIL, 2010), conforme ilustrado na Figura 4.2.

⁸⁴ “Art. 4^o. [...] reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à **gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos**.” (BRASIL, 2010).

Figura 4.2: Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: Elaboração própria baseada em Brasil (2010).

As etapas de não geração e redução da geração de resíduos sólidos estão diretamente relacionadas aos hábitos de vida da população⁸⁵. Por isso, para que alcancem os patamares desejáveis, e ambientalmente adequados à disponibilidade de recursos naturais do planeta, são necessárias ações conjuntas entre o poder público, associações de classe e sociedade civil (ABDI, 2012).

A PNRS define a etapa de **reciclagem** como o:

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa. (BRASIL, 2010, art. 3º).

Quanto à diferenciação entre resíduos sólidos e rejeitos, o artigo 3º da Política Nacional de Resíduos Sólidos o faz em observância à utilidade do material, ou seja, enquanto **resíduos sólidos** são todo:

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

Para a PNRS, **rejeitos** são os “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e

⁸⁵ Certamente, a mudança dos hábitos de consumo da sociedade não é uma meta facilmente alcançável. Diversos países da União Europeia imprimem esforços na implementação desses hábitos há pelo menos 40 anos. Hoje, pode-se dizer que alcançaram parte dos objetivos traçados na década de 70 (BASIYE, 2008; BRAUN; DIRCKINCK-HOLMFELD, 2005; CIOCOIU; DOBREA, 2008; WALTHER et al., 2010). Entretanto, as metas de uma sociedade de lixo zero (ABRAMOVAY; SPERANZA; PETITGAND, 2013), que incluem a drástica diminuição na geração de resíduos sólidos, pautados inclusive em hábitos de reutilização de produtos (DINDARIAN; GIBSON, 2011; STOWE, 2008; SENIOR, 2009; KISSLING et al., 2011) não são de curto prazo.

economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, art. 3º).

Assim, às etapas de reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, a PNRS denomina de **destinação final ambientalmente adequada**, e a caracteriza pela:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. (BRASIL, 2010, art. 3º).

No que diz respeito à etapa de disposição final, a Política Nacional de Resíduos Sólidos a menciona como **disposição final ambientalmente adequada** e a define como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010, art. 3º).

Assim, para viabilizar os processos de implantação da política, a PNRS tem entre seus princípios e objetivos: “o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda” (art. 6º); “a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar os impactos ambientais” (art. 7º); “o incentivo à indústria de reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados” (art. 7º); “o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis ou recicláveis” (art. 8º); “metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis” (art. 15); “a implantação da coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda” (BRASIL, 2010, art. 15).

Segundo Mazon (2014, p. 33), no que diz respeito ao desenvolvimento tecnológico, a PNRS prevê canais de financiamento por meio do Fundo Nacional do Meio Ambiente e do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão para reciclagem, reutilização e tratamento de resíduos sólidos.

4.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos: responsabilidade compartilhada

Dentre os princípios norteadores da PNRS, o sétimo – da **responsabilidade compartilhada** pelo ciclo de vida dos produtos – menciona que os atores responsáveis pelo fluxo reverso dos eletroeletrônicos para disposição final são os: (a) fabricantes, (b) importadores, (c) distribuidores e comerciantes, (d) consumidores, e (e) titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Este princípio está definido na PNRS como o:

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, nos termos desta Lei. (BRASIL, 2010, art. 3º).

A implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos deve ser individualizada e encadeada entre os atores da cadeia, por meio de **acordo setorial**, definido na letra da Lei 12.305/2010 como o “ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto” (BRASIL, 2010, art. 3º).

Esse princípio norteador difere da legislação europeia (Diretiva WEEE), que segue o princípio da responsabilidade estendida do produtor. Na PNRS, a responsabilidade compartilhada estipula a operacionalização de um sistema de logística reversa⁸⁶ mediante compromisso do poder público, do setor privado e do terceiro setor (MAZON, 2014). As atribuições do princípio da responsabilidade compartilhada estão apresentadas no Quadro 4.1.

⁸⁶ Com um sistema de logística reversa é possível viabilizar a coleta e a restituição de resíduos pós-consumo ao setor empresarial para o seu reaproveitamento nos ciclos produtivos ou outra destinação final ambientalmente adequada. Por “destinação ambientalmente adequada” dos resíduos e rejeitos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos proíbe as seguintes formas de destinação ou disposição final: I - lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos; II - lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração; III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade; IV - outras formas vedadas pelo poder público (BRASIL, 2010).

Quadro 4.1: Atribuições do princípio da responsabilidade compartilhada da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

ATOR	ATRIBUIÇÕES
Consumidor	Efetuar a devolução de seus produtos aos comerciantes após o uso.
Comerciantes e Distribuidores	Efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos coletados ou devolvidos.
Fabricantes e Importadores	Dar destinação ambientalmente correta aos produtos coletados ou devolvidos, de acordo com as normas estabelecidas pelo órgão competente do SISNAMA e, se houver, pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.
Poder público	Adotar procedimentos para coleta seletiva e recuperação de resíduos sólidos.

Fonte: Mazon (2014, p. 33).

A concretização do princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos seria viabilizada com o estabelecimento de acordos setoriais, indicados como instrumento da política pelo Decreto Federal n. 7.404/2010, por meio da implementação e operacionalização de sistemas de logística reversa. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, **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, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010, art. 3º).

Segundo Mazon (2014, p. 34), os acordos setoriais envolvem decisões técnicas sobre engenharia de materiais; descrição das etapas do ciclo de vida de produtos; formas de operacionalização da logística reversa; possibilidades de participação de cooperativas e/ou associações; mecanismos de divulgação; avaliação dos impactos sociais e econômicos das diversas cadeias de reciclagem; e, descrição das atribuições individualizadas e encadeadas dos participantes da logística reversa nos processos de recolhimento, armazenamento e transporte dos resíduos e embalagens para reutilização, reciclagem ou destinação ambiental adequada. Para a proposição desses pontos, os acordos setoriais contariam com estudos e debates técnicos consolidados por Grupos de Trabalhos Temáticos (GTT) para a categoria de resíduo sólido pertinente.

Para o caso da gestão de resíduos eletroeletrônicos, desde maio de 2011, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) e a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS)⁸⁷ vinham coordenando as reuniões do GTT, do qual participaram⁸⁸ representantes do poder público, de indústrias de eletroeletrônicos, cooperativas ou associações de trabalhadores de resíduos, indústrias e associações dedicadas à reutilização, tratamento e reciclagem de REEE, organizações de consumidores e outros setores relacionados (MAZON, 2014).

Foram realizadas onze reuniões, entre 2011 e 2012, no Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), membro do Comitê Orientador da PNRS. O Quadro, com a lista completa dos participantes dessas reuniões, está disponível no Apêndice H.

Em relação ao papel das cooperativas de catadores, existentes, no Brasil, de maneira abrangente na cadeia de reciclagem de diversos materiais recicláveis (como, por exemplo, papel, papelão, plástico, vidro e metal), a PNRS prevê sua inclusão social – via geração de trabalho e renda aos catadores – nos art. 8º e 15. Com isso, espera-se que as cooperativas de catadores entrem no mapeamento das recicladoras de REEE para colaboração no mercado e contribuindo para a solidificação da PNRS, tanto em termos do aproveitamento da infraestrutura pré-existente, da expertise contributiva desses atores como da oportunidade de geração de trabalho e renda para pessoas sujeitas a condições de vulnerabilidade social (MAZON, 2014).

Neste caso, foi importante a participação das associações de cooperativas de catadores nas discussões do GTT acerca das dificuldades de certificação, critérios para padronização das práticas, avaliações sobre o nível de capacitação dos trabalhadores envolvidos e sobre as dificuldades de se atingir escala de equipamentos (MAZON, 2014).

Além disso, com os avanços do diálogo ocorrido no GTT de eletroeletrônicos, do qual a ABDI foi líder, deu-se o lançamento do estudo “Análise da viabilidade econômica da implementação de logística reversa de REEE”, em 2012, que fomentou mais discussões do GTT que segue em disputa para o fechamento do acordo setorial. Apesar do esforço de se

⁸⁷ A ELETROS (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos) e a ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) são associações representativas de cerca de seiscentas empresas, entre elas empresas do segmento eletroeletrônico das linhas branca (geladeiras, fogões, lava-roupas e aparelhos condicionadores de ar domésticos), verde (desktops, laptops, impressoras e aparelhos celulares), marrom (televisores, DVDs, aparelhos de áudio) e azul (batedeiras, liquidificadores, fornos elétricos, furadeiras e outros eletroportáteis).

⁸⁸ A construção de um marco regulatório a partir da participação de agentes que serão regulados é explicada a fundo por Lévêque (1996) quando discute os meandros do processo de negociação de uma política entre reguladores e regulados.

apresentar um modelo para a implementação da logística reversa de REEE no Brasil, o estudo da ABDI (2012) não previu metas de coleta nem tampouco prazos para se alcançar essas metas – considerados pré-requisitos para a eficiência da cadeia de reciclagem como um todo (MAZON, 2014). O Quadro 4.2 apresenta um resumo com as recomendações do estudo da ABDI.

Quadro 4.2: Recomendações do estudo da ABDI (2012) para implementação do sistema de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

	MODELO	RESUMO
Fonte de recursos	Custos compartilhados	Consumidor, comércio, fabricantes e importadores arcam com os custos de logística reversa.
Responsabilidade pelos produtos órfãos	A ser definida	Deverá seguir os princípios preconizados pela PNRS: poluidor-pagador e protetor recebedor.
Metas de coleta e reciclagem	Com metas de reciclagem	100% dos resíduos que entrarem no sistema estabelecido pelas organizações gestoras representantes dos fabricantes e importadores deverão ser processados.
Grau de responsabilidade do poder público	Atuante	Não opera o sistema, mas atua de forma a estimular seu melhor funcionamento, provendo recursos para PD&I, infraestrutura, campanhas de conscientização, etc.
Tratamento de REEE	Resíduo não perigoso	O REEE não deve ser descaracterizado até chegar à recicladora, que deverá estar devidamente licenciada para processar sua destinação.
Reuso no sistema de logística reversa	Possibilitado	O consumidor que declarar intenção de doar seu equipamento para reuso será instruído nos pontos de recebimento e descarte.
Determinação da responsabilidade pelo REEE	Definida proporcionalmente	Responsabilidade de cada fabricante determinada por sua proporção de vendas do ano anterior. O equilíbrio do sistema será realizado por meio de recomendações dos órgãos fiscalizadores.
Modelo	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. Recomenda-se que mais de uma organização gestora seja criada.

Fonte: Mazon (2014, p. 37).

Além do acordo do setor eletroeletrônico brasileiro com os meandros da reciclagem de REEE no país, a PNRS também obrigou a criação de planos de gestão de resíduos sólidos,

previstos no Decreto Federal n. 7.404/2010, que seguiriam individualmente em elaboração por cada município brasileiro. Estes planos de gestão deveriam incluir mecanismos de controle para que o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos seja seguido por meio da operacionalização de um sistema de logística reversa (GIGANTE, 2012; MAZON, 2014).

O termo “logística reversa” foi amplamente comentado pelos participantes do GTT, e citado na literatura, com o significado de “fluxo reverso de produtos”, sendo que:

Um sistema de logística reversa de REEE deve disponibilizar canais para devolução dos resíduos pela população, em consonância com a legislação vigente, com os princípios da preservação e das boas práticas ambientais e em atendimento aos ditames da responsabilidade socioambiental empresarial (SILVA; TENÓRIO; XAVIER, 2014, p. 183).

De acordo com a PNRS, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos produtos e embalagens após o uso pelo consumidor, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: (I) agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; (II) pilhas e baterias; (III) pneus; (IV) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; (V) lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; (VI) produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010, art. 33).

Para Silva, Tenório e Xavier (2014), a estruturação dos canais para devolução dos resíduos deveria considerar a facilidade de adesão dos cidadãos ao programa ao estabelecer os pontos de coleta ou entrega voluntária, e sua implantação pode ser maneira ativa ou passiva. São exemplos de canais ativos em funcionamento no mundo: (a) os usuários devolveriam seus REEE em uma unidade municipal de entrega de resíduos; (b) os usuários devolveriam seus REEE em um ponto de coleta determinado; ou, (c) os usuários devolveriam seus REEE em um estabelecimento comercial.

De acordo com os autores, dentre os canais passivos, estão: (1) coleta porta a porta; (2) serviço de retirada em domicílio (gratuito ou mediante pagamento); e, (3) envio remoto por terceiros sob responsabilidade dos produtores (SILVA; TENÓRIO; XAVIER, 2014).

Diversos estudos⁸⁹ trabalharam formas de aumentar a eficiência da logística reversa no setor de produtos eletrônicos, incluindo lâmpadas, pilhas e baterias, vasilhames de vidro,

⁸⁹ São eles: lâmpadas, pilhas e baterias (CNI, 2014; ABDI, 2012; ALDMAIER; SELLITTO, 2007; CHAVES, 2005; CHAVES, 2009; DEMAJOROVIC et al., 2012; HORI, 2010; JABBOUR et al., 2012; LIMA, 2008; MIGLIANO, 2012; VIEIRA; SOARES; SOARES, 2009; VIEIRA, 2009), vasilhames de vidro (FIRMEZA,

embalagens de PET e outros produtos da indústria de plásticos, pneus, pallets da indústria de alimentos, óleo; além de modelos automatizados de logística reversa com uso de *softwares* para controle da produção.

O estabelecimento de um sistema de logística reversa teria como principal virtude o fortalecimento do mercado da reciclagem no Brasil, podendo trazer benefícios que vão além da minimização do impacto ambiental (ABDI, 2012), conforme apresentado no Quadro 4.3.

No que tange à geração de empregos formais, estimou-se⁹⁰ o potencial de criação de cerca de 10 a 15 mil postos 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 coletado. Essa estimativa considera o momento em que o sistema estará em plena operação, cobrindo 100% do território nacional (ABDI, 2012).

Quadro 4.3: Benefícios do sistema de logística reversa.

SOCIAIS	ECONÔMICOS	AMBIENTAIS
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; Minimização de problemas de saúde causados pelo manuseio incorreto de REEE.	Maior retorno ao mercado de matérias-primas advindas da reciclagem de REEE; Fortalecimento da indústria da reciclagem pelo consequente aumento da demanda; Desenvolvimento de conhecimento e tecnologias relacionada a reciclagem de REEE.	Diminuição de casos de descarte incorreto de REEE; Melhoria da qualidade dos serviços de reciclagem e consequentemente menor nível de rejeitos nos aterros; Redução de gasto energético por conta de uso de reciclados (p.ex.: o gasto de energia para reciclagem de alumínio é 95% menor do que para sua produção primária).

Fonte: ABDI (2012, p. 99).

2007; GONÇALVES; MARINS, 2006), embalagens de PET e outros produtos da indústria de plásticos (GONÇALVES-DIAS; TEODÓSIO, 2006; SILVA; MOITRA NETO, 2011), pneus (GOTO, 2007; RAMOS FILHO, 2005), pallets da indústria de alimentos (MARAVIESKI, 2009), óleo (RIGO, 2009); modelos automatizados de logística reversa com uso de softwares para controle da produção (HERNÁNDEZ, 2010; HERNÁNDEZ; MARINS; CASTRO, 2012; MATOS, 2007; RIBEIRO, 2008; SINNECKER, 2007).

⁹⁰ A utilização dessa estimativa, mencionada pelo relatório da ABDI (2012), deveu-se a falta do termo “resíduo eletroeletrônico” na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), o que impediu a realização de uma análise da evolução do segmento utilizando a base da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho e Emprego. Segundo Pepinelli (2015, p. 21), a RAIS (instituída pelo Decreto n. 76.900/1975) é uma fonte de informações sobre as atividades trabalhistas formalizadas no Brasil, sendo que toda instituição que possui CNPJ é obrigada a declarar à RAIS.

Sendo assim, considerando o papel e a variedade dos atores relacionados à reciclagem de REEE, mencionados pela PNRS, e os trâmites do acordo setorial seguirem a passos vagarosos, segundo Mazon (2014, p. 37), a gestão dos resíduos eletroeletrônicos ainda carece de perspectivas mais precisas em alguns pontos delicados para a operacionalização da lei, entre elas, sua classificação:

Diferentes maneiras de enquadrar os materiais (na forma de produtos, resíduos ou rejeitos; e se considerados perigosos ou inertes) vão ocasionar diferentes obrigações de segurança ambiental e laboral – incluindo a exigência de licenciamento dos pontos de recebimento, a fiscalização sobre seu transporte, o uso de equipamentos de proteção, a eventual remuneração por insalubridade e outras. Além disso, o regime de tributação sobre a circulação e o tratamento de REEE, além de refletir o interesse do poder público em incentivar ou coibir determinadas práticas, também varia conforme a classificação dos materiais. (ABDI, 2012, p. 48).

Para Mazon (2014, p. 38), outra dificuldade para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos é a opção feita pelo princípio da responsabilidade compartilhada, responsável por atrasos e dificuldades no fechamento do acordo setorial, uma vez que conta com atores de diferentes níveis de atuação para a gestão e o financiamento dos REEE — o papel que cada um desses atores irá cumprir nesta cadeia ainda não foi definido. Além disso, as discussões promovidas pelo GTT de eletroeletrônicos negligenciaram os problemas e as oportunidades advindas dos fluxos internacionais de REEE, acarretando em um distanciamento entre a PNRS e a Convenção de Basiléia.

Como forma de contornar os entraves impostos pelo princípio norteador da PNRS, da responsabilidade compartilhada, o acordo setorial de eletroeletrônicos e a própria PNRS previram a necessidade da criação de uma organização gestora, para facilitar o entendimento entre as ações dos atores da cadeia de reciclagem – postos de recebimento e coleta, transportes e recicladores – para o cumprimento do acordo setorial.

Neste sentido, a ABINEE, que liderou as negociações do GTT de eletroeletrônicos nos últimos anos, teve sua proposta, elaborada em parceria com o Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos Eletrônicos e Similares (SINAEES), de uma organização gestora, aprovada somente em abril de 2016 pela Superintendência-Geral do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE). Denominada “Green Eletron”, a nova gestora virá para atender às obrigações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos e do acordo setorial, com o estabelecimento de metas de recolhimento e destinação de produtos descartados.

Segundo a associação, o atendimento do acordo setorial poderia ser feito individualmente ou de forma coletiva, opção esta que se mostrou mais adequada após análise de riscos, oportunidades e custos elaborada pela própria ABINEE. A criação de uma gestora harmonizará as atividades da concepção e *design* até o final da vida útil dos produtos, catalisando as iniciativas do setor de coleta e reciclagem de eletroeletrônicos, tornando os processos mais transparentes e racionalizando os custos. Além disso, as empresas que aderirem à gestora poderão compartilhar toda a infraestrutura criada para o recolhimento dos equipamentos, adotar estratégias conjuntas de comunicação e educação ambiental, padronizar e otimizar procedimentos, permitindo uma maior eficiência operacional (ABINEE, 2016, p. 16-18).

A atuação da “Green Eletron”⁹¹ deverá abranger todos os produtos e subprodutos eletroeletrônicos que se encontrarem descartados nos pontos de coleta após o uso pelos consumidores. Sua responsabilidade, porém, não contemplará, de maneira direta, o manejo, destinação e disposição final ambientalmente adequada desses resíduos (que serão realizados por empresas contratadas)⁹². O principal papel dessa organização gestora será integrar a logística reversa nas ações da política industrial da ABINEE, além de promover a economia circular visando à geração de valor e à redução de custos (ABINEE, 2016, p. 18).

Uma iniciativa que contou com o apoio da ABINEE e tem como parceiros, por meio de um acordo de cooperação técnica, a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), os Ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana do Município de São Paulo (AMLURB), foi o projeto piloto de logística reversa de produtos eletroeletrônicos no bairro da Lapa, em São Paulo, iniciado em maio de 2016. Um dos objetivos do projeto, que vai até 31 de outubro de 2016, é fornecer informações sobre coleta, depósito, transporte, triagem, desmontagem e reciclagem dos REEE descartados pelos consumidores para subsidiar as ações de implantação da logística reversa em âmbito nacional por meio do acordo setorial (ABINEE, 2016, p. 19).

⁹¹ A existência da gestora “Green Eletron” ainda se limita ao papel, pois não está disponível sequer um portal institucional *online* com informações sobre sua atuação.

⁹² Até julho de 2016, 48 empresas já haviam demonstrado interesse em aderir à iniciativa, sendo que o quadro social da gestora não deverá limitar aos associados da ABINEE. A abrangência e formato da gestora serão delineados a partir das adesões e participação das empresas do setor eletroeletrônico brasileiro (ABINEE, 2016, p. 18).

4.3 A reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Esta seção apresenta os problemas enfrentados na reciclagem de REEE no Brasil, representado neste estudo por casos analisados no âmbito do Estado de São Paulo-SP.

Nesta tese, o primeiro problema enfrentado para realizar a pesquisa de campo foi identificar as empresas recicladoras de REEE. Uma pesquisa na base de dados do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE)⁹³, em janeiro de 2015⁹⁴, revelou uma situação extremamente confusa. Entre os empreendimentos que afirmavam trabalhar com esse tipo de resíduo (cerca de 40 empreendimentos) havia sucateiros, cooperativas e empresas formalizadas. Ao ligar para esses empreendimentos, dois haviam fechado, cinco não mais trabalhavam com esse tipo de resíduo e algumas faziam apenas coleta e destinação, sendo outro material o foco de suas atividades (plásticos, papel e papelão, etc.). Das empresas identificadas através desse levantamento somente quatro foram finalmente visitadas: Coopermiti, Cooperativa Nossa Senhora Aparecida, Vertas e Indústria Fox – e a empresa Tamppo aceitou conceder entrevista por telefone. Os demais empreendimentos foram conhecidos por meio de levantamento realizado na *web*, levantamento de campo durante viagens e indicações das empresas entrevistadas.

O questionário aberto aplicado nas entrevistas, detalhado no Apêndice C, e a lista dos entrevistados, no Apêndice G, foi previamente elaborado a partir das percepções levantadas na revisão da literatura e do mapeamento dos atores realizado na *web*. Além das informações coletadas nas entrevistas, fez-se uso também de informações extraídas de fontes secundárias, como relatórios anuais e *sites* das empresas.

Em geral, a cadeia da reciclagem passa por vários estágios: começa com a coleta de lixo e de limpeza urbana, geralmente feita por empresas privadas; na sequência encontra-se o

⁹³ A base de dados do Compromisso Empresarial para a Reciclagem é de livre acesso para pesquisa e de autopreenchimento das informações, isto é, os próprios empreendimentos se cadastram e preenchem as informações em um questionário geral, que em seguida são disponibilizadas na página da *internet*. Existem algumas opções para filtrar as informações na busca como, por exemplo, pela seleção do Estado, da cidade e/ou do tipo de material, entre eles: plástico, metal, pneu, papel, pilha bateria, vidro, longa vida, tubo dental, tinta, lâmpadas, tecido, óleo, madeira, matéria orgânica, eletrônicos e borracha. A base de dados está dividida em três categorias: cooperativa, sucateiro e reciclador. De acordo com o CEMPRE (2016), a diferença entre os empreendimentos cadastrados na base de dados como “reciclador” dos cadastrados como “sucateiro” está baseada na existência de etapas de beneficiamento industrial, que variam de acordo com o tipo de atividade. Por isso, algumas empresas podem ser listadas em duas categorias (reciclador e sucateiro), desde que desenvolvam atividades de compra e venda simples de sucata e também algum processo de reciclagem (transformação), ainda que com diferentes tipos de materiais (PEPINELLI, 2015, p. 20).

⁹⁴ Essa base de dados foi escolhida para análise tendo em vista o papel desempenhado pelo CEMPRE como referência no assunto da reciclagem e como instituição, originada em 1992, que se dedica à promoção da reciclagem dentro do conceito de gerenciamento integrado do lixo.

trabalho dos catadores – seja nas cooperativas e associações, seja como catador independente nas ruas – que coletam e separam o material por tipo (plásticos, papelão, papel, vidro, alumínio, sucatas de metal, etc.); o próximo passo consiste na venda dos materiais separados para atravessadores e sucateiros, que são intermediários entre as cooperativas populares (ou mesmo, os catadores individuais) e as indústrias de reciclagem, empresas que acabam determinando os preços dos materiais recicláveis.

Segundo Leite, Wirth e Churfem (2014, p. 338), “a compra de recicláveis por parte das indústrias recicladoras é realizada em grandes quantidades, fato que exclui pequenos depósitos de sucatas das negociações diretas com as mesmas”.

Aquino, Castilho Jr. e Pires (2009) definiram os atores envolvidos na reciclagem de materiais recicláveis, os mesmos envolvidos na reciclagem de REEE, de acordo com as atividades desenvolvidas:

- (1) **Catador de material reciclável:** segundo a classificação brasileira de ocupações (de 2002), o catador de material reciclável é aquele trabalhador que cata, seleciona e vende materiais recicláveis como papel, papelão, plástico e vidro, bem como materiais ferrosos e não ferrosos e outros materiais reaproveitáveis.
- (2) **Intermediário:** é uma organização que geralmente realiza a compra e a venda de materiais recicláveis como papel, papelão, plástico e vidro, bem como materiais ferrosos e não ferrosos, dentre outros materiais reaproveitáveis. Entre as atividades desenvolvidas por intermediários estão: a coleta, a pesagem, a triagem, a trituração, a prensagem, a armazenagem e o transporte de materiais (quando em grande quantidade). Como intermediário, classificam-se as empresas com fins lucrativos formais e informais. Os intermediários forçam uma relação de dependência junto aos empreendimentos de catadores e compram os materiais a preços baixos.
- (3) **Indústria recicladora:** é uma organização que realiza a transformação físico-química do material reciclável.

Nesta tese, foram entrevistados doze empreendimentos que atuam em alguma fase da cadeia pós-consumo de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil, com concentração geográfica no âmbito do Estado de São Paulo, e pertencem a diferentes tipos de atores: cooperativas de catadores, empresas coletoras (intermediários) e indústrias de reciclagem (que

realizam todas as etapas do processamento à disposição final, a reciclagem “*cradle to cradle*”). Os atores entrevistados estão detalhados no Quadro 4.4.

Quadro 4.4: Empreendimentos de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos entrevistados no Brasil.

	NOME	LOCAL DA SEDE	NÚMERO DE TRABALHADORES
1.	Cooperativa Nossa Senhora Aparecida	Campinas/SP	34
2.	Coopermiti	São Paulo/SP	25
3.	Coreso	Sorocaba/SP	80
4.	Dionísio Recicláveis	Ribeirão Preto/SP	90
5.	Clube da Reciclagem (Global PET)	São Carlos/SP	2
6.	Indústria Fox	Cabreúva/SP	100
7.	Instituto Nacional de Resíduos (INRE)	São Paulo/SP	10
8.	Renove Ambiental	Amparo/SP	30
9.	Terra Cycle	São Paulo/SP	2
10.	Tramppo	Cotia/SP	2
11.	Seção de Bens Disponíveis da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	Campinas/SP	7
12.	Vertas	Mauá/SP	14

Fonte: Elaboração própria baseada em dados coletados em entrevistas realizadas entre os anos de 2014 e 2015.

Dentre os doze empreendimentos, cinco são dedicados à reciclagem de REEE, propriamente dita, e não processam nenhum outro tipo de material; são de criação recente – pois foram fundadas a partir de 2003, e o número de trabalhadores envolvidos no processamento da sucata eletrônica é pequeno, varia entre dois e cem funcionários. São eles: Clube da Reciclagem, Coopermiti, Indústria Fox, Tramppo e Vertas.

A Seção de Bens Disponíveis, da Diretoria Geral da Administração (DGA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), foi estudada a fim de se conhecer as práticas de destinação final da universidade para com os equipamentos que utiliza.

A primeira ação com respeito à destinação de materiais eletroeletrônicos ocorreu em outubro de 2004, época em que a UNICAMP percebeu que tinha uma grande quantidade de material parado nas unidades. Para desafogar esse acúmulo, decidiu-se alugar um barracão para a universidade ter um espaço para armazenar essa grande quantidade de materiais. Esse espaço “limparia” os excedentes não utilizados nas unidades e depois a UNICAMP poderia

voltar ao normal, sem grandes quantidades de resíduos. Contudo, o volume ao longo dos anos não diminuiu.

Com dois funcionários, a seção dá destinação final apenas aos resíduos de equipamentos patrimoniados da Universidade, quais sejam: madeira, ferro, aço, mobiliário e equipamentos sucitados (máquinas de laboratório, de uso industrial e equipamentos de TI).

Essa destinação se dá por meio de licitação por concorrência – ganha quem oferecer o maior preço pelo lote. Com um galpão, estantes de aço e um caminhão, a Seção de Bens Disponíveis destina, em média, 3,5 toneladas de REEE por ano.

As licitações ocorrem por meio da publicação de edital no Diário Oficial, que especifica o tipo de material licitado (por exemplo, equipamentos hospitalares, eletroeletrônicos, mecânica, telefonia, TV, refrigeradores, etc.) e a quantidade. Os interessados, em adquirir o lote em questão, visitam o galpão da Seção e estipulam um valor por ele. Assim, primeiro as empresas interessadas fazem a proposta para depois o DGA estabelecer um valor mínimo a ser cobrado pelo lote. Não há restrições para que empresas ou pessoas físicas participem da licitação, por isso, vence a licitação quem oferecer o maior valor pelo lote. Além disso, nenhum órgão superior à DGA impõe como requisito aos editais de licitação a necessidade de destinação final ambientalmente correta por parte do comprador. Este fato acarreta em destinações a pessoas e empresas de práticas duvidosas, visto que nem todos os compradores são recicladores formais de REEE⁹⁵.

As maiores dificuldades enfrentadas pela Seção de Bens Disponíveis, da UNICAMP, na destinação final dos REEE patrimoniados são em relação ao espaço disponível no galpão de armazenamento. Além do lugar pequeno para armazenar diversos tipos de materiais, os funcionários precisam negar a destinação de eletroeletrônicos de particulares que levam seus equipamentos até a Seção, pois não estão autorizados a recebê-los.

O Clube da Reciclagem surgiu em 2012 com a necessidade de a população são-carlense destinar adequadamente seus eletroeletrônicos. Idealizado pelo diretor executivo da Global PET⁹⁶, o Clube contava apenas com dois funcionários para receber os REEE via

⁹⁵ Dentre as empresas que venceram as licitações entre novembro de 2004 e novembro de 2014 estão, em grande medida, sucateiros (dentre eles, Sucata Industrial, WR Tecnologia, WN Recicla e Usados e Usados) – e, apenas dois recicladores formais (Sucata Eletrônica e Renove Ambiental).

⁹⁶ Empresa criada em 1998, em São Carlos, por colegas de curso da UFSCar que iniciaram suas atividades com a reciclagem de copos de PS do Restaurante Universitário e que resultou na criação de uma pequena unidade recicladora de PET, a BCB Indústria e Comércio de Plásticos. Posteriormente, o processo de superlavagem foi solidificado e puderam lançar como produtos as resinas granuladas e cristalizadas de PET reciclado. Atualmente, possui 50 funcionários e adquire o PET prensado e o *flake* de PET de recicladoras de menor tamanho, sucateiros e de uma cooperativa local. Mais detalhes estão disponíveis no site da empresa, em: <<http://www.globalpetsa.com.br/>>. Acesso em: 11 Jul. 2016.

correios (com cobrança de uma taxa por quilo de equipamento enviado), fazer a separação dos equipamentos e o desmantelamento das peças grandes (somente com mesas, chaves de fenda e gaiolas).

Até meados de maio de 2015, quando a entrevista foi realizada, a quantidade recebida por mês ainda era pequena e não dimensionada. Assim mesmo, a destinação final dos REEE recebidos era realizada por meio do repasse do material a oficinas de reparos de equipamentos na própria cidade. Segundo informações passadas pelo entrevistado, o Clube da Reciclagem vinha enfrentando dificuldades em conseguir material para ser reciclado e se manteria em atividade a custo da empresa maior (Global PET), pois não estava conseguindo acumular receita suficiente para a contratação de mais funcionários ou tampouco para expandir as atividades de coleta para além do recebimento via correios. Estava sendo discutida, inclusive, a possibilidade de descontinuarem as atividades do Clube.

Para o entrevistado, o Clube da Reciclagem não consegue operar em larga escala, pois necessita que empresas interessadas em fazer a logística reversa de seus produtos apoiem a iniciativa fazendo um repasse financeiro por cada produto coletado. Há a possibilidade de o Clube auxiliar grandes empresas a cumprirem com a logística reversa prevista na PNRS, mas o custo da operação precisaria ser compartilhado entre as empresas obrigadas por lei a executar essa tarefa.

A empresa TerraCycle, com escritório em São Paulo, é uma subsidiária com origem nos EUA, que tenta, desde 2011, instalar um programa nacional de reciclagem (nos moldes do americano, já instalado em outros 21 países). Para isso, recolhe resíduos por meio de brigadas nas quais a população se encarrega de coletar e enviar, por correio, os materiais. Estão em funcionamento a brigada de esponjas Scotch-Brite, de instrumentos de escrita Faber-Castell, de saúde bucal Colgate e o Programa de Volta ao Ciclo para os resíduos eletroeletrônicos (que funciona em parceria com as lojas da Fast Shop). Cada Brigada dura no mínimo por um ano.

Possui dois funcionários que fazem a separação e o armazenamento dos REEE – assim como dos demais resíduos recebidos – que chegam pelo correio, enviados por clientes de todo o país ou depositados nas lojas físicas da Fast Shop, e a comercialização se dá para recicladoras locais específicas de cada material (no caso, em grande medida, para a Coopermiti, em São Paulo). O escritório é pequeno e possui apenas uma sala para o armazenamento dos resíduos e uma mesa para sua separação. No mês corrente da entrevista (maio de 2015) a TerraCycle havia recebido e destinado 600 kg de materiais de saúde bucal, entretanto, não dispunha de dados sobre a destinação de REEE.

As principais dificuldades da TerraCycle giram em torno do fato de serem uma subsidiária e se sentirem à mercê das decisões que estão sendo tomadas no Acordo Setorial sobre a logística reversa de embalagens e eletroeletrônicos. Teme a perda de mercado, mas vê na PNRS uma oportunidade de aumentar a logística reversa dos materiais em geral.

O Instituto Nacional de Resíduos (INRE) surgiu em 2010 a partir das discussões dos grupos de trabalho da PNRS, e da necessidade de existir uma entidade que gerenciasse a relação entre os consumidores-descartadores e os destinadores de REEE. Possui dez funcionários que trabalham no intermédio de contatos entre empresas que querem descartar REEE e empresas que fazem o processamento e a destinação final.

Como organização gestora, o INRE gerencia os destinadores por região e, as atividades de coleta, processamento e destinação de REEE cabem única e exclusivamente ao destinador contratado⁹⁷. O contrato de prestação de serviço é firmado entre o destinador mais apropriado para a região a ser atendida⁹⁸ e a GEREE (Gestão Estratégica de Resíduos Eletroeletrônicos), que gerencia os contratos para o INRE. Assim, cada posto formal de coleta possui um termo de cooperação com o próprio destinador, além de fornecer um termo de doação dos materiais coletados. Até o momento da entrevista, em junho de 2015, o INRE já atuava em 56 municípios em onze estados brasileiros, e contava com 152 postos de coleta cadastrados⁹⁹.

Augusto e Demajorovic (2014, p. 13), com o objetivo de analisar os desafios e as perspectivas para a construção do acordo setorial de computadores e aparelhos celulares no Estado de São Paulo, constataram, em entrevistas com recicladores de REEE, que o setor privado de reciclagem apoia a contratação pela indústria de uma organização gestora para fazer a gestão da cadeia reversa (desde a escolha de postos de coleta, instalação dos coletores, até a coleta em si com o transporte dos materiais dos postos a um local de consolidação, onde será feita a triagem dos equipamentos por marcas, a pesagem e a reciclagem propriamente dita dos REEE, ou a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos).

Durante suas entrevistas, os autores identificaram a necessidade de existir um mecanismo de controle e uma organização fiscalizadora para verificar o padrão de operação dessa organização com o objetivo de manter os critérios de qualidade – um instrumento viável

⁹⁷ Essas atividades englobam apenas os eletroeletrônicos da linha verde.

⁹⁸ A região de Campinas, por exemplo, é atendida pela recicladora Dynels, com sede em Sumaré-SP. Mais informações podem ser obtidas no site da empresa, disponível em: <<http://www.dynels.eco.br/#!/empresa/hlb92>>. Acesso em: 12 Jul. 2016.

⁹⁹ Os postos de coleta vão desde lojas de assistências técnicas e do comércio em geral, até supermercados, escolas e postos de combustíveis.

de controle seria a criação de projetos piloto, por meio dos quais seria possível aferir a eficiência do sistema e diagnosticar gargalos e entraves a serem corrigidos (AUGUSTO; DEMAJOROVIC, 2014, p. 13).

Assim, no que diz respeito à atuação do INRE, suas principais dificuldades são justamente as ligadas à seleção de parceiros ambientalmente corretos para atuar com a reciclagem de REEE. Para isso, o INRE, em parceria com a Federação Paulista de Cooperativas de Reciclagem (FEPACOOORE), tem procurado algumas cooperativas de catadores de materiais recicláveis, dentre elas, a Amigos da Natureza (em Olímpia-SP), a Central Tietê (na Mooca-SP), a Cooperlândia (em Paulínia-SP), a Coopermiti (em São Paulo-SP), a Crescer (em Pirituba-SP), a Nova Conquista (em Itaim Paulista-SP), a União de Itaquera (em Itaquera-SP) e a Vitória da Penha (na Penha-SP), para atuarem como postos formais de coleta de REEE e, a partir de treinamento realizado pela própria FEPACOOORE, tornarem-se destinadores certificados (é o caso da cooperativa Crescer).

A Coopermiti iniciou suas atividades em março de 2010 na Central de Triagem, locada pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB), num galpão no bairro da Barra Funda (município de São Paulo). Trata-se de uma cooperativa pioneira no Brasil, pois é conveniada a um órgão público (Prefeitura de São Paulo, SP) e possui tecnologia e competência técnica para a execução dos processos de logística reversa e manufatura reversa de REEE.

Com a colaboração de 25 cooperados realizam atividades relacionadas à coleta seletiva de REEE (previamente agendada), à separação manual dos equipamentos, o armazenamento temporário em gaiolas por tipo de equipamento, desmantelamento dos equipamentos, destruição dos dados contidos nos REEE e a comercialização dos materiais para intermediários (que revendem para a indústria recicladora Dowa, que exporta para sua matriz no Japão). Apesar de processarem, em média, cerca de 30 toneladas de REEE por mês, possuem capacidade para o processamento de 100 t/mês, pois possuem um grande galpão de operações com caminhão porta *container* próprio, gaiolas e bags, chaves de fenda, uma prensa e uma empilhadeira.

Apesar de possuir parceria para a destinação de REEE de diversas empresas na capital e no interior, e contrato de exclusividade com a Prefeitura Municipal de São Paulo-SP, a principal dificuldade da Coopermiti ainda se relaciona a pouca oferta de eletroeletrônicos a ser processada.

A Indústria Fox, empresa multinacional com origem de capital na Suíça, foi fundada no Brasil em 2009, em Cabreúva-SP, para operar a primeira fábrica de reciclagem de geladeiras e freezers da América do Sul. Conta com cem funcionários que realizam a coleta de geladeiras e freezers usados para reciclagem (por meio de frota própria), a moagem das geladeiras e a comercialização dos materiais recicláveis resultantes do processamento das geladeiras. Atua também na distribuição de geladeiras novas para os participantes do Programa Troca Geladeira (de eficiência energética)¹⁰⁰ e presta serviços de consultoria em eficiência energética. Faz o processamento de mil geladeiras/freezers por dia (em torno de 420.000 geladeiras/freezers por ano).

O processo de reciclagem de geladeiras e freezers envolve uma primeira etapa de desmontagem manual para a retirada de peças soltas e da vedação. Em seguida, os equipamentos são colocados na esteira de uma grande máquina específica para a reciclagem de geladeiras¹⁰¹ (com duas linhas produtivas de reciclagem), que a empresa possui, para o escoamento do óleo do motor, a desgasificação dos circuitos de refrigeração¹⁰² por meio de mangueiras interligadas e a trituração. Na estação de trituração, ocorre a separação e desgasificação do isolamento (separação dos materiais e desgasificação do material de isolamento), a separação gravitacional das frações plástica e metálica, a separação manual da fração metálica (entre alumínio e ferro) e a destruição e transformação dos gases extraídos (CFC) no processamento por meio de uma torre de craqueamento do gás CFC que é enviado a tonéis com o CFC liquefeito em solução ácida.

Posteriormente, com frota própria de caminhões, a Indústria Fox comercializa os materiais resultantes do processamento das sucatas, dentre eles sucata metálica inteira e moída (alumínio moído e ferro inteiro e/ou moído), sucata plástica moída (PU - poliuretano), lâmpadas inteiras, lã de vidro branca, lã de vidro amarela, isopor moído, cobre moído e uma solução ácida (resultante do craqueamento do gás CFC). A comercialização das lâmpadas é feita para recicladores da região (Abiquim e Naturalis, de Itupeva) e dos demais materiais,

¹⁰⁰ O Ministério de Minas e Energia lançou, em 2010, o programa “troca geladeira”. O foco inicial do programa era a substituição das geladeiras antigas, que consomem muita energia, em residências de baixa renda. O governo incentivou a venda de novos eletrodomésticos com benefícios fiscais, exigindo que as companhias de energia elétrica executassem o programa de trocas em residências de baixa renda. A Indústria Fox atua como recicladora responsável por destinar corretamente as geladeiras e freezers recolhidos pelo programa.

¹⁰¹ Trata-se de um sistema de reciclagem da fabricante alemã, Untha, que engloba diversas máquinas interligadas: (1) esteira de entrada; (2) tubulação para recolha do gás de CFC; (3) triturador; (4) separador gravitacional (plástico e metais); (5) torre de craqueamento do gás CFC; e, (6) tonéis de liquefação do CFC em solução ácida.

¹⁰² A quantidade média de gás contida em um refrigerador varia entre 80 e 130 gramas, que quando liberados no meio ambiente equivalem a até 1.300 kg de CO₂ por equipamento.

para recicladores secundários específicos para cada material (alumínio, plástico, cobre, isopor, etc.).

A principal dificuldade da Indústria Fox paira em torno da operacionalização da logística reversa devido à extensão geográfica do país.

A indústria Tramppo nasceu, em 2003, no Centro Incubador de Empresas de Tecnologia (CIETEC), localizado no Campus da Universidade de São Paulo (USP). Em 2006, recebeu apoio financeiro da FAPESP e do CNPq. No fim de 2007, recebeu licença de operação pela CETESB e, em janeiro de 2008, a empresa iniciou suas operações comerciais. Conta com sete funcionários para a coleta das lâmpadas em desuso no cliente, o transporte das lâmpadas até a unidade processadora, o descarregamento do veículo, contagem e estocagem, processamento (segregação dos componentes) e o encaminhamento dos materiais segregados para reaproveitamento.

Desde 2010 atua em planta própria na cidade de Cotia-SP e conta com caminhão próprio adaptado para o transporte de lâmpadas, carrinhos e racks de transporte interno, bags, sacos plásticos e bombonas plásticas para o armazenamento dos materiais segregados. Possui instalações com uma sala de fragmentação com uma máquina que separa o vidro do pó fosfórico (que contém mercúrio), uma sala de sublimação (para a separação do mercúrio do pó fosfórico) e um sistema de exaustão e filtragem do ar do ambiente. A cada mil lâmpadas processadas são gerados, em média, 5-6 kg de pó fosfórico, 18 kg de terminais, pinos e eletrodos, 5.000 mg de mercúrio e 260 kg de vidro. As ponteiras metálicas (com cobre, alumínio e latão misturados) são comercializadas para indústrias de fundição, o vidro e o pó fosfórico, para indústria cerâmica, e, o mercúrio, para um instituto de pesquisa local (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT).

Os principais fornecedores (e para quem a Tramppo presta serviços de destinação final) são empresas de diversos setores, como, por exemplo: 3M, ABB, AES Eletropaulo, Ajinomoto, Alstom, Atlas Copco, Avon, Banco Central do Brasil, Banco do Brasil, Bayer, Bradesco, Cargill, Casas Bahia, CETESB, Claro, Coca-Cola, Corn Products International, CPTM, Electrolux, Eletrobras, Esalq, Ford, GM, Honda, Hospital Israelita Albert Einstein, Hyundai, Ibis, Ipen, IPT, Itaú, Leroy Merlin, Mackenzie, Mann Filter, Metrô, Motores MWM, Motorola, Nestlé, Novartis, Pão de Açúcar, Pfizer, Pirelli, Bridgestone, Reckitt Benckiser, Sabesp, Sabó, Saint-Gobain, Scania, Socicam, Sylvania, Tetra Pak, Tim, Toyota, Unilever, Unip, USP, Valeo, Visteon, Votorantim, Walmart e Yamaha.

As principais dificuldades da Tramppo se relacionam à coleta e ao transporte das lâmpadas, visto que a coleta das lâmpadas deve ser realizada cuidadosamente a fim de não se quebrarem no caminho. Por isso, é necessário que o acondicionamento seja feito em caixas de tamanho e encaixes com as dimensões corretas para cada tipo de lâmpada. Mas, nem sempre os clientes compreendem essa necessidade.

A Vertas surgiu em 2009, em Mauá-SP, por meio da aquisição de uma máquina trituradora italiana especializada na reciclagem de placas de REEE¹⁰³. Possui 14 funcionários que atuam nas seguintes atividades: coleta no cliente (com frota própria e parceria da Risso Transportes); triagem e cadastro do material recebido; organização do material em casulos por tipo, cliente, endereço e lote em linha verticalizada; manufatura reversa; descaracterização; separação por tipo de material (plásticos, metais, vidros, placas de circuitos impressos, pilhas e baterias); destinação de parte do material a outras empresas recicladoras especializadas (vidros, metais, plásticos); trituração das placas de circuitos impressos, fios e cabos. O produto final é um pó de placa (o material que compõem a base da placa de circuitos impressos chama-se fenolite) – rejeito enviado a aterro – que corresponde a 4% dos resíduos tratados. A Vertas também faz a descontaminação de tubos CRT de televisores e monitores com uma máquina própria para isso. Processa 40 toneladas por mês (e possui uma capacidade ociosa de 260 t/mês).

Além disso, presta serviços de consultoria em gerenciamento de resíduos tecnológicos (presta consultoria e planejamento, desde a operação logística até o descarte responsável dos resíduos com emissão de certificado e relatório para mensuração de valores ambientais); adequação e atualização à legislação; manufatura reversa e descaracterização (garante a proteção da marca). Dentre os produtos comercializados, a outras recicladoras, estão: cobre misturado (granulado e/ou fundido em pequenas placas) – vendido como matéria-prima para indústrias que fabricam canos; vidro moído (indústria cerâmica); metais; pilhas e baterias (Suzaquim, em São Paulo). Os restos de plásticos são extrusados para a confecção de madeira plástica e pallets de uso interno e/ou em projetos piloto e não são comercializados.

O diferencial da Vertas, para as demais recicladoras de REEE, é o modo como tem acesso aos resíduos eletroeletrônicos. A empresa não compra e apenas aceita como doação (que coleta com recursos próprios). Assim, dentre os fornecedores de REEE, a Vertas possui contrato de fidelização com a Doação de REEE: cooperativa de catadores Macrocoop, da

¹⁰³ Essa tecnologia de reciclagem é fabricada pela WRS (Waste Recycling Systems) Italia. Trata-se de uma máquina trituradora, com 18 metros de comprimento, que faz todas as atividades que precisam ser mecanizadas (trituração, separação magnética e nova trituração dos materiais separados).

cidade de Maceió/AL, Mensageiros da Vox Ciclo do Bem, Associação Cidadania e Vida, Mercatudo, Casas André Luiz, Personal CO₂ Zero.com, CEDIR, Fundação Settaport, Castrol Brasil, Pirelli, Nestlé, Netshoes, White Martins, Tok Stok, Xerox, Uniesp, Vivo, Tayco, Yamaha, Shop, Semp Toshiba, Argil, P&G, Sasazaki, dentre outras.

As maiores dificuldades enfrentadas pela Vertas se relacionam ao acesso a matéria-prima, haja vista a capacidade ociosa de 70% com que precisa lidar. A empresa participa de mutirões de coleta de REEE e não tem acesso aos resíduos de empresas e instituições que querem cobrar para a destinação.

A Renove Ambiental foi fundada em 2008, na cidade de Amparo-SP, com o propósito de reciclar equipamentos eletrônicos pós-consumo. No início, o proprietário coletava pessoalmente a sucata eletrônica na rua, desmontava e vendia para sucateiros, e depois começou a conseguir exportar para a Bélgica (para a recicladora Umicore). Entretanto, notou que essa atividade dava muito trabalho e pouco dinheiro. Por isso, expandiu o ramo da empresa e passou a fornecer serviços de consultoria ambiental e a comprar o excedente de produção de alguns fabricantes de equipamentos eletrônicos. Hoje (em 2015), com trinta funcionários, vende componentes eletrônicos novos (comprados de fabricantes) e usados (reformados) em uma loja física e em três lojas virtuais (no portal Mercado Livre); importa componentes e equipamentos novos da China e os revende na loja física e nas lojas virtuais; compra sucata eletrônica (para reformar e revender, ou apenas revende os componentes sucitados); e, fornece consultoria ambiental (em licenciamentos).

A Renove Ambiental faz a coleta, por meio de doação ou compra, da sucata eletrônica (para reformar e revender como novo¹⁰⁴) com frete próprio e terceirizado. Assim, quando os REEE não têm potencial de reuso ou revenda, procedem com o desmantelamento e a separação de peças e componentes preparando-os para a destinação final, por meio da comercialização para recicladores específicos.

Neste caso, o que for considerado rejeito é enviado para a Estre (em Paulínia), para disposição final no aterro; o vidro é comercializado para a indústria de piso cerâmico; as lâmpadas são vendidas para a Bulbox (que possui um triturador para a descontaminação de lâmpadas); as placas, para a Umicore (em Guarulhos); o ferro, para a Gerdau; os plásticos, para um produtor de utensílios domésticos da região de Campinas; os tubos de CRT, para a

¹⁰⁴ Caso os equipamentos sucitados apresentem condições de revenda, os dados do HD são apagados (com a utilização do sistema Blanco, que bloqueia a recuperação futura de dados) e é feito o *refurbishment* dos equipamentos (o que está com defeito é substituído por peça nova). Posteriormente, são testados e dispostos para comercialização.

Ativa (em SP); e, as caixas de papelão, para um intermediário local. O resto (incluindo peças e componentes soltos) é exportado para a Hamaya (recicladora japonesa) e para a Xstrata (mineradora suíça).

A quantidade de REEE de fato reciclada é pequena, pois o ramo de negócio da empresa mudou de foco desde que nasceu, e as atividades de reciclagem, e o faturamento com estas, se tornaram irrelevantes frente a receita total da Renove Ambiental. A empresa atua em quatro frentes de negócio: (1) aquisição de componentes eletrônicos novos (excedente de produção) para revenda; (2) importação e revenda de componentes e equipamentos eletrônicos novos da China; (3) aquisição de componentes usados para serem reformados e revendidos em uma loja física e em três lojas virtuais (portal Mercado Livre: Flex-One, Nbenatti, Euscom – CNPJ registrado para Alpes Digital e Alpes Componentes); e, (4) logística reversa e manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos e venda dos materiais para recicladores específicos.

As dificuldades mencionadas pelo diretor executivo da Renove Ambiental são em relação ao preço elevado¹⁰⁵ da logística (operações de transporte) no Brasil. Apesar de possuir frota própria para o transporte dos REEE, algumas vezes é necessário terceirizar o traslado devido às distâncias que precisa percorrer.

A Cooperativa Nossa Senhora Aparecida, alocada em Campinas-SP, nasceu nos anos 2000 a partir de um projeto conjunto da prefeitura com os cooperados. O “Projeto Reciclar”, financiado pelo BNDES, Petrobras e FUNASA, deu o pontapé inicial ao desenvolvimento da infraestrutura no local cedido pela Prefeitura Municipal de Campinas-SP (PMC). Atualmente (2015), conta com 34 catadores cooperados que trabalham na sede da cooperativa. A PMC realiza a coleta seletiva nos bairros da cidade e distribui o montante estipulado a cada cooperativa¹⁰⁶.

Realiza atividades de recebimento dos materiais (plásticos (PET, PP, PE, PS, EPS, PVC, PEAD, PEBD), papel, papelão, vidro e metal (alumínio, ferro e aço – aqui entram os resíduos de eletroeletrônicos inteiros), separação e comercialização. No caso dos REEE, os equipamentos são recebidos na sede por moradores que levam até o local e ficam

¹⁰⁵ O entrevistado mencionou que paga em torno de R\$20.000 de frete por carreta de sucata eletrônica.

¹⁰⁶ No caso de materiais recicláveis em geral, a cooperativa processa em torno de 120 toneladas por mês, sendo que em torno de 90%, dos materiais recebidos da Prefeitura Municipal, são aproveitados e vendidos para reciclagem. Vale ressaltar que, de acordo com as entrevistadas, a cidade de Campinas gera um milhão de toneladas de lixo (no geral) por mês, mas a prefeitura de Campinas coleta e recicla apenas 3% dos materiais recicláveis gerados na cidade. A PMC dividiu a cidade em setores e incumbiu a separação dos materiais recicláveis às cooperativas. Assim, os caminhões da PMC coletam os resíduos pela cidade e entregam o montante cabido a cada cooperativa.

armazenados em uma gaiola metálica, ao ar livre, próxima da entrada do galpão. Os cooperados fazem o reuso dos equipamentos que funcionam na própria sede da Cooperativa e comercializam o restante a intermediários, que adquirem sucata metálica. O montante de REEE recebido por mês é pequeno e flutuante.

A Cooperativa Nossa Senhora Aparecida comercializa os REEE com intermediários, dentre eles: a própria Reciclamp (central de vendas das cooperativas de materiais recicláveis) de que fazem parte, e sucateiros como a empresa Croce Ambiental e Aparas Campinas. Quando não conseguem negócio para a sucata metálica – inclusive os REEE – a Cooperativa dispõe no aterro sanitário de Paulínia (local para onde o rejeito é enviado para disposição final).

Os maiores problemas enfrentados pela Cooperativa Nossa Senhora Aparecida dizem respeito à receita angariada com a comercialização dos materiais recicláveis, pois as despesas fixas da cooperativa são grandes e os pressionam constantemente a aumentar a arrecadação. Ou aumentam a arrecadação, ou a retirada dos cooperados diminui mês a mês, pois não possuem benefícios financeiros diretos provenientes da Prefeitura Municipal.

A Coreso, em Sorocaba-SP, nasceu da organização de catadores e desempregados na época da crise (em 1999) e da necessidade de criar sustento. São 80 cooperados que realizam a coleta seletiva de materiais recicláveis (plásticos (PET, PP e PE), papel, papelão, vidro, metal e óleo de cozinha) porta a porta, em pontos de entrega voluntária, em condomínios e em grandes geradores. Fazem a separação manual dos materiais recicláveis em bancadas e bags; prensagem, pesagem e comercialização para a Rede de Cooperativas.

No que diz respeito aos REEE, não recebem, não coletam, não manipulam e não comercializam. Entretanto, quando recebem diretamente na sede da cooperativa (o que é frequente), pagam para dispor no aterro sanitário de Iperó (aterro utilizado pela região de Sorocaba). Neste caso, os REEE ficam empilhados, em contato direto com o solo, em um canto do galpão à espera de mais equipamentos para serem dispostos em remessas ao aterro sanitário. A principal dificuldade da Coreso diz respeito à falta de mão-de-obra para as atividades de coleta e separação dos materiais no galpão, visto que a maior parte dos cooperados prefere trabalhar na coleta.

A Dionísio Recicláveis, com sede em Ribeirão Preto-SP, surgiu das mãos do dono que coletava materiais recicláveis na rua e montava carrinhos de coleta para outros catadores. Em 1974 resolveu começar a comercializar os resíduos, por isso parou de coletar e passou, somente, a receber os materiais de outros catadores. Atualmente (maio de 2015), conta com

90 funcionários que trabalham no recebimento dos materiais recicláveis comprados (papel, papelão, plásticos (PEAD, PEBD¹⁰⁷) e madeira), separação e processamento.

Possui balanças, bags, trituradores de papel e prensas para processar o papel e o papelão; mesa, esteira de separação, prensa e transporte para os plásticos, que recebem beneficiamento em empresa terceirizada (pertencente à família, que produz sacos de lixo preto a partir dos resíduos de PEBD e *flakes* de PEAD); triturador de madeira (vendida e utilizada para geração de energia por meio da queima da biomassa); além de uma máquina descontaminadora de lâmpadas fluorescentes que separa o bulbo do vidro e das substâncias tóxicas.

A descontaminação de lâmpadas fluorescentes é prestada apenas a clientes já parceiros na comercialização de outros materiais recicláveis. Por ser uma máquina pequena e portátil, os funcionários da Dionísio Recicláveis fazem a descontaminação das lâmpadas na sede da empresa do cliente, o que torna desnecessário o transporte cuidadoso das lâmpadas até a Dionísio. Além disso, a empresa recebe outros resíduos eletroeletrônicos (como, por exemplo, computadores e celulares) na sede da empresa, mas não os processa – apenas os destina para a recicladora Sarmento (em São Paulo). O montante de REEE recebido por mês é muito pequeno e não dimensionado. No geral, a Dionísio Recicláveis processa, em média, 400 t/mês de plásticos, 788 t/mês de papelão e 1500 kg/mês de sacos de lixo.

As principais dificuldades da Dionísio Recicláveis vão de encontro à ausência de conscientização dos gestores das empresas geradoras de resíduos quanto à separação dos materiais recicláveis dos rejeitos. Esta prática diminui o montante recebido pela Dionísio para reciclagem e aumenta a quantidade coletada na coleta coletiva, que é disposta em aterro. Além disso, têm problemas com falta de mão-de-obra, pois os trabalhadores entram na empresa, recebem treinamento e, em seis meses, pedem para serem demitidos para receberem seguro-desemprego.

Mazon (2014) realizou pesquisa de campo para compreender qual a inserção brasileira na cadeia global de resíduos eletroeletrônicos. Para isso, entrevistou representantes de cinco empresas recicladoras de REEE alocadas em Campinas, Paulínia, Amparo, Americana e São Paulo. Segundo a autora, todas as empresas entrevistadas exercem atividades complementares à reciclagem propriamente dita, dentre elas, serviços de coleta por meio de logística reversa, manufatura reversa, reciclagem e consultoria sobre a implantação de logística reversa em pequenas e médias empresas de equipamentos eletroeletrônicos.

¹⁰⁷ PEAD = polietileno de alta densidade; PEBD = polietileno de baixa densidade.

O montante de REEE, processado pelas empresas estudadas por Mazon (2014), é, em grande medida, advindo das linhas de montagem de indústrias do setor eletrônico, como, por exemplo, Samsung, Epson, Dell, Siemens e Nokia. De maneira geral, as empresas cobram taxa para o transporte dos REEE até a planta, mas nem todas realizam a reciclagem *in loco* – por exemplo, a empresa que fica em Campinas exporta os REEE coletados para a reciclagem ser feita em sua matriz, em Cingapura.

As empresas, estudadas por Mazon (2014, p. 81), foram caracterizadas em três tipos: (i) empresas que coletam REEE, realizam sua seleção e vendem os materiais separados para outras empresas de reciclagem (no mercado doméstico); (ii) empresas que coletam REEE, realizam sua seleção, vendem parte do material separado para outras recicladoras e exportam as placas de circuito impresso (mercado externo); e, (iii) empresas de capital estrangeiro com escritório no Brasil, que coletam REEE e os destinam para reciclagem em uma planta fora do país, geralmente para a matriz.

Assim, a autora constatou que os canais de distribuição dos produtos finais das recicladoras nacionais de REEE são ramificados e de diferentes especialidades por conta da variedade de materiais envolvidos, tais como, cabos, fios, motores, plásticos, placas de circuito impresso, alumínio, aço, vidro, óleo, pilhas e baterias. Por isso, o destino dos materiais na reciclagem é diverso, desde outras empresas nacionais de reciclagem, empresas especializadas em reciclagem de plástico, fundição de aço, fabricante de vidro, recicladora de vidro, indústria química até recicladoras de capital estrangeiro¹⁰⁸ (MAZON, 2014).

As placas de circuito impresso se destacaram como o material mais exportado pelas empresas entrevistadas por Mazon (2014), com destino a recicladoras de capital estrangeiro presentes em Cingapura, Bélgica, Japão, Suíça, Estados Unidos e Europa. As empresas que mais exportam são também as que mais se dedicam a esse material, ou seja, sua principal atividade é justamente a exportação de placas, enquanto que o comércio dos demais materiais provenientes da reciclagem de REEE (como plásticos, vidros e cabos) é uma atividade secundária.

O oposto ocorre com as empresas recicladoras nacionais onde a maior parte do faturamento corresponde à venda para o mercado doméstico de plásticos (o faturamento proveniente da venda de placas corresponde, em média, a apenas 10% do total). Isso ocorre devido ao baixo volume de placas obtido pelas recicladoras nacionais, dado que, de todo o material contido nos galpões, apenas 2%, em média, é de placas. Sendo assim, as empresas

¹⁰⁸ A autora (MAZON, 2014) optou por não mencionar os nomes das empresas entrevistadas – a pedido de uma delas – por isso, não temos como nomear os empreendimentos estudados ou mencionados pelas entrevistadas.

nacionais, estudadas por Mazon (2014, p. 83), recebem uma gama de equipamentos abrangente em relação às empresas de capital estrangeiro, que geralmente são especializadas em equipamentos ricos em placas de circuito impresso, ou somente em placas.

Para Mazon (2014), as recicladoras nacionais de REEE, consideradas bem sucedidas, pertencem a grupos empresariais maiores e com diferentes frentes de negócio – não lidam apenas com REEE. Isso se deveu ao fato de uma das empresas entrevistadas atuar também no gerenciamento de resíduos domésticos, comerciais, industriais, de construção civil e de serviços de saúde; e uma outra, trabalhar com a reciclagem não só com REEE, mas também de veículos, móveis e outros bens de pós-consumo. Esse mesmo princípio de ramificação de mercado se aplicou a outra das entrevistadas, uma multinacional brasileira, que lida com sucata industrial (aço inoxidável e outras ligas) e automotiva (catalisadores) (MAZON, 2014, p. 84).

Segundo Mazon (2014, p. 84), como o valor do material final obtido pela exportação direta é maior do que o recebido com a venda para as subsidiárias, evidentemente, todas as recicladoras nacionais têm a exportação como objetivo¹⁰⁹. Entretanto, para isso, é necessário um volume relativamente alto de REEE. Uma das empresas entrevistadas informou que, para exportar, é necessária a obtenção de um documento aduaneiro denominado “Radar”, cujo aporte é justificado para um volume mínimo de 10 toneladas/mês. Essa quantidade é relativamente alta para o volume operado pelas recicladoras nacionais estudadas. Para contornar a situação, uma das empresas exporta junto a empresas especializadas em exportação. Mesmo assim, em contrapartida, uma das multinacionais recebe, em média, entre 150 a 200 toneladas/mês.

Mazon (2014, p. 89) concluiu que o caso brasileiro está inserido na dicotomia *países desenvolvidos x países em desenvolvimento*, pois as instalações de tratamento de REEE no Brasil são constituídas apenas pelo primeiro nível de tratamento (separação e desmantelamento manual) e, de forma restrita, pelo segundo nível de tratamento (algumas etapas de pré-processamento automatizadas), enquanto que o terceiro nível (tratamento de metais) está geograficamente localizado em outros países, na maior parte dos casos, desenvolvidos.

¹⁰⁹ “No Brasil, a exportação de REEE não é considerada transação de resíduos perigosos desde que sejam retiradas pilhas e baterias. Sendo assim, não é necessário o aporte de qualquer documento ou licença específica relacionada à exportação de REEE. As empresas possuem apenas licenças comuns para o exercício da atividade (CETESB, por exemplo) ou certificações como ISO 14001 e ISO 9001. Nenhuma das entrevistadas importa REEE de outros países.” (MAZON, 2014, p. 84).

Para a autora, existe uma integração técnica e logística de tecnologias adequadas para as diferentes fases do tratamento de REEE que possibilitam a sua reciclagem completa no país. Entretanto, apesar de algumas recicladoras possuírem processos semiautomáticos, como, por exemplo, para a de-gaseificação de CFCs e de corte e limpeza de cinescópio, o Brasil apresenta limites técnicos para o tratamento de materiais complexos. Ademais, “os processos de separação e de desmantelamento manuais, apesar de garantir maior qualidade ao material final, são ineficientes” (MAZON, 2014, p. 90).

Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012) analisaram o processo de reciclagem e as políticas de gestão de REEE na Europa, Estados Unidos, países da Ásia (como, Japão, China, Índia, Camboja, Indonésia, Coreia do Sul, Taiwan, Malásia, Filipinas, Vietnã, Singapura, Tailândia), países da África (África do Sul, Gana, Nigéria), América Latina (México, Argentina, Costa Rica, Chile, Peru, Colômbia), partindo da Convenção de Basiléia, e compararam com a situação brasileira.

Para os autores, o estabelecimento de um processo de reciclagem eficiente depende da gestão eficiente do processo de coleta. A principal dificuldade associada com a implementação de processos de reciclagem de lixo eletrônico no Brasil é o sistema de coleta, visto que sua eficiência depende não só da educação e cooperação das pessoas, como também da cooperação entre os geradores de resíduos industriais, distribuidores e governo (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012, p. 1606).

Segundo Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012), embora o Brasil ainda não tenha implementado uma tecnologia de processo de reciclagem completa, o país tem um potencial significativo para se adaptar às etapas de pré-processamento e para estender o uso de tecnologias de processamento de ponta de acordo com as próprias necessidades se seguir o caminho da troca de conhecimentos e de tecnologia. Por causa dos grandes volumes de investimentos (economias de escala) necessários para se estabelecer uma instalação em estado da arte, esta tecnologia só alcançará o potencial de mercado quando volumes elevados de REEE forem coletados de toda uma região e/ou através de rotas comerciais favoráveis.

A reciclagem de metais presentes nos REEE é realizada por diversas empresas que coletam esses resíduos no Brasil e os exporta para suas matrizes, dentre elas estão: Umicore, Cimélia, Belmont, Lorene, San Lien, SIR Company, Interamerican, Oxil, Reciclo Metais, Sucata Eletrônica – alocadas na cidade de São Paulo – e, Reverse, instalada em Novo Hamburgo (Rio Grande do Sul) (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012, p. 1607).

Apesar disso, as autoras sugerem que há possibilidade de integrar a reciclagem de REEE em instalações preexistentes de fundição de metais não ferrosos, o que tornaria essas

instalações mais vantajosas com apenas uma atualização das operações. Note-se que um investimento significativo seria necessário para a adaptação adequada do cobre existente às fundições de metais preciosos (especialmente em instalações de tratamento de efluentes gasosos), bem como o acesso à mão-de-obra qualificada de engenheiros, metalúrgicos e químicos (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012).

Em outra frente de trabalho, integrada às atividades de coleta, estão os catadores de materiais recicláveis. Segundo as autoras, com dados do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), mais de meio milhão de catadores têm sido relatados, no Brasil, como responsáveis pelo sucesso da coleta de sucata de metal no país. O país possui, aproximadamente, 2400 empresas e cooperativas envolvidas na reciclagem e no comércio de sucata. Por outro lado, a coleta e a reciclagem de lixo eletrônico ainda é incipiente, porque os REEE não são considerados valiosos no setor informal. O desafio brasileiro é, portanto, organizar um sistema de gerenciamento de REEE que inclua o setor informal sem negligenciar os princípios da gestão ambientalmente saudável (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012, p. 1606).

Lavez, Souza e Leite (2011) analisaram o processo de logística reversa de computadores em três empresas instaladas no Brasil: Itaotec, San Lien e SIR Company. Para isso, descreveram os objetivos estratégicos do projeto de cada empresa, assim como os fatores operacionais, os atores envolvidos nessas cadeias reversas, o processo de logística reversa em si, os canais de distribuição reversos e os fluxogramas da cadeia reversa. Por exemplo, no caso da Itaotec, após a coleta, os produtos eletrônicos são enviados para a própria fábrica de eletrônicos, em Jundiaí¹¹⁰, onde são desmontados e os materiais constituintes destinados a recicladores autorizados.

Até o momento de seu estudo (2011), os autores constataram o volume médio de sete toneladas de resíduos coletados e processados ao mês. Em seguida, as placas de circuito impresso, dos computadores desmontados, são moídas a fim de facilitar o transporte ao exterior. Neste caso, os autores constataram que a etapa principal da reciclagem das placas dos computadores, do refino dos metais, é realizada em Cingapura (pela empresa Cimélia) para onde os resíduos são exportados (LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011).

Os procedimentos realizados no centro de reciclagem da empresa englobam o teste de funcionalidade do material coletado, que passa por triagem, sendo que os componentes que se encontrarem em bom estado e que ainda possam ser reutilizados são destinados a um estoque

¹¹⁰ A Itaotec investiu cerca de R\$350 mil para a construção do próprio centro de reciclagem, em Jundiaí (LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011, p. 20).

de peças para futuros reparos pela rede de assistência técnica. Já os demais componentes, que não poderão ser reutilizados, passam pelo processo de descaracterização e, em seguida, são comercializados às respectivas indústrias de reciclagem. No caso das placas de computador, a reciclagem se dá por meio da exportação, para que ocorra fora do país (LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011).

Segundo Lavez, Souza e Leite (2011), a Itautec estava desenvolvendo um estudo para a implantação de um programa de logística reversa nas 37 filiais espalhadas pelo Brasil, aproveitando sua capilaridade de assistência técnica, com mais de dois mil técnicos em quatro mil cidades do país. A ideia era coletar os produtos de clientes, pessoa física, por meio de pontos de recebimento em diversas capitais do Brasil, criar programa de recolhimento dos computadores em domicílio, investir na conscientização dos clientes para que eles reconheçam a importância da reciclagem e oferecer vantagens na compra de computadores usados.

No caso da San Lien, a coleta é realizada de duas maneiras: lotes de produtos descartados no estado em que se encontram na empresa, e lotes de placas segregadas pelas empresas fornecedoras. Para a empresa, é mais lucrativo comercializar as placas dos equipamentos eletrônicos, pois 80% do faturamento da empresa provêm da comercialização de 20% das placas coletadas. Após coletas, as placas de circuito impresso são trituradas e exportadas para recicladoras na Alemanha e nos Estados Unidos, onde o material passa por refino para separação dos metais e fabricação de lingotes. No momento da pesquisa, a empresa informou que coletava cerca de 500 toneladas por mês, e seus principais fornecedores de REEE eram: Nova Data, Xerox, Procomp, Telefônica, Vivo, dentre outros (LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011, p. 25).

A empresa SIR Company vende as placas para a empresa Lorene (que as exporta para a Alemanha). Para o processo de reciclagem de monitores, possui parceria com a empresa Oxil. As três empresas enviam os demais materiais obtidos da sucata eletrônica (ferro, plástico, vidro, etc.) para recicladores específicos no país, assim como as baterias que, após separadas das carcaças, são enviadas à Suzaquim (em São Paulo) para reciclagem. Os autores concluíram que a integração entre os atores da cadeia reversa é baixa, o que dificulta o retorno dos eletrônicos pós-consumo e aumenta os custos logísticos, quando o ideal seria o contrário (LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011, p. 27-30).

De acordo com as informações levantadas nesta tese, somadas as entrevistas com os doze empreendimentos, a reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil ainda não foi estruturada em uma cadeia, isto é, onde as atividades de coleta, transporte e processamento

seguem em fluxos contínuos passando por locais e atores pré-determinados e terminando com a destinação final ambientalmente correta dos materiais.

Em vez disso, há problemas que vão desde a pouca oferta de eletroeletrônicos a ser processada, pois não há um canal institucionalizado para o descarte correto dos equipamentos pós-consumo pela população e pelas empresas; dificuldades na operacionalização da logística reversa devido à extensão geográfica do país e ao elevado custo do frete; em selecionar parceiros ambientalmente corretos para atuar com a reciclagem de REEE; até com a falta de diálogo com os representantes das empresas no lido do acordo setorial e falta de conscientização da população e do empresariado no que tange à destinação ambientalmente correta dos materiais e na forma como precisam ser acondicionados para o transporte seguro.

Considerando que uma cadeia pós-consumo de reciclagem de REEE no Brasil deverá se iniciar com as atividades de coleta¹¹¹, a Política Nacional de Resíduos Sólidos previu a inserção de cooperativas de catadores, mas não estabeleceu critérios para essa participação integrada ao fluxo de resíduos. A fase da coleta-armazenagem-pré-separação de REEE é de baixo valor agregado e problemática para quem vem tentando atuar.

O que se percebeu, durante as entrevistas realizadas na Cooperativa Nossa Senhora Aparecida e na Coreso, foi o dia-a-dia de pessoas de baixa renda tentando sobreviver com o pouco sustento que recebem com a venda de materiais recicláveis, cuja realidade encara poucos conhecimentos acerca dos problemas decorrentes do armazenamento incorreto da sucata eletrônica recebida, a falta de treinamento para lidar com esses materiais (resultando na venda como sucata a intermediários) e a ausência de um espaço adequado para seu armazenamento.

Alguns cooperados relataram ainda que coletar sucata eletrônica é um problema, tendo em vista a dificuldade no trato do material e a desvalorização deste pelos compradores (atravessadores e sucateiros). Por venderem a sucata inteira, ficam impossibilitados de negociar o preço. Neste caso, os sucateiros e atravessadores (que nem sempre têm responsabilidade socioambiental na manipulação da sucata¹¹²) desmontam os eletrônicos e vendem os componentes e as peças separadamente. Isso aumenta o lucro destes, visto que os materiais são vendidos separadamente e diretamente a recicladores específicos (por exemplo, os plásticos são enviados diretamente para as indústrias de reciclagem de plástico, enquanto

¹¹¹ A etapa da coleta abrange todas as atividades relacionadas à coleta do material, seja ela realizada porta a porta ou em postos de coleta pré-determinados; armazenagem do material coletado, preferencialmente em locais cobertos; e, pré-separação do material (sucata eletrônica separada dos demais materiais recicláveis).

¹¹² Rodrigues (2012) descreveu problemas relativos ao descarte irregular de REEE por parte de intermediários no município de São Paulo.

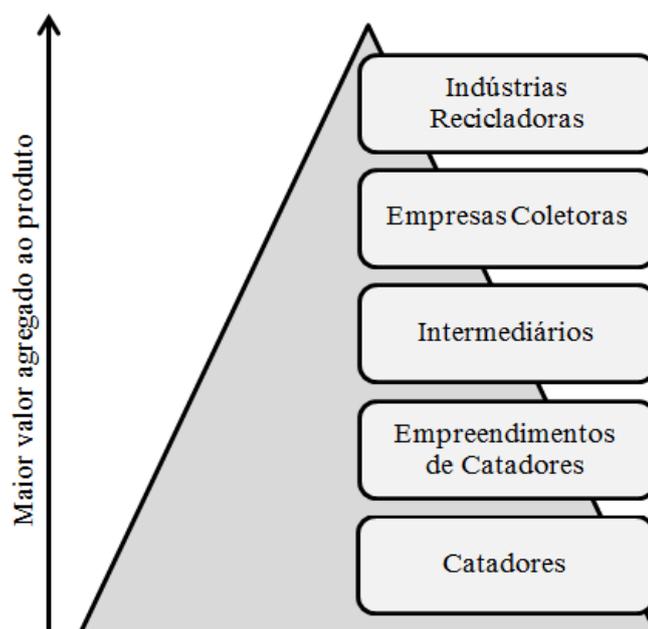
as placas de circuitos impressos são vendidas diretamente para a indústria de reciclagem desse material).

Após a coleta, os atores deveriam realizar testes de funcionalidades nos equipamentos a fim de se verificar a possibilidade de alguma peça ou componente ser utilizado na montagem de “novos” produtos. A este reaproveitamento de peças e componentes há a denominação “remanufatura”. Entretanto, o reuso só ocorre no Brasil quando os REEE passam por instituições com fins de inclusão social, ou seja, que consertam e revendem os eletroeletrônicos usados a preços acessíveis às pessoas de baixa renda. De outra maneira, apenas um empreendimento relatou praticar reuso de peças e componentes sucitados, mas, neste caso, o objetivo do entrevistado era tão somente aumentar os lucros de sua empresa atuando em mais uma frente de negócio (como a Renove Ambiental).

No que diz respeito à reciclagem propriamente dita dos REEE, considerando as informações extraídas das entrevistas, realizam essa atividade, formal ou informalmente, os intermediários da cadeia, as empresas e as indústrias de reciclagem. O que varia de um caso a outro é o nível de especialização da atividade e o número de etapas da reciclagem que englobam. Enquanto alguns empreendimentos fazem questão de desmontar manualmente os REEE, classificar e separar as peças e componentes em categorias por similaridade e revendê-las a grandes destinadores (como a Renove Ambiental, o Clube da Reciclagem e a Coopermiti), outros possuem infraestrutura dedicada e condições de realizar todo o processamento da sucata sem depender de parcerias para isso (como a Vertas, a Tramppo e a Indústria Fox). Nisso tudo, as cooperativas de catadores são apenas mais um elo da cadeia de reciclagem que não funciona – não têm condições técnicas de processar os REEE, não possuem espaço adequado para seu armazenamento e não conseguem revendê-los com uma porcentagem mínima de lucro.

Portanto, as etapas de processamento final dos REEE e sua destinação final são de responsabilidade maior das indústrias de reciclagem, visto que a maior parte dos resíduos (da cadeia formal de reciclagem) termina seu ciclo com estes atores. Neste contexto, os atores situados no patamar mais alto da hierarquia, dos empreendimentos que atuam na reciclagem, são aqueles que realizam atividades com alto valor agregado (ilustrado na Figura 4.3).

Figura 4.3: Hierarquia dos empreendimentos que atuam na reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.



Fonte: Elaboração própria a partir de Pepinelli (2011, p. 68).

Mesmo abrangendo as atividades de coleta (mesmo que indiretamente, por meio da compra de material de sucateiros, projetos sociais ou empresas coletoras) e pré-processamento, são as operações de processamento e destinação final o carro-chefe das indústrias de reciclagem. Os empreendimentos entrevistados, que realizam a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, que se encaixam nesta categoria são: Indústria Fox, Vertas e Tramppo.

A base dessa pirâmide hierárquica é composta pelos catadores, que atuam majoritariamente coletando os resíduos por conta própria, seja em lixões, vias urbanas ou de porta em porta. As cooperativas e associações de catadores, por serem empreendimentos com a participação igualitária de dezenas de catadores, e contarem com alguns apoios institucionalizados (de prefeituras e associações de moradores), situam-se no nível médio da pirâmide. Acima desta categoria estão os intermediários, representados pelos atravessadores e sucateiros, que articulam entre si uma ampla rede de comércio de materiais e se associam a grandes empresas e indústrias, formando, por vezes, grandes cartéis. Em seguida, estão as empresas coletoras, que atuam de maneira independente dos atores nos estratos mais baixos da pirâmide, mas que dependem das indústrias de reciclagem para a comercialização dos REEE por eles pré-processado. O topo da pirâmide é controlado pelas indústrias de

reciclagem que, mesmo em pequeno número, têm poder sobre os demais no controle dos preços dos materiais por elas adquiridos.

Portanto, embora sejam processos de alto custo de operação e manutenção, somente as indústrias de reciclagem possuem capacidade instalada e oferta de equipamentos obsoletos suficiente para o beneficiamento e o refino dos materiais provenientes destes resíduos. Entretanto, somente parte destas atividades é realizada no país (o desmantelamento dos REEE, a trituração dos materiais e a separação de plásticos e metais). Por isso, a maior parte das indústrias recicladoras de REEE instaladas no país exporta os materiais que ainda possuem potencial de reciclagem a fim de serem reaproveitados como matéria-prima (em grande medida, compostos de metais, como as placas de circuitos impressos), como, por exemplo, na geração de energia elétrica (por meio de incineração) por indústrias de transformação (seja na fabricação de aço ou cimento)¹¹³.

Quando há interesse econômico no refino e na recuperação físico-química dos materiais (com a separação de metais ferrosos e não ferrosos)¹¹⁴, os locais de destino são, frequentemente, a Europa e a Ásia, a ser realizada por grandes refinarias. Operam em parceria com empresas brasileiras¹¹⁵, as seguintes refinarias: Umicore (instalada na Bélgica), Dow (no Japão), Glencore-Xstrata (na Suíça), Aurubis AG (na Alemanha), Boliden (na Suécia), Lorene (Alemanha), Hamaya Corporation (Japão).

Entretanto, quando a empresa percebe que os materiais não são mais reaproveitáveis, a exportação desses rejeitos é feita (ilegalmente, de acordo com a Convenção de Basileia) para países da África¹¹⁶ e Ásia¹¹⁷. A Figura 4.4 ilustra os fluxos de REEE do Brasil para o mundo, de acordo com informações coletadas durante as entrevistas.

¹¹³ Este é o caso da Glencore-Xstrata, situada na Suíça, e da Aurubis AG, na Alemanha.

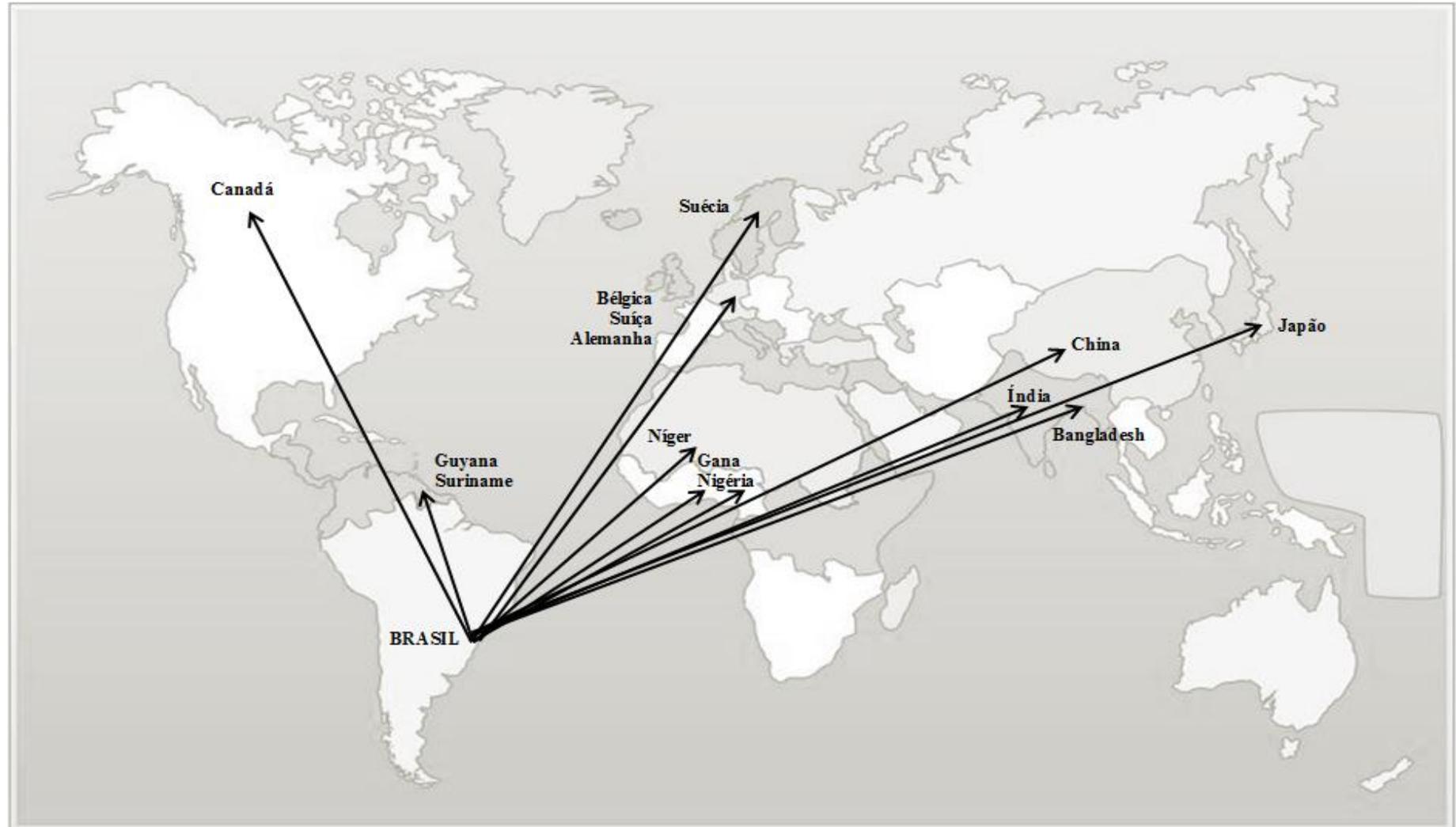
¹¹⁴ Os metais ferrosos são o aço, o ferro fundido e o ferro laminado. Esses metais são ligas de ferro e carbono, que podem apresentar em sua composição elementos como fósforo, manganês, silício, cobre, enxofre, entre outros. A rigor, possuem uma porcentagem de ferro superior a 90%, uma porcentagem máxima de carbono de 5%, e os demais elementos aparecendo em porcentagens relativamente reduzidas. Já os metais não ferrosos são metais ou ligas metálicas (mistura de metais) que não contêm ferro ou, se o tem, a quantidade é pequena. Por exemplo: cobre, estanho, zinco, chumbo, platina, alumínio, magnésio, titânio.

¹¹⁵ Dentre as entrevistadas, os empreendimentos que realizam esse tipo de exportação, são: TerraCycle, Coopermiti, Indústria Fox. Sabe-se de outras empresas que atuam no Brasil e possuem essa prática, como, por exemplo: Lorene, Oxil, Umicore.

¹¹⁶ O empreendimento entrevistado que realiza este tipo de exportação é a Renove Ambiental.

¹¹⁷ A reciclagem de equipamentos eletrônicos sucataados, de forma manual e com técnicas prejudiciais à saúde (como a queima de cabos, fios e placas para extração de cobre) na Índia é exemplificada no documentário “E-waste in India” (https://www.youtube.com/watch?v=sFfaYc_p1x8).

Figura 4.4: Fluxo de exportação de resíduos eletroeletrônicos do Brasil para o mundo.



Fonte: Elaboração própria baseada em dados coletados em entrevistas realizadas entre os anos de 2014 e 2015.

O fluxo internacional de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos a partir do Brasil é impulsionado por empresas de coleta, processamento e disposição final e pelas indústrias de reciclagem. Os fluxos de exportação de REEE, ilustrados na Figura 4.4, do Brasil para o mundo, seguem como destinos, por exemplo, Bélgica, Suíça, Suécia, Alemanha, Japão, China, Índia, Bangladesh, Níger, Gana e Nigéria.

Como a instalação de unidades adequadas de tratamento de resíduos tecnológicos é custosa e o governo brasileiro ainda não disponibiliza incentivos fiscais (como a isenção de impostos sobre o processamento de produtos descartados) aos interessados em investir neste ramo, a importação de tecnologia adequada a esse tipo de tratamento de resíduos ainda é realizada por poucos atores no país.

Sendo assim, as relações que intermeiam os empreendimentos de reciclagem de REEE, suscitam uma estrutura de governança baseada em relações de poder que favorecem a concentração e a externalização das atividades de reciclagem que agregam valor ao material, ou seja, os materiais com maior valor agregado (como as placas de circuito impresso) são exportados para as matrizes de algumas recicladoras. Assim, o processo de reciclagem mais custoso e intensivo em tecnologia (com processos totalmente automatizados) não é realizado no Brasil, mas em países com infraestrutura dedicada e estabelecida há mais tempo (como, por exemplo, Bélgica, Suíça, Japão e Alemanha).

4.4 Evolução dos artigos científicos e das patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil

Esta seção apresenta a evolução da publicação de artigos científicos e do patenteamento de tecnologias de produto e processo sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.

As dificuldades da implantação da regulação e da estruturação da cadeia de reciclagem de REEE no Brasil se refletem nas atividades de publicação de artigos científicos e depósito de patentes.

As atividades de publicação de artigos científicos sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil seguem um padrão semelhante ao do desenvolvimento tecnológico, indicado pelo depósito de patentes, no período entre 1980 e 2015, mostrados na Figura 4.5. Para esta comparação, entre atividades científica (artigos) e tecnológica (patentes), realizou-se

uma busca com o termo mais conhecido internacionalmente, “*electronic waste*”, na Plataforma Questel Orbit, para patentes, e na base de dados de literatura técnico-científica Scopus, para artigos científicos, e filtrou-se os resultados para o Brasil. No Quadro 4.5 estão registrados os totais de documentos recuperados em ambas as bases.

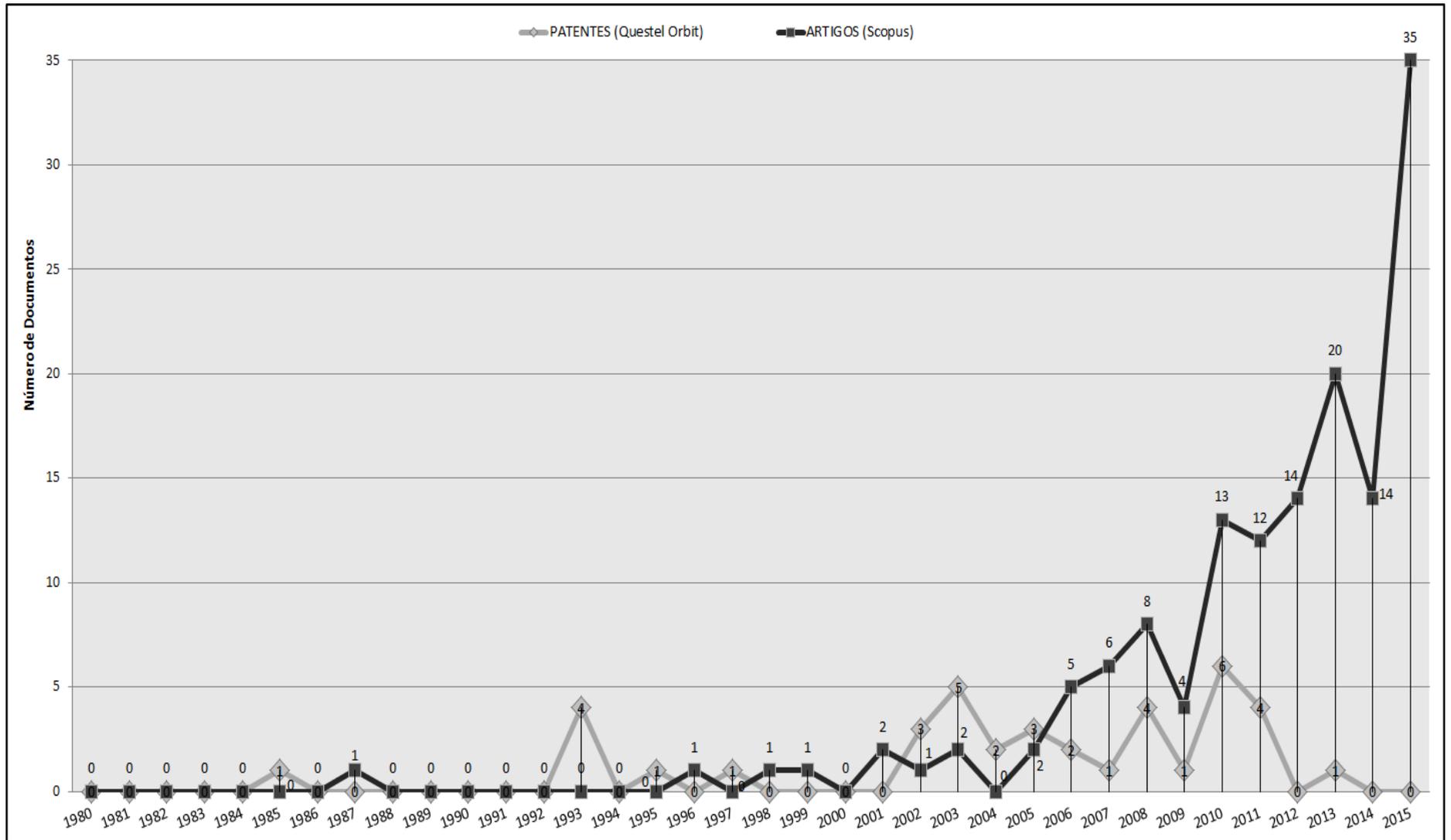
Quadro 4.5: Número de artigos e patentes recuperados com o termo “*electronic waste*” na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus filtrados por “*Brazil*”¹¹⁸.

BASE	TOTAL DE REGISTROS
Scopus (artigos científicos)	148
Orbit (patentes)	39

Fonte: Elaboração própria.

¹¹⁸ A realização dessa busca simples para o Brasil, e a coleta dos dados recuperados, se deram no dia 7/6/2016.

Figura 4.5: Atividades científica e tecnológica no Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus.

A atividade científica tem pequena variação (um artigo) em 1987 – que corresponde ao período de início das discussões em torno das exportações de resíduos perigosos entre países – e em 1996, 1998 e 1999 (período pós-adoção do Tratado da Convenção da Basileia e anterior às discussões europeias sobre o ciclo pós-consumo de REEE).

A partir de 2001 (com a publicação de dois artigos científicos) a atividade científica no Brasil, em torno do tema “resíduo eletroeletrônico”, avançou e, a partir 2005 (com dois artigos) se desenvolveu e cresceu linearmente até atingir picos de produção científica em 2008 (oito artigos), 2010 (treze artigos), 2013 (vinte artigos) e 2015 (35 artigos).

Por este mesmo caminho seguiu a produção tecnológica que apresentou pequena variação de picos em 1985 (depósito de uma patente), 1993 (quatro patentes), 1995 e 1997 (com uma patente). Neste caso, foi a partir de 2002 (com três registros) que o depósito de patentes se intensificou e cresceu atingindo picos em 2003 (cinco patentes), 2005 (três patentes), 2008 (quatro patentes) e em 2010 (seis registros). De 2011 a 2015 o depósito de pedidos de patentes dá uma guinada e decresce de quatro registros até a estaca zero.

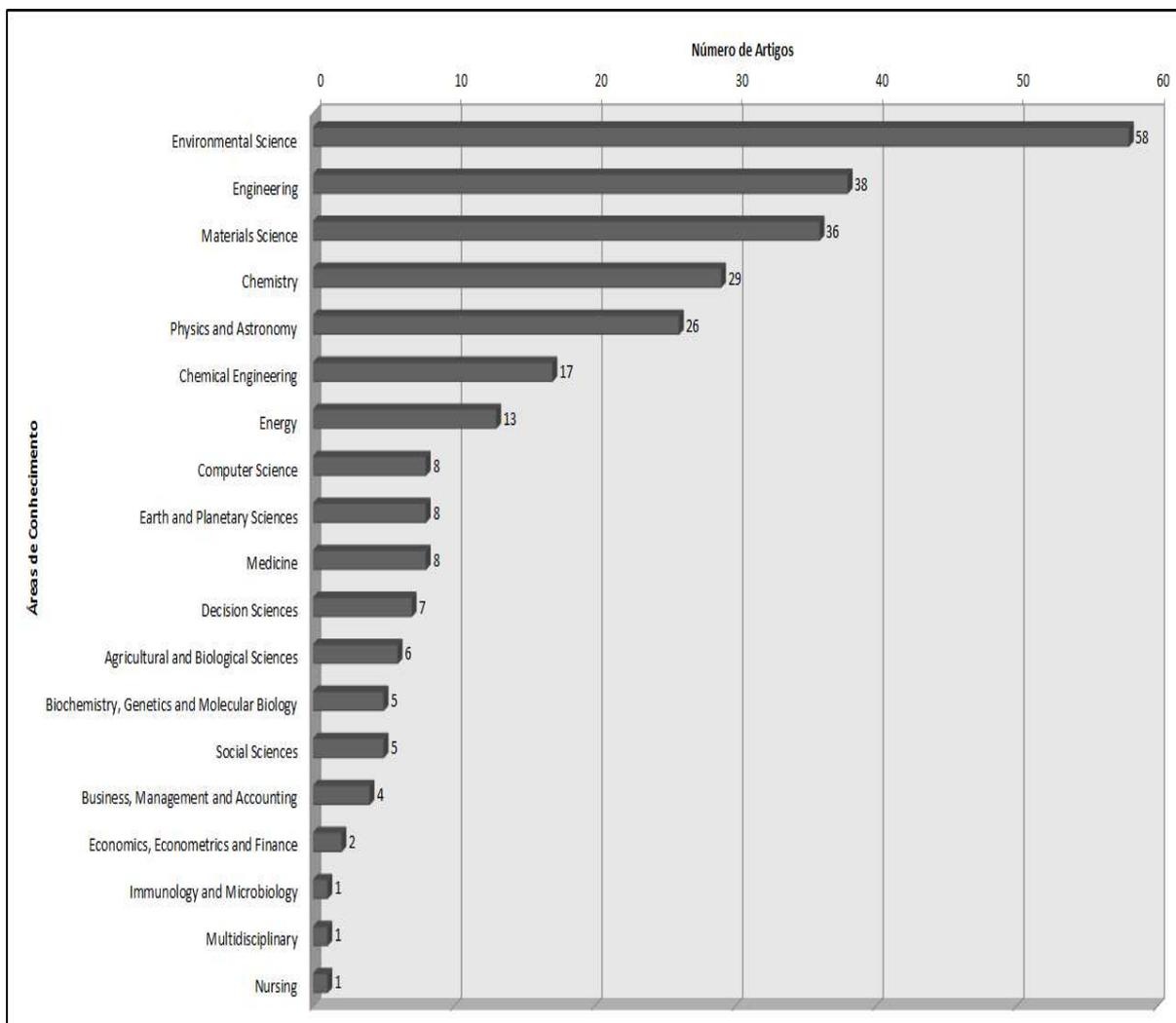
Esse ritmo de desenvolvimento das atividades científicas e tecnológicas pode indicar que seu avanço foi impulsionado pelas discussões e publicações de tratados internacionais (como o da Convenção da Basileia, em 1992), legislações continentais (como a Diretiva europeia WEEE, em 2003 e 2012) e legislações locais (como a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, em 2010).

No que diz respeito às áreas de conhecimento, tanto os artigos como as patentes recuperadas para o Brasil foram classificadas nas seguintes áreas: Ciência Ambiental (58 artigos), Tecnologia Ambiental (treze patentes), Engenharia e Ciências dos Materiais (38 e 36 artigos, respectivamente), e Engenharia Química (quinze patentes).

Outras subáreas relacionadas ao tema estudado cujas aplicações científicas foram analisadas foram: Energia (treze artigos), Ciência da Computação (oito artigos), Medicina (oito artigos), Agricultura e Ciências Biológicas (seis artigos), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (cinco artigos), Administração e Contabilidade (quatro artigos), Economia (dois artigos) e Enfermagem (um artigo).

A Figura 4.6 ilustra as áreas de conhecimento predominantes na classificação dos artigos sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.

Figura 4.6: Áreas de conhecimento dos artigos do Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na base Scopus (1980-2015).

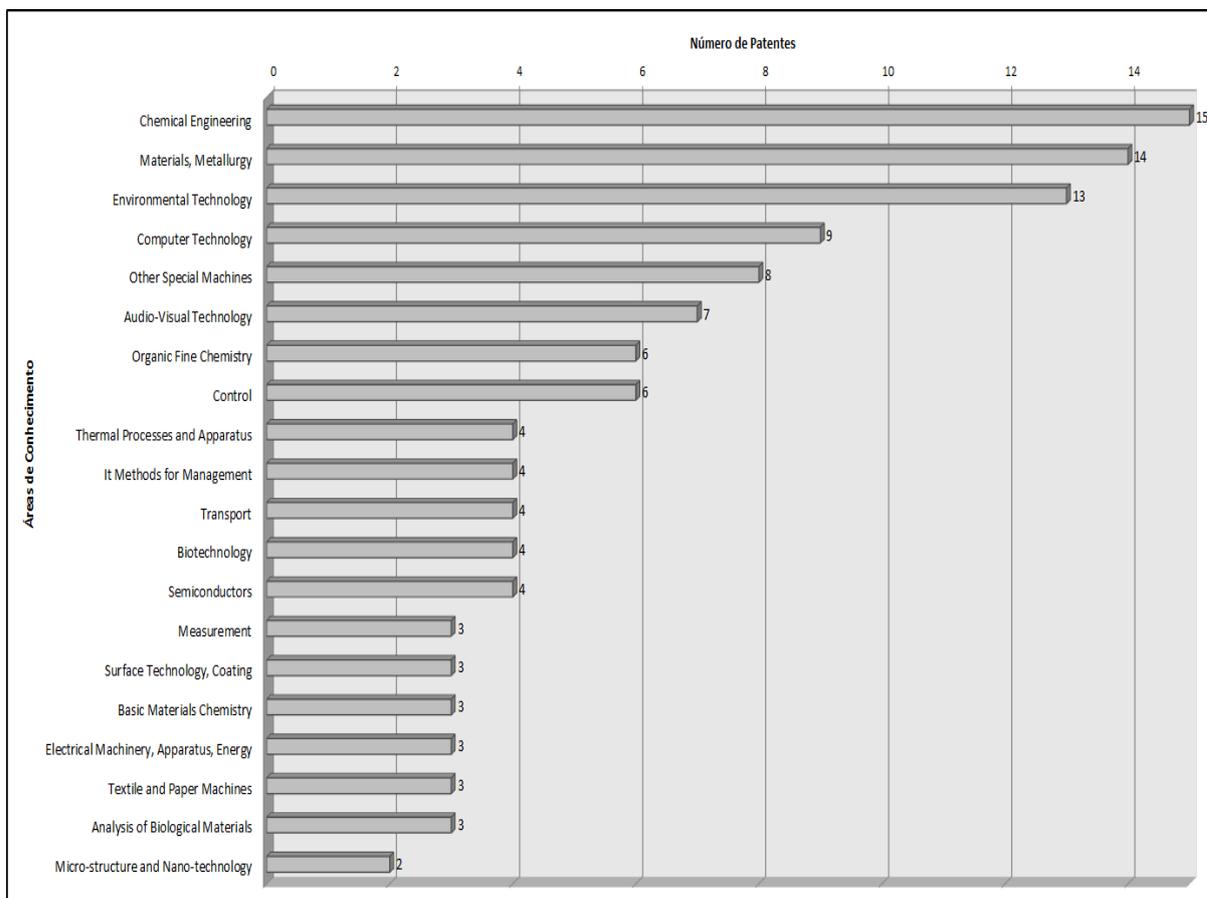


Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base Scopus.

Já as outras subáreas relacionadas ao tema estudado cujas aplicações tecnológicas foram desenvolvidas, no Brasil, foram: Metalurgia (14 patentes), Máquinas Especiais (oito patentes), Tecnologia Audiovisual (sete patentes), Química Orgânica (seis patentes), tecnologias de Controle (seis patentes), Processos e aparelhos térmicos (quatro patentes), tecnologias de Transporte (quatro patentes), Biotecnologia (quatro registros), Semicondutores (quatro patentes), Química Básica (três patentes), Energia, máquinas e aparelhos elétricos (três patentes), Máquinas de papel e têxtil (três registros), Análises de materiais biológicos (três patentes) e Nanotecnologia e microestruturas (duas patentes).

A Figura 4.7 ilustra as áreas de conhecimento predominantes na classificação das patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.

Figura 4.7: Áreas de conhecimento das patentes do Brasil sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).



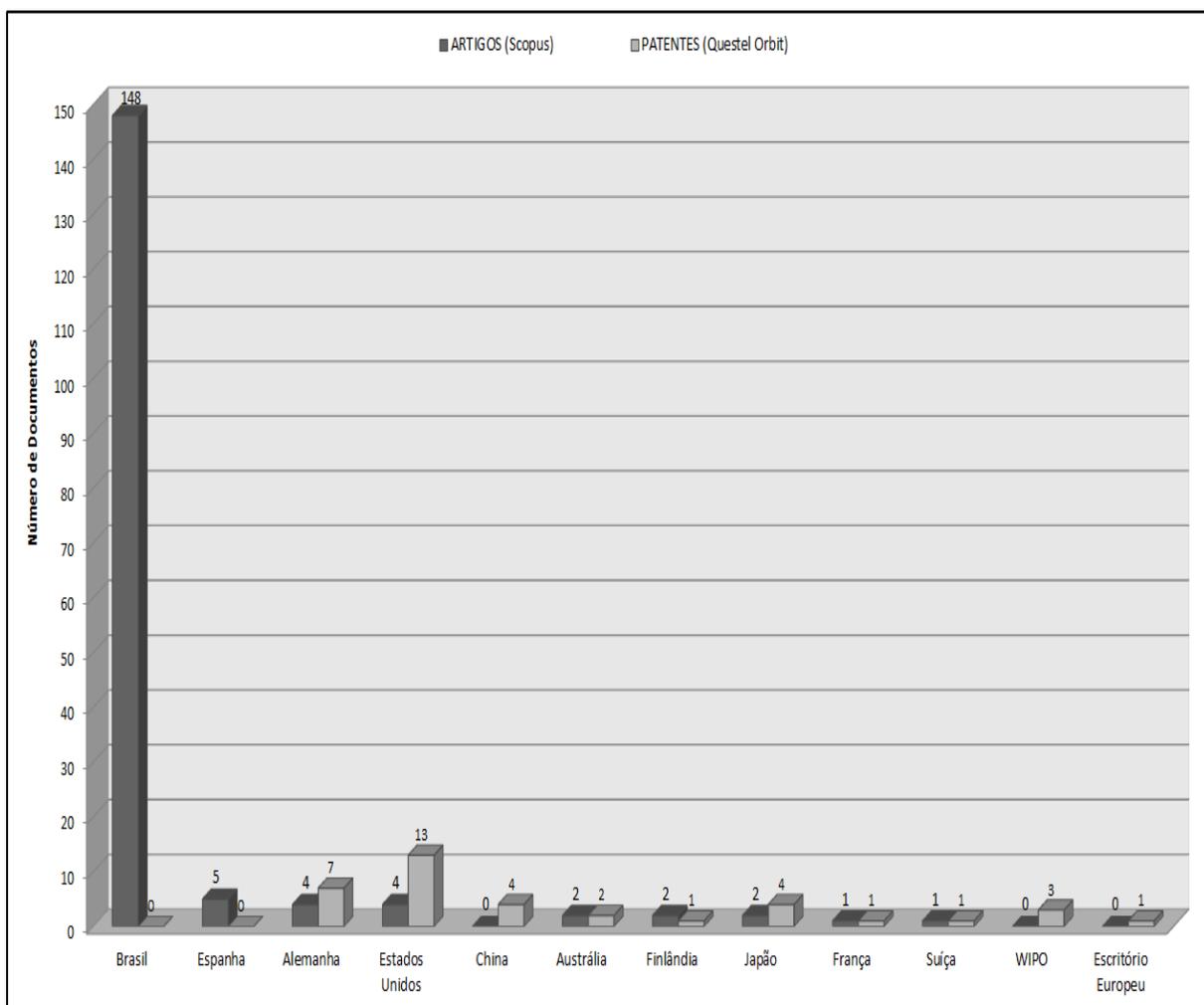
Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Essa diversidade de áreas de conhecimento pode ser explicada pela complexidade dos resíduos eletroeletrônicos tanto em sua composição como nos diversos tipos de tecnologias necessárias à sua reciclagem.

Os países de origem diferem totalmente dos artigos científicos para as patentes depositadas. Enquanto a filiação de pelo menos um dos autores dos artigos remete ao Brasil (em todos os 148 registros), nas patentes o país se refere tanto à origem da tecnologia como aos locais de interesse de comercialização da tecnologia a ser protegida. Sendo assim, neste conjunto de dados nenhuma patente foi originária do Brasil, mas o têm como mercado em potencial, e representam os seguintes países: Estados Unidos (treze patentes), Alemanha (sete patentes), China (quatro patentes) e Japão (quatro patentes). A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) contabilizou três registros de patentes – isso significa que esses depósitos foram requeridos via PCT (Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes). Quanto aos artigos, os países dizem respeito ao local de afiliação dos autores que, além do

Brasil, foram: Espanha (cinco artigos), Alemanha (quatro artigos), Estados Unidos (quatro artigos), Austrália, Finlândia e Japão (dois artigos cada). A Figura 4.8 ilustra esse ranking de países para artigos e patentes.

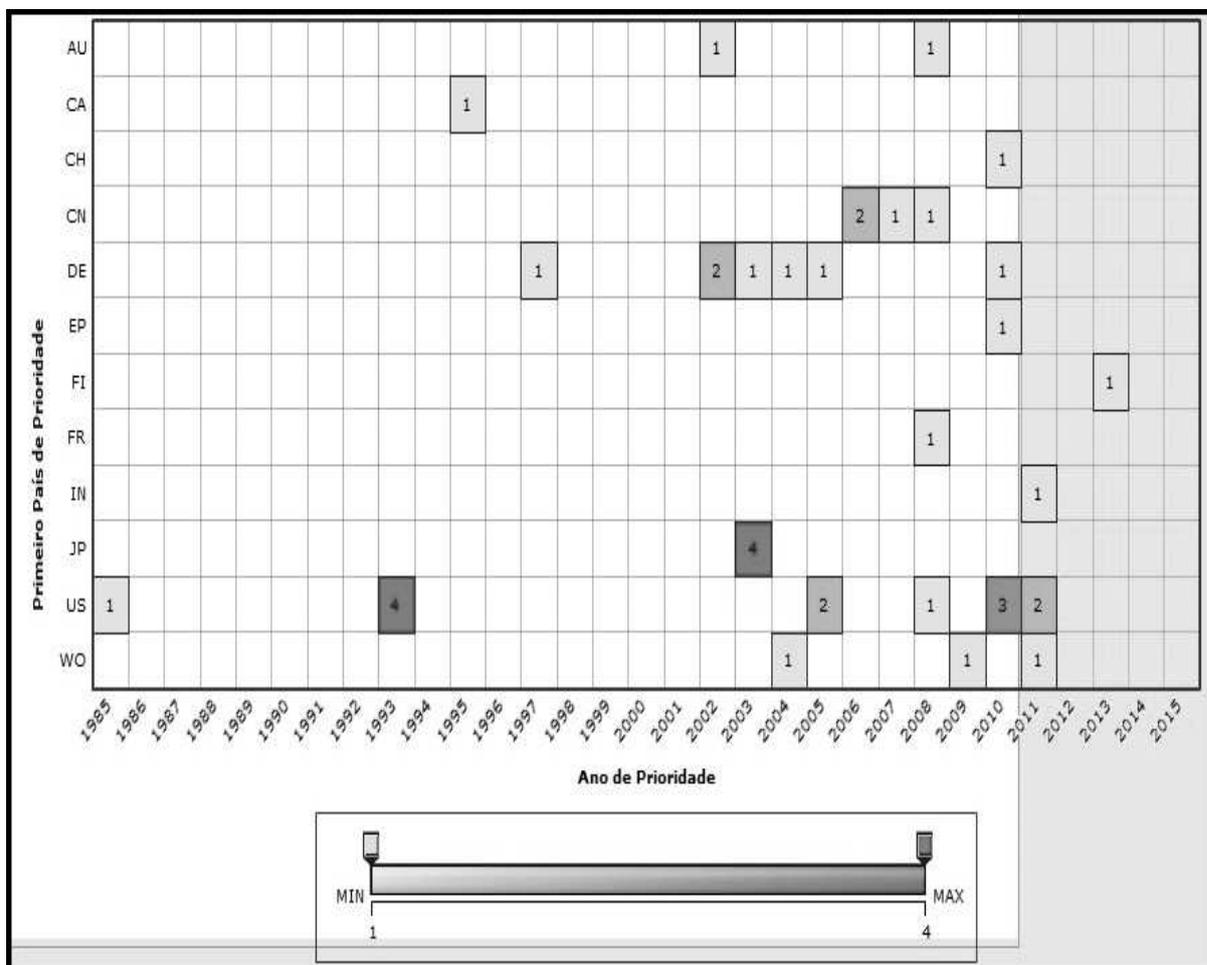
Figura 4.8: Ranking de países de artigos e patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na base Scopus.

Quando analisados ao longo do tempo, os depósitos de patentes de Estados Unidos (representado pela sigla US), Japão (sigla: JP), Alemanha (sigla: DE) e China (sigla: CN), se intensificaram a partir da década de 2000. A Figura 4.9 ilustra essa cronologia de depósitos.

Figura 4.9: Evolução do depósito de patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos filtrados por “Brazil”, na Plataforma Questel Orbit, dos países¹¹⁹ Top10 (1985-2015).

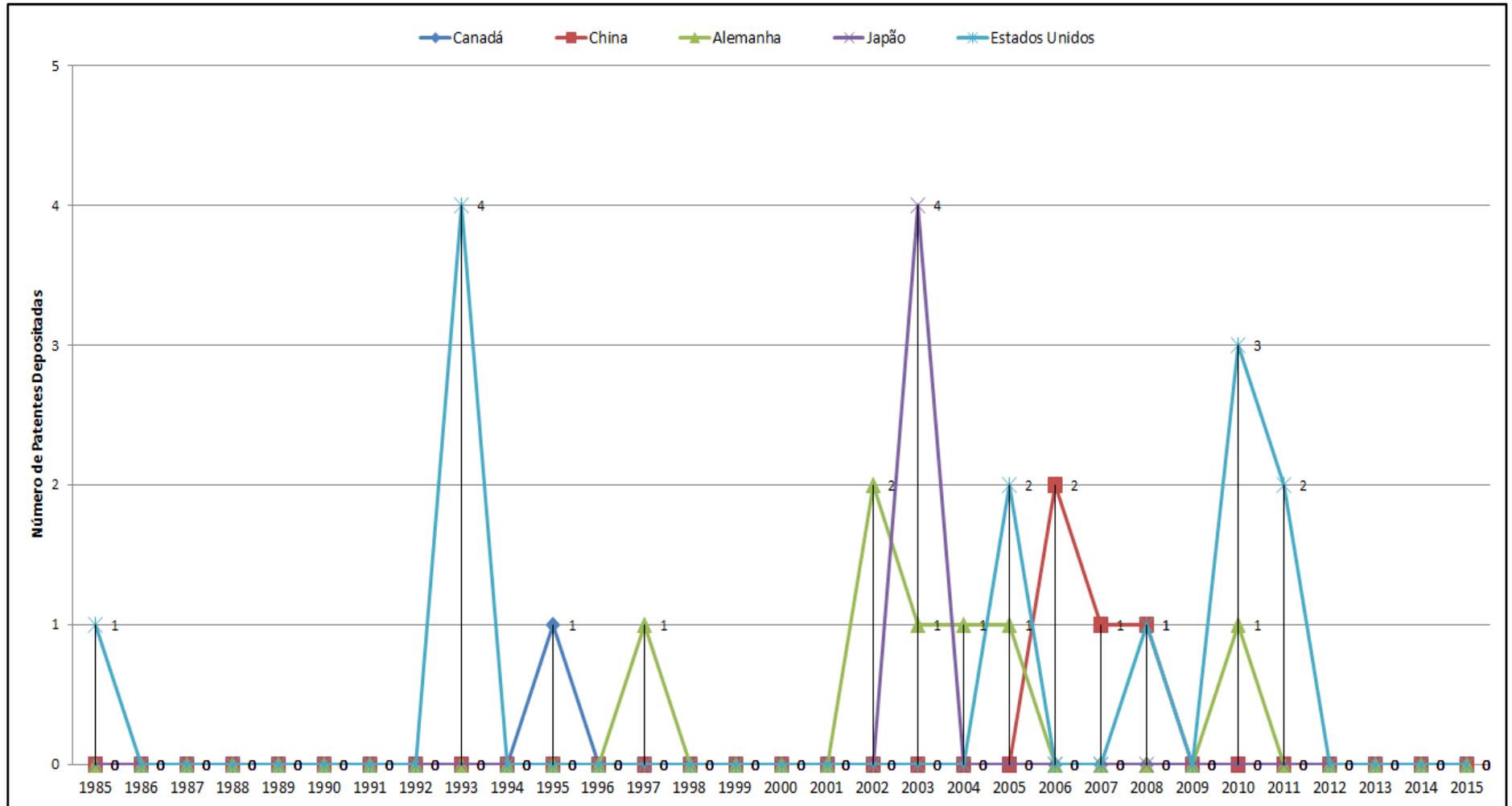


Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

Na Figura 4.10, é possível visualizar a tendência de depósitos de patentes destes países separadamente. Enquanto o Canadá depositou apenas uma patente em 1995; o Japão depositou apenas quatro pedidos em 2003. A atividade inventiva da China, neste caso, também foi irregular, pois depositou duas patentes em 2006, uma em 2007 e mais uma patente em 2008. De maneira mais constante, os Estados Unidos depositaram uma patente em 1985, quatro em 1993, duas em 2005, uma patente em 2008, três em 2010 e duas em 2011; e a Alemanha depositou uma patente em 1997, duas em 2002, uma patente em 2003, uma em 2004, uma em 2005 e uma patente em 2010.

¹¹⁹ Para melhor compreensão da Figura 4.9, as siglas no eixo y representam os seguintes países: AU (Austrália), CA (Canadá), CH (Suíça), CN (China), DE (Alemanha), EP (Escritório Europeu de Patentes), FI (Finlândia), FR (França), IN (Índia), JP (Japão), US (Estados Unidos) e WO (WIPO).

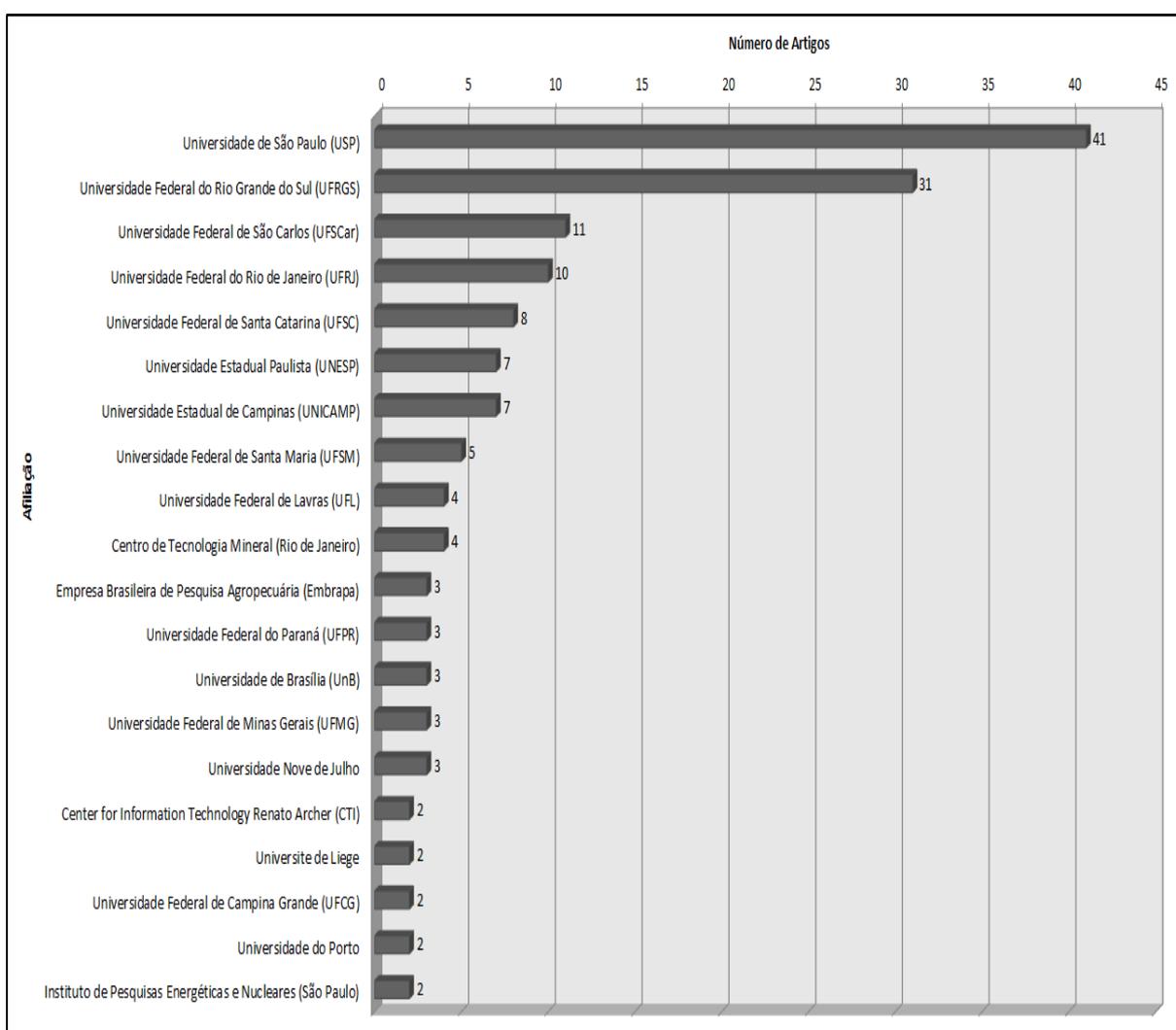
Figura 4.10: Evolução do depósito de patentes sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos filtrados por “Brazil”, na Plataforma Questel Orbit, dos países Top5 (1985-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

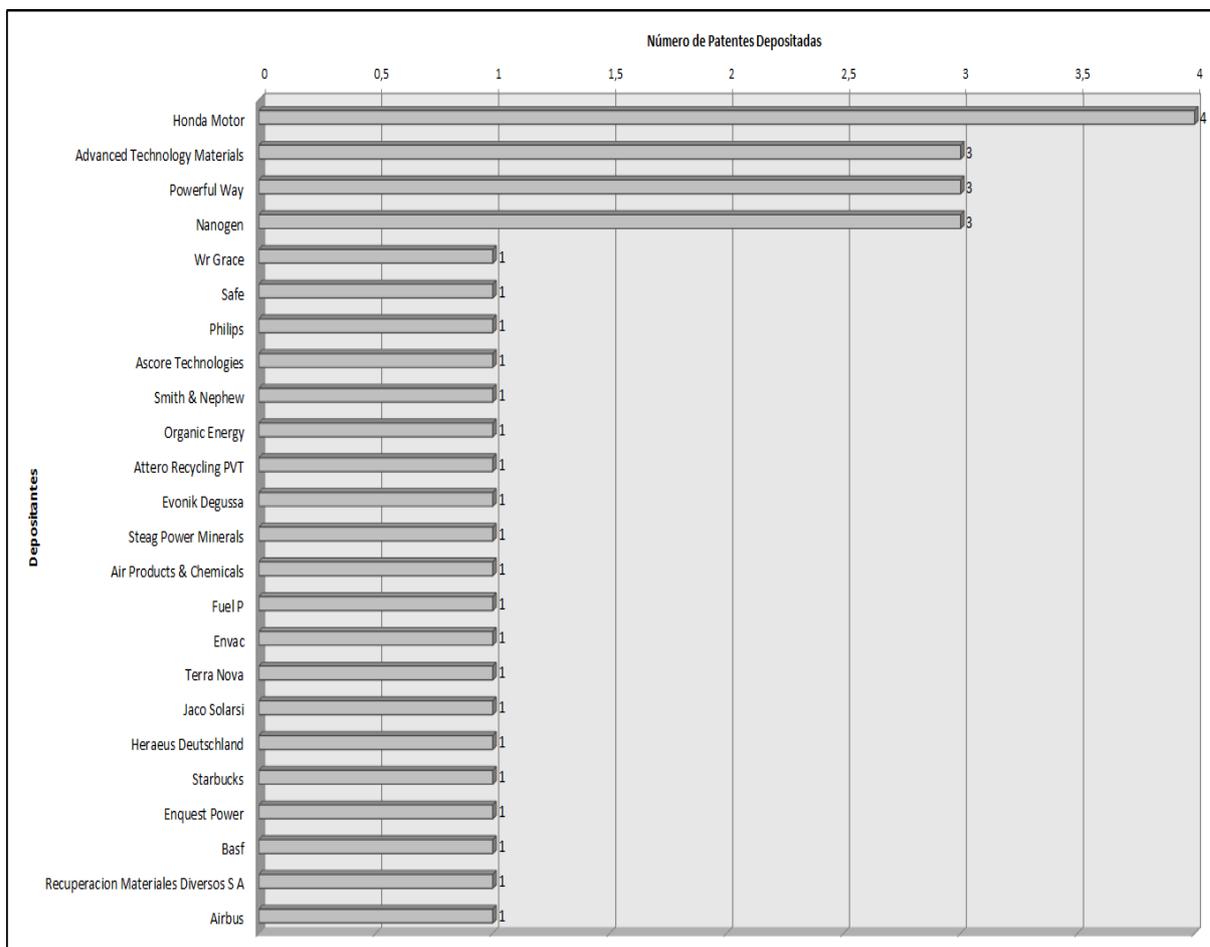
A filiação dos autores/depositantes também difere totalmente dos artigos para as patentes. No caso dos artigos científicos todas as vinte instituições da Figura 4.11 são universidades ou institutos de pesquisa. A Universidade de São Paulo (USP) é a instituição que publicou mais artigos (41), seguida da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com 31 artigos. No caso das patentes, todos os depositantes da Figura 4.12 são empresas, do setor automobilístico, siderurgia e metalurgia, indústria química e aeronáutica.

Figura 4.11: Afiliação dos artigos científicos da base Scopus, sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na base Scopus.

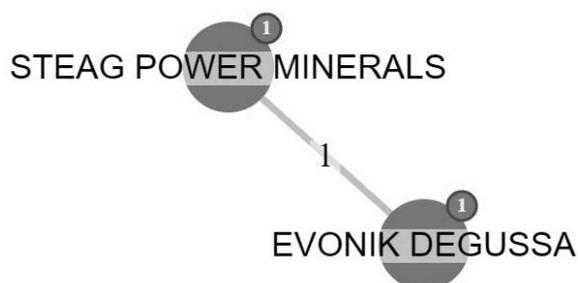
Figura 4.12: Afiliação das patentes da Plataforma Questel Orbit, sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

A rede de colaboração entre os depositantes de patentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit é pequena. Apenas Evonik Degussa e Steag Power Minerals colaboraram na invenção de uma patente. A Figura 4.13 ilustra esse relacionamento.

Figura 4.13: Rede de colaboração entre depositantes de patentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).

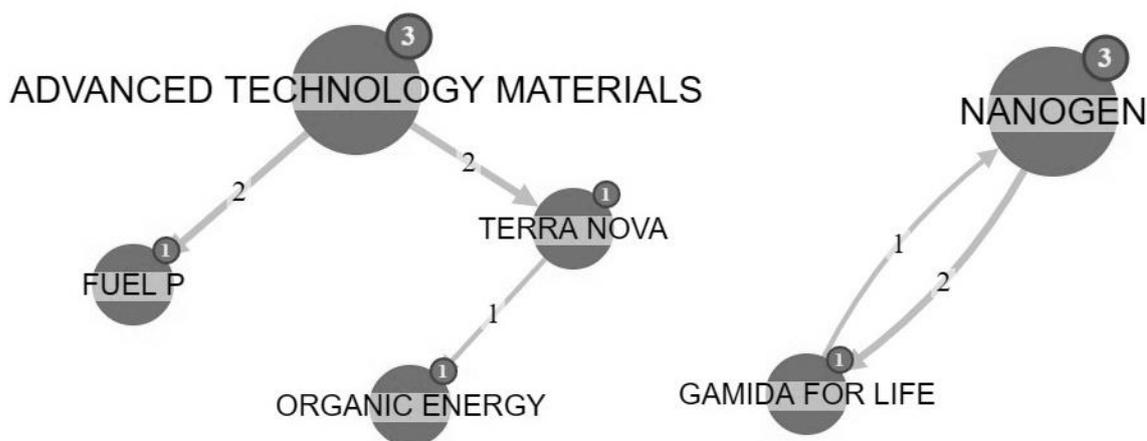


Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

A empresa Evonik Degussa é uma fabricante multinacional (com origem de capital na Alemanha) de especialidades químicas que serve o setor automotivo, de plásticos, produtos farmacêuticos e outras indústrias, além de atuar na geração de energia. A empresa Steag Power Minerals, por sua vez, é uma indústria alemã de reciclagem de subprodutos de usinas de energia movidas a carvão e produtora e fornecedora de materiais de construção, abrasivos e minerais industriais.

Apesar do relacionamento colaborativo fraco, a citação de outras empresas depositantes nos documentos das patentes foi mais frequente. Isso indica que os inventores e os detentores das patentes se preocuparam em pesquisar e conhecer as tecnologias de seus concorrentes a fim de melhorar e diferenciar suas próprias tecnologias das que já existem. A Figura 4.14 ilustra esta rede de citações para os depositantes de patentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit.

Figura 4.14: Rede de citações entre depositantes de patentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).



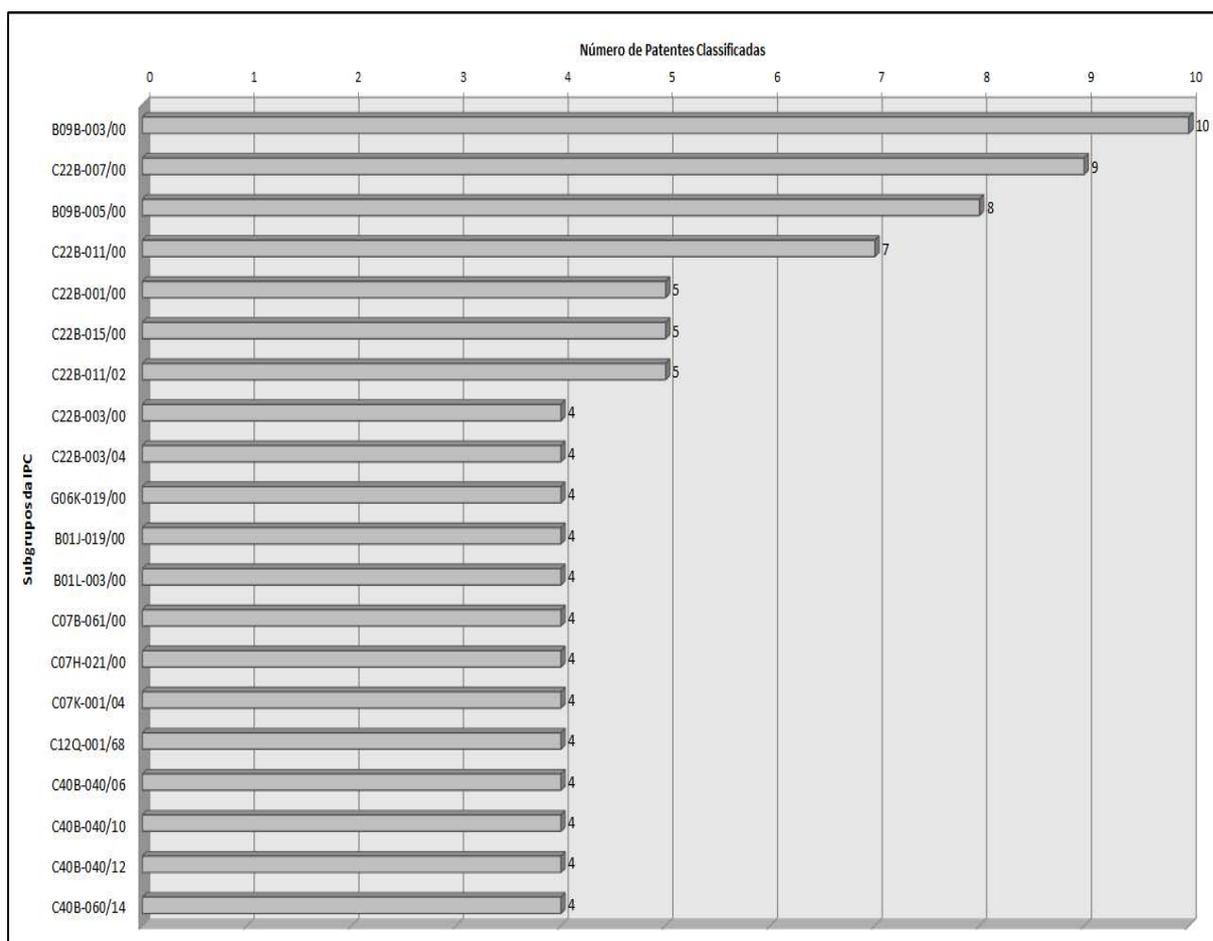
Fonte: Elaboração automática da Plataforma Questel Orbit.

No que tange às tecnologias patenteadas sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit, o subgrupo B09B 3/00 foi utilizado na classificação de dez patentes, seguido do subgrupo C22B 7/00, em nove patentes, e do subgrupo B09B 5/00, em sete patentes. Estes subgrupos, de acordo com a IPC, correspondem a tecnologias sobre:

- **B09B 3/00**: Destruição de lixo sólido ou transformação de lixo sólido em algo de útil ou inofensivo.
- **B09B 5/00**: Operações não abrangidas por qualquer outra subclasse isolada, nem por qualquer outro grupo isolado na subclasse B09B (que se refere a eliminação de resíduo sólido).
- **C22B 7/00**: Processamento de matérias-primas — outras que não minérios, por exemplo, sucata, a fim de produzir metais não ferrosos ou seus compostos.

A Figura 4.15 ilustra os subgrupos mais recorrentes na classificação das patentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit.

Figura 4.15: Subgrupos da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes no conjunto de dados sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit (1980-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Para uma compreensão mais global do universo tecnológico recuperado, foram levantadas as subclasses da IPC utilizadas na classificação das patentes. Desta maneira é possível descobrir quais tipos de tecnologias foram patenteadas. O Quadro 4.6 apresenta a caracterização e a descrição das subclasses mais recorrentes neste conjunto de dados.

Quadro 4.6: Caracterização e descrição das subclasses da Classificação Internacional de Patentes mais recorrentes sobre “*electronic waste*” no Brasil na Plataforma Questel Orbit.

SUBCLASSES MAIS RECORRENTES	NÚMERO DE UTILIZAÇÕES	DESCRIÇÃO
B09B	12	Eliminação de resíduo sólido.
C22B	11	Produção ou refino de metais; pré-tratamento de matérias-primas.
B01J	6	Processos químicos ou físicos, por exemplo, catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos.
C08J	6	Elaboração; processos gerais para formar misturas.
B02C	6	Trituração, pulverização ou desintegração em geral; moagem do grão.
B29B	5	Preparo ou pré-tratamento do material a ser modelado; fabricação de grânulos ou pré-formados; recuperação de matérias plásticas ou outros constituintes de material de refugo contendo matérias plásticas.
H05K	5	Circuitos impressos; invólucros ou detalhes estruturais de aparelhos elétricos; fabricação de conjuntos de componentes elétricos.
G06F	5	Processamento elétrico de dados digitais.
C01B	4	Elementos não-metálicos; seus compostos.
G06K	4	Identificação de dados; apresentação de dados; suporte de dados; manipulação de transportes de dados.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit e na IPC.

Neste sentido, as tecnologias para a eliminação de resíduos e os processos para refino de metais, assim como para o pré-tratamento de matérias-primas (caso forem de materiais pós-consumo), foram as mais reivindicadas neste conjunto de dados de patentes. Isso pode indicar o nascimento e o início da consolidação de uma indústria de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no mundo, visto que o Brasil, neste caso, aparece como possível mercado para essas tecnologias – dado o interesse das empresas (depositantes) em proteger essas tecnologias no país.

Dentre as tecnologias analisadas nas cinco categorias de expressões utilizadas nos Capítulos 2 e 3, na Plataforma Questel Orbit, com o Brasil como país de prioridade, a expressão (B), sobre tecnologias de processo de reciclagem de REEE, foi a única que não recuperou documentos. As expressões (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos, e (D), sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE, recuperaram sete registros cada; a expressão (A), sobre reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos em geral, obteve 14 registros; e, a expressão (E), sobre reciclagem de REEE com menção a políticas de regulação de descarte e reciclagem, apenas um registro. A Figura 4.16 ilustra a evolução do depósito de patentes, com o Brasil como país de prioridade, nas categorias (A), (C), (D) e (E).

Os depositantes das categorias são parecidos, sendo que das expressões (C) e (D) são idênticos. Dentre eles estão universidades, institutos de pesquisa e agências brasileiras de fomento à pesquisa. Na categoria (A), a empresa Brasil Recycle (do grupo Apliquim), recicladora nacional de lâmpadas, possui um registro de patente. Já a Stericycle possui dois registros – trata-se de uma empresa americana que faz destinação e tratamento (incluindo incineração) de resíduos de serviços de saúde, industriais e do comércio (incluindo REEE gerado por indústrias). Os demais depositantes são pessoas físicas sem qualquer vínculo institucional aparente, dentre eles: Daniella Miyo Imai, Majore Mie Imai, Conceição Jocilene Aparecida e Jorge Michel Lepeltier.

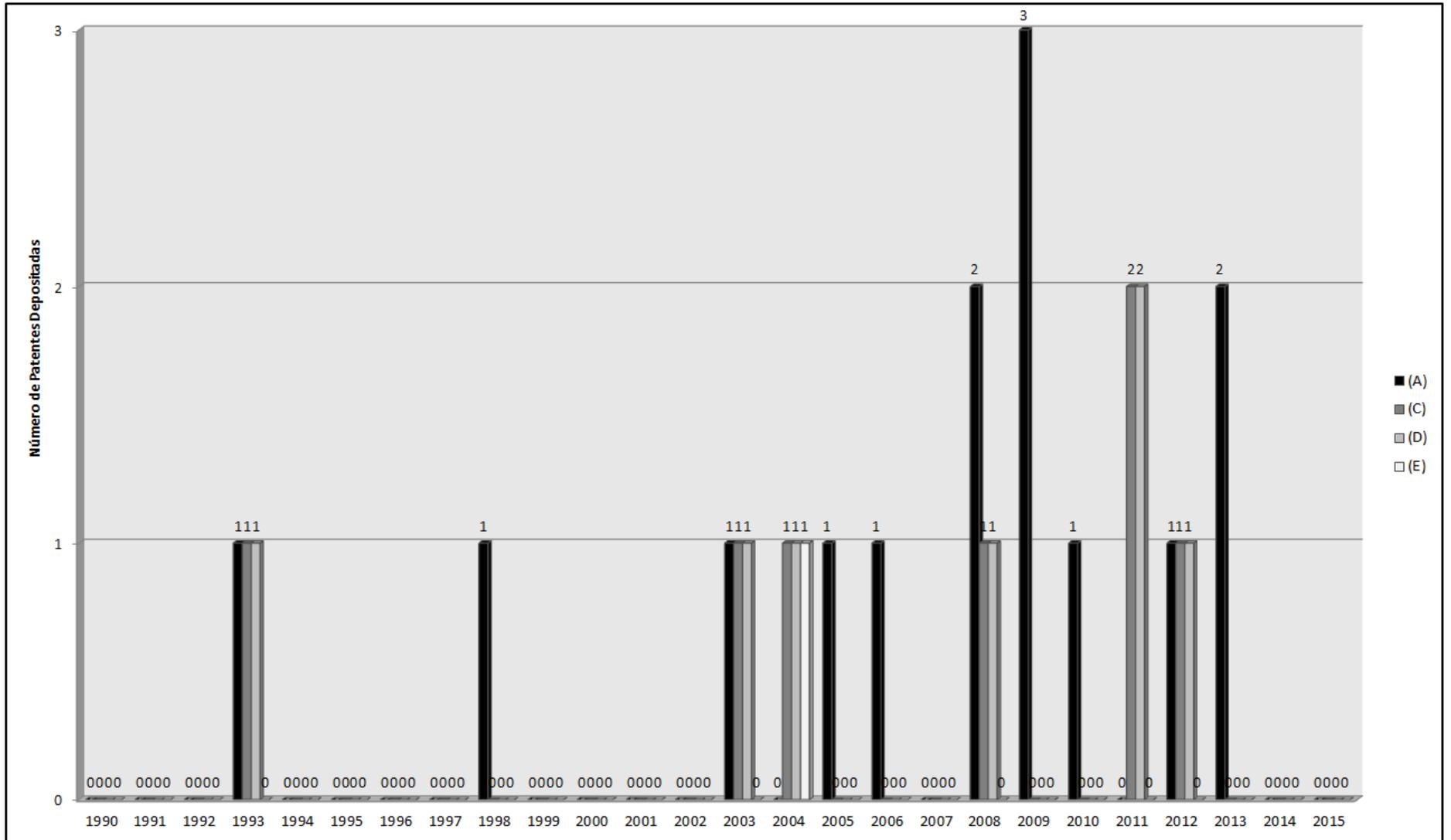
O Quadro 4.7 apresenta as instituições depositantes de patentes no Brasil para cada categoria analisada.

Quadro 4.7: Depositantes de patentes no Brasil por categoria de análise.

INSTITUIÇÃO DEPOSITANTE		
Expressão (A)	Expressões (C) e (D)	Expressão (E)
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) Universidade Federal de Viçosa (UFV) Brasil Recycle Mineração Tabiporã Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) Stericycle do Brasil Stericycle International	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) Universidade Federal de Viçosa (UFV) Mineração Tabiporã Daniella Miyo Imai Majore Mie Imai Conceição Jocilene Aparecida	Jorge Michel Lepeltier

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

Figura 4.16: Evolução do depósito de patentes nas categorias (A), (C), (D) e (E), com o Brasil como país de prioridade (1990-2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

As patentes recuperadas com a expressão (C) tratam de tecnologias de processo para a recuperação de metais, sendo que o processo reivindicado pela Mineração Tabiporã foca na extração de metais de resíduo industrial siderúrgico. O Quadro 4.8 apresenta os títulos das patentes depositadas no Brasil por brasileiros.

Quadro 4.8: Patentes de depositantes brasileiros no Brasil para a expressão (C), sobre reciclagem de metais presentes nos resíduos eletroeletrônicos.

DEPOSITANTE	TÍTULO	NÚMERO DO PROCESSO
FAPEMIG-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais; UFV-Universidade Federal de Viçosa	Process of selective gold extraction by means of two-phase-sab watery system and use of [sab] in the selective gold extraction	BR102012023181
Conceição Jocilene Aparecida	[Ecológico] Bloquete	BRPI1103038
Daniella Miyo Imai; Majore Mie Imai	Process of production of combustible blocks dry from urban garbage to generate electric energy term	BRPI1102135
Mineração Tabiporã	Chemical Process for metal recovery contained in siderurgical industrial residue	BRPI0801716

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados na Plataforma Questel Orbit.

4.5 Considerações finais

O desenvolvimento recente de uma política nacional que regulamenta as atividades que envolvem a gestão de resíduos sólidos no Brasil, incluindo os REEE, e sua implantação ainda em curso, são fatores que explicam a informalização da cadeia de reciclagem de REEE no país. A estruturação de uma cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, isto é, onde as atividades de coleta, transporte e processamento seguem em fluxos contínuos passando por locais e atores pré-determinados e terminando com a destinação final ambientalmente correta dos materiais, depende do fechamento do acordo setorial para estabelecer as funções dos atores envolvidos, os custos que cada um arcará e a institucionalização de postos de coleta espalhados por todo o território nacional.

O começo da estruturação dessa cadeia esbarra ainda em uma série de problemas que os empreendimentos enfrentam, como, por exemplo, a pouca oferta de eletroeletrônicos a ser processada, pois não há um canal institucionalizado para o descarte correto dos equipamentos

pós-consumo pela população e pelas empresas; dificuldades na operacionalização da logística reversa devido à extensão geográfica do país e ao elevado custo do frete; em selecionar parceiros ambientalmente corretos para atuar com a reciclagem de REEE; falta de diálogo com os representantes das empresas no lido do acordo setorial e falta de conscientização da população e do empresariado no que tange à destinação ambientalmente correta dos materiais e na forma como precisam ser acondicionados para o transporte seguro.

Por isso, somente as grandes indústrias de reciclagem possuem capacidade instalada e oferta para o beneficiamento e o refino dos materiais provenientes de REEE, que são processos de alto custo de operação e manutenção. Mesmo assim, somente parte das atividades de reciclagem desses resíduos é realizada no país — o desmantelamento dos REEE, a trituração dos materiais e a separação de plásticos e metais. A maior parte das indústrias recicladoras de REEE instaladas no país exporta os materiais com potencial de reciclagem a fim de serem reaproveitados como matéria-prima por indústrias de outros setores (como, por exemplo, indústrias siderúrgicas e de fabricação de cimento).

O fluxo internacional de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos a partir do Brasil é impulsionado, portanto, por empresas de coleta-processamento-disposição final e pelas indústrias de reciclagem. Esse fluxo de exportação de REEE tem como destinos, por exemplo, Bélgica, Suíça, Suécia, Alemanha, Japão, China, Índia, Bangladesh, Níger, Gana e Nigéria.

O patenteamento sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos ainda é pequeno no Brasil, e os poucos registros recuperados nas buscas na Plataforma Questel Orbit foram de empresas estrangeiras (do setor automobilístico, siderurgia e metalurgia, indústria química e aeronáutica) de países como, por exemplo, Estados Unidos (treze patentes), Alemanha (sete patentes), China (quatro patentes) e Japão (quatro patentes) – indicativo maior de interesse em reservar o mercado brasileiro para a tecnologia reivindicada do que para seu desenvolvimento no país. Ainda assim, a variação da evolução dos registros suscitou o seguimento das legislações europeias, com pico de depósito em 2003, e da PNRS, com pico em 2010.

Quanto aos artigos científicos publicados sobre o tema, foram afiliados a universidades ou institutos de pesquisas brasileiros. A Universidade de São Paulo (USP) foi a instituição que publicou mais artigos (41), seguida da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com 31 artigos.

As tecnologias mais reivindicadas no Brasil, no conjunto de dados de patentes analisado, foram para a eliminação de resíduos e para o refino de metais, assim como para o pré-tratamento de matérias-primas. Isso pode indicar o início da consolidação de uma indústria de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no mundo, visto que o Brasil, neste caso,

aparece como possível mercado para essas tecnologias – dado o interesse das empresas (depositantes) em proteger essas tecnologias no país.

CONCLUSÕES

O objetivo desta tese foi discutir em que medida o surgimento e a difusão de um quadro regulatório internacional sobre a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos está influenciando por um lado as práticas nessa cadeia produtiva e por outro a constituição de uma cadeia global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Assim, a pergunta que orientou esta pesquisa foi em que medida a regulação, ou seja, as políticas que regulamentam a responsabilidade e o destino dos resíduos eletroeletrônicos, está induzindo inovações de produto e processo na cadeia produtiva da indústria eletrônica e na indústria de reciclagem e tratamento desses resíduos.

O estudo de Porter e Van Der Linde (1995), que consideram a difusão de normas ambientais (regulação) como promotora da inovação, foi utilizado como base teórica; e a metodologia foi baseada nos estudos de Taylor, Rubin & Hounshell (2005), Peters et al. (2012) e Lee et al. (2010), que discutem empiricamente a relação entre regulação e inovação.

Constatou-se que os diversos riscos ao meio ambiente e à saúde pública ocasionados pelo descarte irregular dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos se devem, principalmente, ao descarte efetuado de maneira ambientalmente inadequada, em que os resíduos ficam em contato com o solo e a água, ou quando esses resíduos são quebrados e desmontados de maneira a deixar suas partes e componentes expostos a intempéries.

Considerando que a indústria de eletrônicos e de tecnologias de informação é a maior e mais rápida indústria de transformação que cresce no mundo, como consequências deste notável crescimento, combinado ao fenômeno da rápida obsolescência do produto e ao descarte dos equipamentos eletroeletrônicos, constatou-se a ampla documentação do crescimento também do fluxo desses resíduos entre países. A existência de fluxos transfronteiriços de resíduos perigosos, e do comércio internacional desses resíduos entre países, demonstra que o tratado da Convenção de Basileia, estruturado para controlar justamente os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos, não está sendo seguido como deveria.

A viabilização de tecnologias de reciclagem e de uma infraestrutura dedicada e cadenciada para a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada de REEE é facilitada quando apoiada em um quadro regulatório específico. As diretivas europeia WEEE e RoHS, difundidas e implementadas pelos países-membros, tornaram-se o marco regulatório modelo para o setor global de reciclagem de resíduos

eletroeletrônicos. Esta política continental foi o gatilho necessário para que outras regiões do mundo constatassem a necessidade de se investir em uma regulação ambiental mais rigorosa.

A evolução do patenteamento e da publicação de artigos científicos, nas bases de dados analisadas, sobre reciclagem de REEE, refletiu a premissa desta tese e qualificou a hipótese de que a regulação ambiental promove a inovação (compensando os custos de cumprimento das mesmas). Os dados analisados apresentaram-se de maneira crescente, no que diz respeito ao número de registros por ano, nos períodos relacionados às discussões das políticas sobre gestão de REEE e pós-implementações das mesmas. Essa variação dos registros, com picos e decréscimos, refletiu as incertezas das empresas frente às exigências impostas pela regulação do setor e a necessidade de inovarem para se destacar, ou mesmo se manter, no mercado.

Ao mesmo tempo, constatou-se que o país que liderou os rankings de patenteamento sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos foi a China. A “China RoHS”, em vigor desde 2007, foi o marco que baseou a tomada das “Medidas Administrativas de Prevenção e Controle de Poluição Ambiental por Lixo Eletrônico” na China, medidas estas que permitiram que a China transformasse o problema da gestão de REEE em uma oportunidade para a estruturação de uma indústria global de reciclagem.

O desenvolvimento das “melhores práticas” da OCDE em uma política adaptada às próprias necessidades fez da China um país que inovou no quadro regulatório ao impor requisitos ambientalmente saudáveis ao, até então, setor informal de reciclagem, e inovou no desenvolvimento tecnológico de produto e processo para a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. Estas transformações, somadas às experiências advindas dos projetos-piloto implantados pelo governo, culminaram na estruturação de um setor formal de reciclagem no país que aliou a cooperação dos recicladores formais à oferta dos comerciantes informais de sucata, além de integrar os varejistas do comércio de eletroeletrônicos aos fluxos de descarte, coleta e destinação dos resíduos dos clientes.

A liderança destes rankings de patenteamento pela China aconteceu com a participação de universidades, institutos de pesquisa, indústrias eletrônicas e indústrias químicas, como, por exemplo, Beijing University of Technology, Tianjin University, Tsinghua University, Wuxi Dongyou Environmental Protection Technology, Shanghai Jiao Tong University, South China University of Technology, Central South University, University of Science & Technology Beijing, Zhejiang University, Shenzhen Gem High Technology e Hunan Vary Technology, dentre outras.

Os tipos de tecnologias patenteadas evidenciaram uma variedade de tecnologias de produto e processo de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, suas peças, componentes e materiais separadamente. De maneira geral, os documentos analisados reivindicaram desde tecnologias de, por exemplo, aparelho e método de reciclagem de baterias, método e dispositivo para o tratamento de resíduos de geladeiras, método de recuperação de metais a partir de sucata de automóvel e de resíduos eletrônicos, método e dispositivo para reciclagem de lixo eletrônico com componentes complexos, método para separar polibromados difenílicos a partir de plásticos de REEE, método para a reciclagem e reutilização de resíduos eletrônicos, aparelho e método para a regeneração/desalogenação de plásticos de resíduos eletrônicos, aparelho para tratamento e reciclagem de resíduos de produtos eletrodomésticos, até método para a recuperação de chumbo a partir de tubos de CRT descartados de lixo eletrônico, fabricação de placa de circuitos impressos a partir de pó de placa de circuitos descartada e processo de fabricação dos mesmos, dentre outras.

Estas tecnologias, recuperadas na análise de patentes, evidenciou que mudanças *upstream* (no início da cadeia produtiva) já estão em desenvolvimento pelos fabricantes do setor eletrônico, ou seja, estes atores perceberam a necessidade de inserir mudanças ambientalmente amigáveis no *design* dos produtos além de proporcionar canais de logística reversa para os equipamentos pós-consumo.

As instituições, depositantes das patentes, responsáveis pelo avanço da inovação no setor de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, foram em grande medida universidades e institutos de pesquisa chineses, indústrias fabricantes do setor eletrônico, siderúrgicas, indústrias químicas e empresas recicladoras (especificamente de REEE).

A entrada destas instituições no ranking de inovação da reciclagem de REEE se deu a partir dos anos 2000, refletida na intensificação do depósito de pedidos de patentes sobre o tema. Além disso, apesar da cota total de patentes dos fabricantes do setor eletrônico ter aumentado ao longo do tempo, o início da década de 2010 foi marcado pela presença acentuada das indústrias siderúrgicas e do aumento significativo do patenteamento das universidades e institutos de pesquisa.

A participação de siderúrgicas e indústrias químicas na inovação sobre reciclagem de REEE demonstra a formalização das atividades de reciclagem de REEE e a necessidade de expansão desse processo para a cadeia global de reciclagem como um todo, visto que a inovação passa a ser um movimento de integração do caráter acadêmico e científico, desenvolvida por universidades e institutos de pesquisa, com a rotina de grandes empresas que buscam soluções de eficiência e aumento da competitividade frente o mercado. Assim,

além de processarem matérias-primas virgens criam capacidade produtiva para processar matérias-primas pós-consumo e garantem mercado para que esses materiais voltem ao ciclo produtivo de produtos novos.

A pesquisa no Brasil, além da análise da evolução da legislação e do patenteamento, incluiu uma pesquisa de campo em empresas recicladoras desses resíduos para identificar os problemas enfrentados pelo setor. Constatou-se que a ausência de uma cadeia estruturada de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil deixa o país na posição de exportador da parte mais valiosa desses resíduos, com destino, principalmente, à Bélgica, Suíça, Suécia, Alemanha, Japão e China. A análise de patentes revelou o interesse de empresas multinacionais originárias dos EUA, Alemanha, China e Japão, de defender suas tecnologias no país, o que indica o potencial promissor do setor.

Assim, se no plano internacional foram identificados avanços importantes em relação à gestão dos resíduos eletroeletrônicos, o mesmo ainda não pode ser dito sobre o Brasil. Neste caso, analisou-se a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, em vigor desde agosto de 2010, e sua relação com a cadeia de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Constatou-se que o Brasil engatinha na construção e regulamentação de um quadro regulatório consistente e harmonioso em relação aos países da OCDE e às próprias necessidades.

O grande nó da legislação brasileira está num princípio de difícil operacionalização. Diferentemente do que ocorreu na China e na União Europeia, com a responsabilidade estendida do produtor, no Brasil foi estabelecido o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre os atores que compõe a cadeia produtiva, ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos e consumidores, via acordos setoriais. Estes acordos seriam responsáveis por definir os custos e os canais da logística reversa. Como desenho, o princípio em si não é ruim, mas tem sido muito difícil de colocá-lo em prática.

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, foi apenas o pontapé inicial para que o país caminhe em direção à regulação do descarte, reciclagem e disposição final ambientalmente correta dos resíduos eletroeletrônicos. As discussões do Grupo de Trabalho Temático de eletroeletrônicos, liderado pela ABINEE, entre os principais atores do setor no país (representantes do poder público, de indústrias de eletroeletrônicos, cooperativas ou associações de trabalhadores de resíduos, indústrias e associações dedicadas à reutilização, tratamento e reciclagem de REEE e organizações de consumidores) avançaram no que diz

respeito à divisão dos custos e distribuição de canais de coleta de REEE, mas ainda não encaminharam o fechamento do acordo setorial nem tampouco conseguiram estruturar os caminhos para a logística reversa desses resíduos no país.

A estruturação de uma cadeia de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, isto é, onde as atividades de coleta, transporte e processamento seguem em fluxos contínuos passando por locais e atores pré-determinados e terminando com a destinação final ambientalmente correta dos materiais, depende do fechamento do acordo setorial para estabelecer as funções dos atores envolvidos, os custos que cada um arcará e a institucionalização de postos de coleta espalhados por todo o território nacional.

O acordo setorial é o mecanismo utilizado para colocar em prática o princípio norteador da PNRS, da Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que exige que a responsabilidade pela destinação final dos produtos pró-consumo seja partilhada entre os diversos atores. Embora haja boas intenções por trás deste princípio norteador, os impasses entre os atores envolvidos têm demonstrado que a partilha de responsabilidades é a grande causa dos conflitos e da morosidade na implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no país.

Além disso, o começo da estruturação dessa cadeia esbarra ainda em uma série de problemas que os empreendimentos enfrentam, como, por exemplo, a pouca oferta de eletroeletrônicos a ser processada, pois não há um canal institucionalizado para o descarte correto dos equipamentos pós-consumo pela população e pelas empresas; dificuldades na operacionalização da logística reversa devido à extensão geográfica do país e ao elevado custo do frete; dificuldades em selecionar parceiros ambientalmente corretos para atuar com a reciclagem de REEE; falta de diálogo com os representantes das empresas no lido do acordo setorial e falta de conscientização da população e do empresariado no que tange à destinação ambientalmente correta dos materiais e na forma como precisam ser acondicionados para o transporte seguro.

Assim, a ausência de uma cadeia nacional formal estruturada para a coleta, separação e reciclagem de REEE (sem que indústrias de reciclagem, cooperativas de catadores de materiais recicláveis, varejistas e sociedade civil atuem em rede junto às prefeituras e outras instâncias governamentais) ainda deixa o Brasil na posição de exportador desses resíduos, visto que não possui capacidade tecnológica instalada necessária para a realização da reciclagem “*cradle-to-cradle*”.

Neste caso, cabe às grandes indústrias de reciclagem, que possuem capacidade instalada e oferta de resíduos canalizada, realizar o beneficiamento e o refino dos materiais

provenientes de REEE, processos estes de alto custo de operação e manutenção. Ainda assim, a maior parte das indústrias recicladoras de REEE instaladas no país exporta os materiais com potencial de reciclagem a fim de serem reaproveitados como matéria-prima por indústrias de outros setores (como, por exemplo, indústrias siderúrgicas e de fabricação de cimento). Esse fluxo de exportação de REEE tem como destinos, por exemplo, Bélgica, Suíça, Suécia, Alemanha, Japão, China, Índia, Bangladesh, Níger, Gana e Nigéria.

O patenteamento sobre reciclagem de resíduos eletroeletrônicos ainda é pequeno no Brasil, e os poucos registros recuperados nas buscas na Plataforma Questel Orbit foram de empresas estrangeiras (do setor automobilístico, siderurgia e metalurgia, indústria química e aeronáutica) de países como, por exemplo, Estados Unidos (treze patentes), Alemanha (sete patentes), China (quatro patentes) e Japão (quatro patentes) – indicativo maior de interesse em reservar o mercado brasileiro para a tecnologia reivindicada do que para seu desenvolvimento no país. Mesmo assim, a variação da evolução dos registros suscitou o seguimento das legislações europeias, com pico de depósito em 2003, e da PNRS, com pico em 2010.

As tecnologias mais reivindicadas no Brasil, no conjunto de dados de patentes analisado, foram para a eliminação de resíduos e para o refino de metais, assim como para o pré-tratamento de matérias-primas. Isso pode indicar, mais uma vez, o início da consolidação de uma indústria de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no mundo, visto que o Brasil, neste caso, aparece como possível mercado para a exploração dessas tecnologias.

Quanto aos artigos científicos publicados sobre o tema, foram afiliados a universidades ou institutos de pesquisas brasileiros. A Universidade de São Paulo (USP) foi a instituição que publicou mais artigos (41), seguida da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com 31 artigos.

O desenvolvimento desta tese gerou diversos questionamentos que precisaram ser deixados de lado para que um único foco fosse levado a cabo. Os principais, que podem constituir uma agenda para pesquisas futuras, dizem respeito, em grande parte, ao Brasil. Existe ainda uma necessidade grande em torno de estudos de casos das práticas de coleta, reciclagem e destinação final de REEE ocorridos no Brasil a fim de facilitar a compreensão, e possivelmente, a estruturação da cadeia de reciclagem no país, as relações entre os atores e os fluxos do resíduo.

Outra vertente, pela qual poderia se partir, seria acompanhar os fluxos dos resíduos propriamente ditos. Isso ajudaria a compreender por quais locais provisórios os resíduos passam e para onde são de fato encaminhados. Esta análise possibilitaria a realização de um mapeamento global da movimentação dos resíduos no país, e fora dele, e um diagnóstico da

situação real, tornando a fiscalização da destinação final dos resíduos – como instrumento de apoio à PNRS – mais fácil.

Além disso, partindo do panorama discutido nesta tese – de que a regulação incentiva a inovação em um setor – seria importante que o governo lançasse linhas de financiamento à P&D científica e tecnológica. Após isso, seria importante compreender em que medida esses investimentos estão influenciando a inovação na reciclagem de eletroeletrônicos no Brasil a partir de nova análise de patentes e artigos científicos e de curvas de aprendizagem, além de se mensurar a evolução dos investimentos em curto e médio prazo. Com o fomento à inovação e o desenvolvimento tecnológico em curso, em alguns anos será possível analisar a curva de aprendizagem tecnológica do setor de reciclagem como um todo no Brasil e compreender a evolução da inovação no setor.

Ainda como agenda de pesquisa, pode-se incluir a discussão mais aprofundada dos aspectos que envolvem a relação regulação, inovação e elevação da competitividade das empresas. Esta vertente, caracterizada pela literatura internacional como a hipótese forte de Porter e Van Der Linde (1995), poderá ser explorada com a ajuda de autores como Kemp (1997) e Lévêque (1996) que abrem o leque dos fatores que influenciam no aumento da inovação e afirmam inclusive que certos países, ao possuírem tradição de altos investimentos em P&D para desenvolver inovação, escolhem apostar mais em determinados setores do que em outros como, por exemplo, o setor de reciclagem. Neste caso, tanto o tipo de política empregada (responsabilidade estendida do produtor, ou responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida; financiamentos, subsídios, taxas ambientais, dentre outras) como a origem de capital das empresas influenciam no caminho tecnológico percorrido.

REFERÊNCIAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: ABDI, 2012. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos_.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2014.

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Green Eletron: gestora de logística reversa. **Revista Abinee**, ano 18, n. 85, abril, p. 14-19, 2016. Disponível em: <https://issuu.com/recicloambiental/docs/revista_abinee_85_-_mar_2016>. Acesso em: 9 Jul. 2016.

ABRAMOVAY, Ricardo; SPERANZA, Juliana S.; PETITGAND, Cécile. **Lixo zero**: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera. São Paulo: Instituto Ethos, 2013. Alabi (2012)

ALDMAIER, Diogo; SELLITTO, Miguel A. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Produção**, v. 17, n. 2, p. 395-406, Maio/Ago. 2007.

AMBEC, Stefan et al. The Porter Hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? **Resources For the Future**, v. 11, n. 1, 2011.

AMBEC, Stefan et al. The Porter Hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 7, n. 1, p. 2-22, 2013.

ANDRADE, Renata. **Caracterização e classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

AQUINO, Israel F.; CASTILHO JR, Armando B.; PIRES, Thyrsa S. L. A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. **Gestão da Produção**, v. 16, n. 1, p. 15-24, jan./mar. 2009.

ASIIMWE, Edgar Napoleon. **E-waste management in East African community**. 26 f. Dissertação (Mestrado em Informática)- Örebro University, Swedish Business School, Suécia, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 - Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.156 - Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**: requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013. 26 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 18.801 - Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho**: requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.001 - Sistemas de gestão ambiental**: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9.000 - Sistemas de gestão da qualidade**: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2015. 59 p.

AUGUSTO, Eryka E. F. **Logística reversa de computadores e celulares em países em desenvolvimento**: desafios e perspectivas para a implantação do modelo brasileiro no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Administração)-Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2013.

AUGUSTO, Eryka E. F.; DEMAJOROVIC, Jacques. A perspectiva dos atores sociais envolvidos na discussão do acordo setorial de equipamentos eletroeletrônicos no estado de São Paulo. **Anais...** Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 16. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/218.pdf>>. Acesso em: 12 Jul. 2016.

AULAKOSKI, Anna. **Investigating producer responsibility organizations for WEEE**: case study of Nokia in Finland, Sweden and the UK. 70 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Management and Policy)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2012.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. **Waste Management & Research**, v. 25, p. 307-318, 2007.

BAN – Basel Action Network. **Toxics link India exporting harm, the high-tech trashing of Asia**. BAN and Silicon Valley Toxics Coalition: Seattle, 2002.

BAN – Basel Action Network. **The digital dump**: exporting re-use and abuse to Africa – Report. BAN, 2005.

BARBA-GUTIÉRREZ, Y.; ADENSO-DÍAZ, B.; HOPP, M. An analysis of some environmental consequences of European electrical and electronic waste regulation. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n. 3, p. 481-495, Jan. 2008.

BASIYE, Karen K. **Extended producer responsibility for the management of waste from mobile phones**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Sciences and Policy & Management)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2008.

BEHDAD, Sara; WILLIAMS, Aida S.; THURSTON, Deborah. End-of-life decision making with uncertain product return quantity. **Journal of Mechanical Design**, v. 134, Out. 2012.

BEHRING, Natalie. Inside the digital dump. **Foreign Policy**, n. 160, p. 74-79, mai./jun. 2007.

BIN, Zhao; MINGHUI, Zheng; GUIBIN, Jiang. Dioxin emissions and human exposure in China: a brief history of policy and research. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 3, mar. 2011.

BISSCHOP, Lieselot. Is it all going to waste? Illegal transports of e-waste in a European trade hub. **Crime, Law and Social Change**, v. 58, n. 3, p. 221-249, Oct. 2012.

BORGES, Liliane M. **Comércio de celulares e descarte de baterias: estudo de caso em Goiânia**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde)- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

BRASIL. **Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 17 mai. 2011.

BRAUN, C.S.; DIRCKINCK-HOLMFELD, K.R. Implementing WEEE in Denmark: has extended producer responsibility been the outcome? **Proceedings of Asian Green Electronics**, March 15-18, 2005.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, c1962.

CASTELLS, M. A empresa em rede: a cultura, as instituições e as organizações da economia informacional. In: _____. **A sociedade em rede**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999. p. 173-221.

CEMPRE - **Compromisso Empresarial para a Reciclagem**. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

CHAVES, Gisele L. D. **Diagnóstico da logística reversa na cadeia de suprimentos de alimentos processados no oeste paranaense**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional & Agronegócio)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2005.

CHAVES, Gisele L. D. **Logística reversa de pós-venda para alimentos derivados de carne e leite: análise dos retornos de distribuição**. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

CHEN, Aimin et al. Developmental neurotoxicants in e-waste: an emerging health concern. **Environment Health Perspectives**, v. 119, n. 4, p. 431-438, Apr. 2011.

China RoHS - **China Restriction of Hazardous Substances Directive**: measures for administration of the pollution control of electronic information products (no. 39). 2006. Disponível em: <www.gov.cn/flfg/2006-03/06/content_219447.htm>. Acesso em: 5 Jul. 2016.

China WEEE - **China Waste Electrical and Electronic Equipment Directive**: ordinance on the administration of the recovery and disposal of waste electronic and electrical products (no. 551). 2009. Disponível em: <www.gov.cn/zwggk/2009-03/04/content_1250419.htm>. Acesso em: 5 Jul. 2016.

CHIN-YU, Daphne Lee. **Extended producer responsibility and the market development for recycled plastics**: two Norwegian cases of using recycled polypropylene in chairs. 86 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Management and Policy)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2002.

CHUNG, Shan-Shan; ZHANG, Chan. An evaluation of legislative measures on electrical and electronic waste in the People's Republic of China. **Waste Management**, v. 31, p. 2638-2646, 2011.

CIOCOIU, Nadia C.; DOBREA, Catalin R. The digital economy and the evolution of waste electrical and electronic equipment in European Union. **Communications of the IBIMA**, v. 4, p. 8-12, 2008.

CLAPP, Jennifer. The distancing of waste: overconsumption in a global economy. In: PRINCEN, T.; MANIATES, M.; CONCA, K. (Eds.). **Confronting consumption**. Cambridge: MIT Press, 2002. p. 155-176.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Proposta de implementação dos instrumentos econômicos previstos na Lei nº 12.305/2010 por meio de estímulos à cadeia de reciclagem e apoio aos setores produtivos obrigados à logística reversa**. Brasília: CNI, 2014.

CROTTY, Jo; SMITH, Mark. Strategic responses to environmental regulation in the U.K. automotive sector: the European Union end-of-life vehicle directive and the Porter hypothesis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 10, n. 4, p. 95-111, 2006.

D'AMATO, A.; MAZZANTI, M.; NICOLLI, F. Waste and organized crime in regional environments: how waste tariffs and the mafia affect waste management and disposal. **Resource and Energy Economics**, v. 41, p. 185-201, 2015.

DE-GAO, Wang et al. Human health risk assessment of occupational and residential exposures to dechlorane plus in the manufacturing facility area in China and comparison with e-waste recycling site. **Science of The Total Environment**, v. 445-446, n. 15, p. 329-336, Feb. 2013.

DEMAJOROVIC, Jacques et al. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares?. **Revista de Administração de Empresas** [online], v. 52, n. 2, p. 165-178, 2012.

DINDARIAN, Azadeh; GIBSON, Andrew A. P. Reuse of EEE/WEEE in UK: review on functionality of EEE/WEEE at the point of disposal. Chicago. **Anais...** IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, Chicago, United States, may, 2011.

DINDARIAN, A.; GIBSON, A. A. P.; QUARIGUASI-FROTA-NETO, J. Electronic product returns and potential reuse opportunities: a microwave case study in the United Kingdom. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 22-31, Set. 2012.

ECOMONDO.com – **A mediterranean platform for the sustainable growth**. Disponível em: <<http://en.ecomondo.com/internationality/internationality.asp>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

ERMENKO, Paul et al. **Systems for enabling chassis-coupled modular mobile electronic devices**. US-61976195 (número do processo PCT WO2015157159), 2014.

ESAB – Soldagem e corte Brasil. **Glossário de termos ambientais**. Disponível em: <<http://www.esab.com.br/br/por/Sobre/glossario.cfm>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

EUROSTAT. 2010. **Your key to European statistics**. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/eurostat>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

Feira RWM Brasil: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2014. Disponível em: <www.rwmbrasil.com.br>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

FIRMEZA, Ozéias S. **Utilização de cenários aplicados à logística reversa de recuperação de ativos**: destroca de vasilhames vazios das empresas distribuidoras de gás liqüefeito de petróleo. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FRANCO, Rosana G. F. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira; LANGE, Liséte Celina. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 73-82, 2011.

FU, J. et al. Spatial distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyl ethers (PBDEs) in an e-waste dismantling region in Southeast China: use of apple snail (Ampullariidae) as a bioindicator. **Chemosphere**, v. 82, n. 5, p. 648-655, 2011.

FURTADO, André; QUEIROZ, Sérgio. **A construção de indicadores de inovação**. 2007. Disponível em: <<http://inovacao.scielo.br/revistas/inov/paboutj.htm>>. Acesso em: 26 Set. 2016.

FURTADO, J. S. **Baterias esgotadas: legislações & gestão**. Relatório elaborado para o Ministério do Meio Ambiente do Brasil, p. 1-95, fev. 2004.

GIGANTE, Luciana C. **Análise de patentes de tecnologias relacionadas a resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

GONCALVES, Marcus E.; MARINS, Fernando A. S. Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 397-410, 2006.

GONCALVES-DIAS, Sylmara L. F.; TEODOSIO, Armino S. S. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 429-441, 2006.

GOTO, André K. **A contribuição da logística reversa na gestão de resíduos sólidos: uma análise dos canais reversos de pneumáticos**. 262 f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, 2007.

GOUVEIA, N.; MALERONKA, M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. In: MELO, T. C. (Org.); XAVIER, L. H. (Org.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 113-128.

GROSSMAN, Elizabeth. **High tech trash: digital devices, hidden toxics, and human health**. Washington: Island Press, 2007.

HERAT, Sunil. Environmental impacts and use of brominated flame retardants in electrical and electronic equipment. **Environmentalist**, v. 28, n. 4, p. 348-357, 2008.

HERAT, Sunil; PARIATAMBY, Agamuthu. E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 11, p. 1113-1129, 2012.

HERNÁNDEZ, Cecilia T. **Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações**. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)- Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

HERNANDEZ, Cecilia T.; MARINS, Fernando A. S.; CASTRO, Roberto C. Modelo de gerenciamento da logística reversa. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 445-456, 2012.

HICKS, Lloyd. **Practical steps for a transition from “historical” to “future” waste systems Individual producer responsibility for the Waste Electrical and Electronic Equipment Directive**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Management and Policy)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2004.

HILTY, Lorenz M. Electronic waste: an emerging risk? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 25, p. 431-435, 2005.

HISCHIER, R.; WÄGER, P.; GAUGLHOFER, J. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective?: the environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Environmental Impact Assessment Review**, v. 25, n. 5, p. 525-539, Jul. 2005.

HOBSBAWM, Eric. **A Era dos Extremos: o breve século XX**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

HONG, Zhang. **Analysis of the “China WEEE Directive”**: characteristics, breakthroughs and challenges of the new WEEE legislation in China. 71 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Sciences, Policy & Management)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2011.

HORI, Mitsue. **Custos da logística reversa de pós-consumo**: um estudo de caso dos aparelhos e das baterias de telefonia celular descartados pelos consumidores. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HUISMAN, J. et al. **The Dutch WEEE flows**: where do WEEE go from here. Bonn: United Nations University, ISP, SCYCLE, 2012.

ILES, Alastair. Mapping environmental justice in technology flows: computer waste impacts in Asia. **Global Environmental Politics**, v. 4, n. 4, p. 76-107, 2004.

INSTITUTO ETHOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**: desafios e oportunidades para as empresas. 2012. Disponível em: <http://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2012/08/Publica%C3%A7%C3%A3o-Residuos-Solidos_Desafios-e-Oportunidades_Web_30Ago12.pdf>. Acesso em: 23 Jun. 2016.

JABBOUR, Ana B. L. S. et al. Práticas de gestão da cadeia de suprimentos e seus eventuais relacionamentos com as prioridades competitivas da produção: evidências empíricas do setor eletroeletrônico à luz de modelagem de equações estruturais. **Produção**, ahead of print, 2012.

JAFFE, A. B.; PALMER, K. Environmental regulation and innovation: a panel data study. **Review of Economics and Statistics**, v. 79, n. 4, p. 610-619, 1997.

JINGLEI, Yua; WILLIAMS, Eric; MEITING, Ju. Analysis of material and energy consumption of mobile phones in China. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 4135-4141, Aug. 2010.

KAHHAT, Ramzy; WILLIAMS, Eric. Product or waste? Importation and end-of-life processing of computers in Peru. **Environmental Science and Technology**, v. 43, n. 15, p. 6010-6016, 2009.

KAHHAT, R. et al. Proposal for an e-waste management system for the United States. **Proceedings of the 2008 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment**. IEEE Computer Society, San Francisco, 2008a.

KAHHAT, R. et al. Exploring e-waste management systems in the United States. **Resources Conservation and Recycling**, v. 52, n. 7, p. 955-964, 2008b.

KEMP, René. **Environmental policy and technical change**: a comparison of the technological impact of policy instruments. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 1997.

KHAN, Sabaa A. **Solving the E-Waste Problem (StEP) Green Paper**: Differentiating EEE products and wastes. UNU, StEP, 2014.

KISSLING, Ramon et al. **Best practices in re-use**: success factors and barriers for re-use operating models – project report. St. Gallen: Task Force Re-use of the StEP Initiative for Solving the *E-waste* Problem, 2011.

KOLLBERG, Maria. **Exploring the Environmental Effectiveness of Extended Producer Responsibility Programmes**: an analysis of approaches to collective and individual responsibility for WEEE management in Sweden and the UK. 81 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Management and Policy)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2003.

KULECHO, Ann; KHAN, Yasir Ali. **Critical success factors for implementation of green IT in developing countries**: the case of e-waste in Kenya. 78 f. Dissertação (Mestrado em Informatics)- Jönköping University, Jönköping International Business School, Suécia, 2012.

LAVEZ, Natalie; SOUZA, Vivian M.; LEITE, Paulo R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de computadores. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 15-32, jan./abr. 2011.

LEE, Jaegul et al. Forcing technological change: a case of automobile emissions control technology development in the US. **Technovation**, v. 30, p. 249-264, 2010.

LEI, Zhou; ZHENMING, Xu. Response to waste electrical and electronic equipments in China: legislation, recycling system, and advanced integrated process. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 9, p 4713-4724, 2012.

LEITE, Marcia P.; WIRTH, Ioli G.; CHERFEM, Carolina O. Trabalho e resistência na reciclagem: movimento social, política pública e gênero. In: LEITE, Marcia P.; ARAÚJO, Angela M. C.; LIMA, Jacob C. **O trabalho na economia solidária**: entre a precariedade e a emancipação. São Paulo: Annablume, 2014. p. 335-361.

LEITE, Paulo R.; LAVEZ, Natalie; SOUZA, Vivian M. Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico”: um estudo no setor de informática. **Anais... Simpoi**, 2009.

LEONARD, Annie. **A história das coisas**: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

LEPAWSKY, Josh. Legal geographies of e-waste legislation in Canada and the US: Jurisdiction, responsibility and the taboo of production. **Geoforum**, v. 43, n. 6, p. 1194-1206, Nov. 2012.

LEPAWSKY, Josh; BILLAH, Mostaem. Making chains that (un)make things: waste-value relations and the Bangladeshi rubbish electronics industry. **Geografiska Annaler: Series B**, p. 121-139, 2011.

LEPAWSKY, J.; MCNABB, C. Mapping international flows of electronic waste. **The Canadian Geographer**, v. 54, n. 2, p. 177-195, 2010.

LÉVÊQUE, François. **Environmental policy in Europe**: industry, competition and the policy process. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 1996.

LI, Y. et al. Monitoring of lead load and its effect on neonatal behavioral neurological assessment scores in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 10, n. 10, p. 1233-1238, 2008.

LI, H. et al. Short-range transport of contaminants released from e-waste recycling site in South China. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 4, p. 836-843, 2011.

LIMA, Maria C. F. **A logística reversa como instrumento da gestão de resíduos pós-consumo**: uma análise do setor de telefonia móvel. 141 f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, 2008.

LINDHQVIST, Thomas. **Extended producer responsibility in cleaner production**: policy principle to promote environmental improvements of products systems. 2000. 196 f. Tese (Doutorado) – Lund University, Sweden, 2000.

MARAVIESKI, Vinicius C. **Caracterização da logística reversa de pallets em indústrias de alimentos e bebidas no estado do Paraná**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2009.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. Campinas: Ed. Unicamp, 2015.

MARTILHO, Márcia Cristina. **Subsídios à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**: diagnóstico do município de Piracicaba – SP. 197 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia)- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2012.

MATOS, Daniel A. **Logística reversa, *balanced scorecard* e os programas de reciclagem de recursos da USP/São Carlos e da UFSCar**. 241 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes)- Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MAVI, Reza K. et al. Identification and assessment of logistical factors to evaluate a green supplier using the fuzzy logic DEMATEL method. **Polish Journal Of Environmental Studies**, v. 22, n. 2, p. 445-455, 2013.

MAYERS, C. K.; FRANCE, Chris M.; COWELL, Sarah J. Extended producer responsibility for waste electronics: an example of printer recycling in the United Kingdom. **Journal of Industrial Ecology**, v. 9, n. 3, p. 169-189, Jul. 2005.

MAZON, Marilia T. et al. Adequação às regulações ambientais de resíduos eletroeletrônicos: da cadeia produtiva ao consumidor final no setor de equipamentos eletromédicos. **Anais...** In: CONGRESO INTERNACIONAL DE GESTIÓN TECNOLÓGICA E INNOVACION, 3., 2012, Medellín, v. 1, p. 86, 2012a.

MAZON, Marilia T. et al. Does environmental regulation foster the diffusion of collaborative innovations? A study on electronics waste regulation on Brazill. **Anais...** In: THE TRIPLE HELIX INTERNATIONAL CONFERENCE, 10., 2012, Bandung, v. 1, p. 386, 2012b.

MAZON, Marilia T. **Inserção brasileira na cadeia global de reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE)**. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MAZZUCATO, Mariana. **O estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

- MIGLIANO, João E. B. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS):** perspectivas, desafios e oportunidades da logística reversa para a indústria nacional de computadores. 124 f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2012.
- MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. (Orgs.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade.** Rio de Janeiro: Elsevier-Campus, 2014. p. 129-148.
- MUENHOR, D. et al. Brominated flame retardants (BFRs) in air and dust from electronic waste storage facilities in Thailand. **Environment International**, v. 36, n. 7, p. 690-698, 2010.
- NEUMAYER, E. Pollution havens: an analysis of policy options for dealing with an elusive phenomenon. **Journal of Environment and Development**, v. 10, n. 2, p. 147-177, 2001.
- NNOROM, I.; OSIBANJO, O. Toxicity characterization of waste mobile phone plastics. **Journal of Hazardous Materials**, v. 161, n. 1, p. 183-188, 2009.
- O'CONNELL, Maurice; FITZPATRICK, Colin; HICKEY, Stewart. Investigating reuse of B2C WEEE in Ireland. **Anais... IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology**, Arlington, United States, may, 2010.
- OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Manual de Oslo:** proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. FINEP, 2004.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. **Extended producer responsibility: a guidance manual for governments.** Paris: OECD, 2001.
- OLIVEIRA, Camila R.; BERNARDES, Andréa M.; GERBASE, Annelise E. Collection and recycling of electronic scrap: a worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, v. 32, p. 1592-1610, 2012.
- OMPI – Organização Mundial da Propriedade Intelectual / INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Publicação Oficial Classificação Internacional de Patentes.** 2016. Disponível em: <<http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/#refresh=page>>. Acesso em: 14 Jun. 2016.
- PANDEY, U. C. et al. Environmental management in semiconductor and printed circuit board industry in India – Part I: survey results and case studies. **IEEE Asian Green Electronics (AGEC)**, p. 139-149, 2004.
- PARAMAGURU, K. Rethinking our risky reliance on rare Earth metals. **Time**, 20/12/2013.
- PARKINSON, Gerald. Reducing wastes can be cost-effective. **Chemical Engineering**, v. 97, n. 7, p. 30-33, Jul. 1990.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 37, p. 19-23, fev. 2003. Disponível em: <<http://old.eu-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0095:PT:HTML>>. Acesso em: 17 mai. 2011.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2012/19/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 197, p. 38-71, jul. 2012. Disponível em: <<http://old.eu-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:PT:PDF>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, sobre restrições a utilização de determinadas substâncias perigosas em aparelhos elétricos e eletrônicos (RoHS). **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 37, p. 19-23, fev. 2003. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0019:0023:es:PDF>>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

PELLOW, D. N. **Resisting global toxics**: transnational movements for environmental justice. Cambridge: MIT Press, 2007.

PELLOW, D. N.; PARK, L. S. H. **The Silicon Valley of Dreams**: environmental injustice, immigrant workers, and the high-tech global economy. New York: New York University Press, 2002.

PEPINELLI, Rafaela F. G. **Empreendimentos econômicos solidários de catadores**: cadeias produtivas de resíduos, processos tecnológicos e parcerias. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

PEPINELLI, Rafaela F. G. **A cadeia da reciclagem de plásticos no estado de São Paulo e a política nacional de resíduos sólidos**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

PETERS, Michael et al. The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change – Does the locus of policies matter? **Research Policy**, v. 41, n. 8, p. 1296-1308, out. 2012.

PORTER, Michael E. **Competitive advantage**: creating and sustaining superior performance. New York: Free Press, 1985.

PORTER, Michael E.; VAN DER LINDE, Claas. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.

QIAOYUN, Yang et al. Exposure to typical persistent organic pollutants from an electronic waste recycling site in Northern China. **Chemosphere**, v. 91, n. 2, p. 205-211, Apr. 2013.

QINGBIN, Song et al. Life cycle assessment of desktop PCs in Macau. **Springer**, v. 18, p. 553-566, 2013.

QUARIGUASI-FROTA-NETO, João; BLOEMHOF, Jacqueline. An analysis of the eco-efficiency of remanufactured personal computers and mobile phones. **Production and Operations Management**, v. 21, n. 1, p. 101-114, Jan./Feb. 2012.

RAGHUPATHY, L. et al. E-waste recycling in India: bridging the formal-informal gap. **R Annexure 5.4 – E-scrap**. May. 2010.

RAMOS FILHO, Leonardo S. N. **A logística reversa de pneus inservíveis: o problema da localização dos pontos de coleta**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RELKMAN, Anna. **The European Union WEEE and RoHS directives: how are Atlas Copco and CP's handheld industrial tools and assembly systems affected by the WEEE and RoHS directives?** 100 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Technology and Management)- Linköping University, Department of Mechanical Engineering, Suécia, 2005.

RIBEIRO, Jurema S. A. N. **Logística reversa nas operações de remanufatura: estudo de caso da atividade de planejamento e controle da produção**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Faculdade de Estudos de Administração, Belo Horizonte, 2008.

RIGO, Christiany L. **Proposta de resolução do problema de logística reversa do óleo residual de fritura**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

RODRIGUES, Angela C. **Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas**. 247 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ROEDIGER-SCHLUGA, Thomas. **The Porter Hypothesis and the economic consequences of environmental regulation: a neo-schumpeterian approach**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2004.

SANTOS, Carlos A. F. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências para a sustentabilidade: um estudo de múltiplos casos na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 131 f. Dissertação (Mestrado em Administração)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SÃO PAULO. **Constituição do Estado de São Paulo, de 5 de outubro de 1989**. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/StaticFile/documentacao/cesp_completa.htm>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

SCHWARZER, S. et al. *E-waste: the hidden side of IT equipment's manufacturing and use*. **Environment Alert Bulletin - United Nations Environment Programme**, jan. 2005.

SEKI, Tatiana T. **Gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos na Universidade Federal de São Carlos e no programa de coleta seletiva do município de São Carlos**. 112 f. Monografia (Bacharelado em Física)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. 112 f.

SENIOR, Kathryn. E-waste: reuse, don't recycle. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 5, p. 117, Jun. 2009.

SEPA – State Environmental Protection Agency of the People's Republic of China: **Technical policy on the pollution control of end-of-life electronic household appliance and electronic products**. 2006. Disponível em: <www.chinaenvironment.com/view/viewnews.aspx?k=20060427103936522>. Acesso em: 5 Jul. 2012.

SEPA – State Environmental Protection Agency of the People's Republic of China: **Measures for prevention of pollution from waste electronic products** (no. 40). 2007. Disponível em: www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-09/28/content_764238.htm. Acesso em: 5 Jul. 2016.

SEPA – Swedish Environmental Protection Agency. **Recycling and disposal of electronic waste: health hazards and environmental impacts – report 6417**. Estocolmo: SEPA, 2011.

SHAKIL, Assad; SIMIONESCU, Ioan Alexandru. **The value adding role of green logistics in transport companies**. 50 f. Dissertação (Mestrado em International Logistics and Supply Chain Management)- Jönköping University, Jönköping International Business School, Suécia, 2012.

SHAN, Zhou. **External motivating factors for greening small- and medium-sized enterprises in China**. 59 f. Dissertação (Mestrado em Environmental Management and Policy)- Lund University, The International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund, Suécia, 2009.

SHINKUMA, Takayoshi; HUONG, Nguyen T. M. The flow of *e-waste* material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on *e-waste*. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 29, p. 25-31, 2009.

SILVA, Elaine A.; MOITA NETO, José M. Logística reversa nas indústrias de plásticos de Teresina-PI: um estudo de viabilidade. **Polímeros**, v. 21, n. 3, p. 246-251, 2011.

SILVA, Carlos; TENÓRIO, Jorge A.; XAVIER, Lúcia H. Desafios nas gestão de REEE: panorama atual e perspectivas futuras. In: XAVIER, Lúcia H.; CARVALHO, Tereza C. M. B. (Orgs.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 175-186.

SINNECKER, Cesar A. **Estudo sobre a importância da logística reversa em quatro grandes empresas da região metropolitana de Curitiba**. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas)- Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.

SMITH, T. et al. **Challenging the chip**: labor rights and environmental justice in the global electronics industry. Philadelphia: Temple University Press, 2006.

SOCHIRCA, Ala; ILOVAN, Ion. **Environmental supplier evaluation - major factor in greening the supply chain**: a case study of Kinnarps. 84 f. Dissertação (Mestrado em Logistics and Supply Chain Management)- Jönköping University, Jönköping International Business School, Suécia, 2010.

STEP – Solving the E-waste Problem. **E-waste World Map**. Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/step-e-waste-world-map.html>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

STOWE, Dave. Electronic scrap: political pressures and regulatory challenges. **Sierra Innovations Inc.**, 2008.

TAYLOR, Margareth R.; RUBIN, Edward S.; HOUNSHELL, David A. Regulation as the mother of innovation: the case of SO₂ control. **Law & Policy**, v. 27, n. 2, abr., p. 348-378, 2005.

THIERRY, M. et al. Strategic issues in product recovery management. **California Management Review**, v. 37, n. 2, p. 114-135, 1995.

TONG, Xin; YAN, Lin. From legal transplants to sustainable transition: extended producer responsibility in Chinese waste electrical and electronic equipment management. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 2, p. 199-212, 2013.

TOXIC LINK INDIA. **Scrapping the high-tech myth**: computer waste in India. New Delhi, 2003.

TOXIC LINK INDIA. **Mumbai**: choking on e-waste: a study on the status of e-waste in Mumbai. New Delhi, 2007.

TUE, N. M. et al. Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 9, p. 2155-2162, 2010.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Basel Convention**: on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal. Basel: UNESP, 2005. Disponível em: <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-e.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

UNEP – United Nations Environment Programme. **E-waste: Volume II: E-waste Management Manual**. Osaka, UNEP, 2007

VEIT, H. et al. Utilização de processos mecânicos e eletroquímicos na reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas. **Revista Escola de Minas – Metalurgia & Materiais**, Ouro Preto, v. 61, n. 2, p. 159-164, abr./jun. 2008.

VIEIRA, Mário J. **Logística reversa aplicado a reciclagem de lixo eletrônico**: estudo de caso: Oxil manufatura reversa. 45 f. Monografia (Tecnólogo em Logística e transportes)-Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

VIEIRA, Karina N.; SOARES, Thereza O. R.; SOARES, Laíla R. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p.120-136, set./dez. 2009.

VOLTAIRE (François-Marie Arouet). **Cândido, ou o otimismo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

WAGNER, Marcus. **The Porter Hypothesis revisited**: a literature review of theoretical models and empirical tests. Lüneburg: Centre for Sustainability Management, 2003.

WALTHER, Grit et al. Implementation of the WEEE-directive: economic effects and improvement potentials for reuse and recycling in Germany. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 47, n. 5-8, p. 461-474, Mar. 2010.

WANG, H. et al. 'Urinary heavy metal levels and relevant factors among people exposed to e-waste dismantling. **Environment International**, v. 37, n. 1, p. 80-85, 2011.

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

WILLIAMS, E. et al. The 1,7 kilogram microchip: energy and material use in the production of semiconductor devices. **Environmental Science and Technology**, v. 36, n. 24, p. 5504-5510, 2002.

WILLIAMS, E. et al. Energy intensity of computer manufacturing: hybrid assessment combining process and economic input-output methods. **Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 22, p. 6166-6174, 2004.

WU, K. et al. Polybrominated diphenyl ethers in umbilical cord blood and relevant factors in neonates from Guiyu, China. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 2, p.813-819, 2010.

WWF - Greenpeace. **Relatório Planeta Vivo 2012**: a caminho da Rio +20. Brasília: WWF, 2012.

XAVIER, Lúcia H. et al. (Org.). **Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos**. IEE-USP, CEDIR: São Paulo, 2012. 41 p.

XAVIER, Lúcia H.; CARVALHO, Tereza C. M. B. Introdução à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. In: MELO, T. C. (Org.); XAVIER, L. H. (Org.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 1-18.

XIA, Huo et al. Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. **Environmental Health Perspectives**, v. 115, n. 7, jul. 2007.

XING, G. H. et al. Environmental impact and human exposure to PCBs in Guiyu, an electronic waste recycling site in China. **Environment International**, v. 35, n. 1, p. 76-82, 2009.

YANG, J. et al. WEEE flow and mitigating measures in China. **Waste Management**, v. 28, n. 9, p. 1589-1597, 2008.

ZENG, Xianlai et al. Perspective of electronic waste management in China based on a legislation comparison between China and the EU. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 80-87, 2013.

APÊNDICES

**APÊNDICE A –
Expressões de busca**

BASE: Orbit.

ACESSO EM: 15/3/2016.

Expressão (A) — sobre reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos em geral (exemplos retirados da diretiva europeia):

QUERY	RESULTADO	EXPRESSÃO
#1	788	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+))/ti/ab
#2	1411	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) 5d (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#3	1.714	((e-waste or ((electronic or electric or computer or mobile phon+ or pc re-use or secondary pc or refrigerator+ or freezer+ or washing machin+ or clothes dry+ or dish washing machin+ or cooker+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) 5d (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#4	944	((e-waste or ((electronic or electric or computer or mobile phon+ or pc re-use or secondary pc or refrigerator+ or freezer+ or washing machin+ or clothes dry+ or dish washing machin+ or cooker+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+))/ti/ab
#5	1.471	((e-waste or ((mobile phon+ or pc re-use or secondary pc) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#6	118	((e-waste or ((mobile phon+ or pc re-use or secondary pc) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) 5d (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#7	4.365	((e-waste or ((refrigerator+ or freezer+ or washing machin+ or clothes dry+ or dish washing machin+ or cooker+ or electric+ stove+ or electric hot plate+ or microwave+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#8	1.380	((e-waste or ((electric radiator+ or electric fan+ or air condition+ applianc+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx

QUERY	RESULTADO	EXPRESSÃO
#9	2.409	((e-waste or ((information technolog+ or telecommunication+ equipment+ or mainframe+ or minicomputer+ or CRT monitor or LED monitor or keyboard or laptop computer+ or notebook computer+ or notepad computer+ or printer+ or copy+ equipment+ or electric electronic typewriter+ or pocket desk calculator+ or user terminal+ or user system+ or facsimile machin+ or fax or telex or telephon+ or pay telephon+ or cordless telephon+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#10	1.483	((e-waste or ((consumer equipment+ or photovoltaic panel+ or radio set+ or television set+ or video camera+ or video recorder+ or hi-fi recorder+ or audio amplifier+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#11	35	((e-waste or ((consumer equipment+ or photovoltaic panel+ or radio set+ or television set+ or video camera+ or video recorder+ or hi-fi recorder+ or audio amplifier+) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+)))/ti/ab
#12	1.465	((e-waste or ((lighting equipment+ or luminair+ fluorescent+ lamp+ or straight fluorescent lamp+ or compact fluorescent+ lamp+ or high intensit+ discharge lamp+ or pressure sodium lamp+ or metal halide lamp+ or low pressure sodium lamp+ or LED lamp+ or LED luminous module or recyc+ kinescope glass or kinescope glass) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) and (recycl+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#13	7.308	(1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12)
#14	14	AND (BR)/PR/XPR

BASE: Orbit.

ACESSO EM: 8/6/2016.

Expressão (B) — sobre tecnologia de processo de reciclagem de REEE:

QUERY	RESULTADOS	EXPRESSÃO
#1	56	(electronic industry waste or green+ supply chain or electronic industry recycl+)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#2	4	(electronic industry waste or green+ supply chain or electronic industry recycl+)/ti/ab
#3	130	((e-waste OR ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))))/bi/sa AND (electronic waste process+ or electronic waste retriev+ or electronic waste treat+ or electronic waste recycl+ or automatic electronic waste sort+ or electronic recover+ or reverse logistic process+ or reverse logistic operation or reverse supply chain or recycl+ supply chain or waste disposal activit+ or remanufacture electrical electronic equipment+ or reverse chain or end-of-life phas+ or end-of-engineering or end-of-warranty or e-waste recycl+ or computer environment+ impact+ or e-waste flow+ or refurbish+)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#4	24	((e-waste OR ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))))/bi/sa AND (electronic waste process+ or electronic waste retriev+ or electronic waste treat+ or electronic waste recycl+ or automatic electronic waste sort+ or electronic recover+ or reverse logistic process+ or reverse logistic operation or reverse supply chain or recycl+ supply chain or waste disposal activit+ or remanufacture electrical electronic equipment+ or reverse chain or end-of-life phas+ or end-of-engineering or end-of-warranty or e-waste recycl+ or computer environment+ impact+ or e-waste flow+ or refurbish+)/ti/ab
#5	186	(1 or 2 or 3 or 4)
#6	0	AND (BR)/PR/XPR

BASE: Orbit.

ACESSO EM: 15/3/2016.

Expressão (C) — sobre reciclagem de metais presentes nos REEE:

QUERY	RESULTADO	EXPRESSÃO
#1	3.402	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((material? or metal or gold) w (recover+ or purific+ or reus+)))/TI/AB/IW/CLMS/DESC/ODES/OBJ/ADB/ICLM/KEYW/TX
#2	1.317	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((material? or metal or gold) w (recover+ or purific+ or reus+)))/TI/AB
#3	3.391	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((aluminum) or (antimony) or (barium) or (beryllium) or (bismuth) or (cadmium) or (lead) or (polyvinyl chloride) or (chlorofluorocarbon+) or (cobalt) or (copper) or (chrome) or (dioxin+) or (dibenzo-p-dioxin) or (polychlorinated dibenzofuran+) or (2,3,7,8-tetracloro-p-dioxin) or (tin) or (iron) or (gallium) or (germanium) or (indium) or (manganese) or (mercury) or (nickel) or (gold) or (palladium) or (platinum) or (silver) or (ruthenium) or (selenium) or (silica) or (tantalum) or (titanium) or (vanadium) or (zinc)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#4	1.283	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((aluminum) or (antimony) or (barium) or (beryllium) or (bismuth) or (cadmium) or (lead) or (polyvinyl chloride) or (chlorofluorocarbon+) or (cobalt) or (copper) or (chrome) or (dioxin+) or (dibenzo-p-dioxin) or (polychlorinated dibenzofuran+) or (2,3,7,8-tetracloro-p-dioxin) or (tin) or (iron) or (gallium) or (germanium) or (indium) or (manganese) or (mercury) or (nickel) or (gold) or (palladium) or (platinum) or (silver) or (ruthenium) or (selenium) or (silica) or (tantalum) or (titanium) or (vanadium) or (zinc)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab
#5	3.686	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((al) or (sb) or (ba) or (be) or (bi) or (cd) or (pb) or (pvc) or (cfc) or (co) or (cu) or (cr) or (pcdd) or (pcdf) or (tcdd) or (sn) or (fe) or (ga) or (ge) or (in) or (mn) or (hg) or (ni) or (au) or (pd) or (pt) or (ag) or (ru) or (se) or (ta) or (ti) or (v) or (zn)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#6	1.382	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((al) or (sb) or (ba) or (be) or (bi) or (cd) or (pb) or (pvc) or (cfc) or (co) or (cu) or (cr) or (pcdd) or (pcdf) or (tcdd) or (sn) or (fe) or (ga) or (ge) or (in) or (mn) or (hg) or (ni) or (au) or (pd) or (pt) or (ag) or (ru) or (se) or (ta) or (ti) or (v) or (zn)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab
#7	3.761	(1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6)
#8	7	AND (BR)/PR/XPR

BASE: Orbit.

ACESSO EM: 16/3/2016.

Expressão (D) — sobre reciclagem de plásticos presentes nos REEE:

QUERY	RESULTADO	EXPRESSÃO
#1	3.340	(((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((plastic+ or (acrylonitrile butadiene styrene) or (ABS) or (SAN) or (polyamide) or (PA) or (polycarbonate) or (PC) or (polyurethane) or (PU) or (brominated flame retardant) or (polychlorinated biphenyl+ or (PCB) or (trichloro-biphenyl+) or (heptachlor-biphenyl+) or (polybrominated biphenyl+) or (PBB) or (polybrominated diphenyl+ ether) or (PBDE) or (tetrabromobisphenol A) or (TBBPA) or (hexabromocyclododecane) or (HBCD) or (polybrominated dibenzo-pdioxin+) or (PBDD) or (polybrominate+ dibenzofuran+) or (PBDF)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#2	1.255	(((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or ((plastic+ or (acrylonitrile butadiene styrene) or (ABS) or (SAN) or (polyamide) or (PA) or (polycarbonate) or (PC) or (polyurethane) or (PU) or (brominated flame retardant) or (polychlorinated biphenyl+ or (PCB) or (trichloro-biphenyl+) or (heptachlor-biphenyl+) or (polybrominated biphenyl+) or (PBB) or (polybrominated diphenyl+ ether) or (PBDE) or (tetrabromobisphenol A) or (TBBPA) or (hexabromocyclododecane) or (HBCD) or (polybrominated dibenzo-pdioxin+) or (PBDD) or (polybrominate+ dibenzofuran+) or (PBDF)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab
#3	3.358	(((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) and (recycl+ or (((batter+ or (microchip) or (cooling circuit+) or (integrated circuit+) or (condenser) or (conductive heat) or (conductive) or (connector+) or (connection+) or (emitting red phosphorus) or (fitting+) or (stabilizer+) or (structure) or (wire+) or (cable+) or (switch) or (ligament+) or (oscilloscope) or (internal circuit+ board) or (printed circuit board+) or (electronic board+) or (corrosion protection) or (relay) or (rectifier) or (semiconductor+) or (sensor+) or (weld+) or (thermostat+) or (transistor) or (electronic valve) or (glass)) w (recover+ or purific+ or reus+)))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#3	3.361	(1 or 2 or 3)
#4	7	AND (BR)/PR/XPR

BASE: Orbit.

ACESSO EM: 16/3/2016.

Expressão (E) — sobre reciclagem de REEE com menção a políticas de regulação de descarte e reciclagem:

QUERY	RESULTADO	EXPRESSÃO
#1	63	(WEEE Directive) /ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#2	15	(China RoHS)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#3	0	(India RoHS) /ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#4	51	(Basel Convention)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#5	363	(Stockholm Convention)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#6	4	(National Environment Policy)/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#7	493	((WEEE Directive) or (China RoHS) or (India RoHS) or (Basel Convention) or (Stockholm Convention) or (National Environment Policy))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#8	7	((WEEE Directive) or (China RoHS) or (India RoHS) or (Basel Convention) or (Stockholm Convention) or (National Environment Policy))/ti/ab
#9	17	((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5d (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish))) 5d (recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx AND ((WEEE Directive) or (China RoHS) or (India RoHS) or (Basel Convention) or (Stockholm Convention) or (National Environment Policy))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#10	18	((((e-waste or ((electronic or electric or computer) 5D (waste or scrap or trash or garbage or junk or rubbish)))) 5D (recover+ or purific+ or reus+ or recycl+))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx AND ((WEEE Directive) or (China RoHS) or (India RoHS) or (Basel Convention) or (Stockholm Convention) or (National Environment Policy))/ti/ab/iw/clms/desc/odes/obj/adb/iclm/keyw/tx
#11	493	(1 OR 2 OR 3 OR 4 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10)
#12	1	AND (BR)/PR/XPR

APÊNDICE B –
Políticas de reciclagem de REEE no âmbito internacional

Legenda:

-  Em vigor
-  Aprovada
-  Proposta

LINHA HISTÓRICA:

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Internacional Convenção da Basiléia	1989	Entrou em vigor em 1992, conta com 183 países partes e 53 países signatários.	
New Hampshire (Estados Unidos) Lei 149/1996	1996	Refuse Reduction Law, N.H. RSA 149-M:27.	
Suíça Janeiro/1998	1998	Return, Takeback and Disposal of Electrical and Electronic Equipment, Ordinance.	
Lituânia Lei VIII-787/1998	1998	Waste Management Law.	
Japão 1998	1998	Specific Household Appliance Recycling Act.	
Brasil Política Nacional de Educação Ambiental Lei 9.795/1999	1999	Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental.	
Brasil Lei 9.974/2000	2000	Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.	
Brasil Lei 9.966/2000	2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional.	
Suécia Lei SFS 208/2000	2000	Producer Responsibility for Light Bulbs and Luminaires, Ordinance.	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Oregon (Estados Unidos) Lei 3.007/2001	2001	Mercury Reduction Act, House Bill.	✓
Eslováquia Lei 223/2001	2001	Waste Act.	✓
Connecticut (Estados Unidos) 2002	2002	Standards for Universal Waste, Regulations, RCSA Section 22a-449(c)-113.	✓
Brussels Capital Region (Bélgica) 2002	2002	Producer Responsibility Order.	✓
Áustria Lei 102/2002	2002	AWG Waste Management Law.	✓
Europa Diretiva WEEE (<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>) Diretiva 2002/96/CE e Diretiva 2012/19/UE	2003	Estabeleceu aos países da união europeia melhorias no desempenho ambiental dos equipamentos eletroeletrônicos via maior eficiência na utilização de recursos.	✓
Europa Diretiva RoHS (<i>Restriction of the use of Certain Hazardous Substances</i>) Diretiva 2002/95/EC	2003	Estabeleceu regras sobre o conteúdo de substâncias perigosas nos equipamentos eletroeletrônicos.	✓
Newfoundland e Labrador (Canadá) Lei NLR 59/2003	2003	Regulamentos de gestão de resíduos.	✓
Califórnia (Estados Unidos) Lei do Senado 20/2003	2003	Lei para reciclagem de resíduos eletrônicos (EWRA).	✓
Islândia Lei 55/2003	2003	Waste Management Act.	✓
Alberta (Canadá) Setembro/2004	2004	Estatuto para reciclagem de eletrônicos.	✓
British Columbia (Canadá) Lei 449/2004	2004	Regulamentação da reciclagem.	✓
Ontário (Canadá) Lei 393/2004	2004	Regulação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	✓
Estados Unidos 2004	2004	Plug-in para eCycling - Diretrizes para gestão de materiais.	✓
Califórnia (Estados Unidos) Lei do Senado 2.901/2004	2004	Lei da reciclagem de telefones móveis.	✓
Califórnia (Estados Unidos) CCR 18.660.41/2004	2004	Electronic Waste Reporting Regulation.	✓
Iowa (Estados Unidos) IAC 567/2004	2004	Cathode Ray Tube Device Recycling Rules, Chapter 122.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Holanda 2004	2004	WEEE Management Regulations.	✓
Holanda 2004	2004	WEEE and RoHS Implementation Decree.	✓
Brussels Capital Region (Bélgica) Junho/2004	2004	Management of Waste Electrical and Electronic Equipment, Order.	✓
Áustria Lei 459/2004	2004	Waste Treatment Obligations, Ordinance.	✓
Finlândia Decreto 852/2004	2004	Waste Electrical and Electronic Equipment Decree.	✓
Portugal Decreto-lei 230/2004	2004	Management of Electrical and Electronic Waste, Decree-Law.	✓
Eslovênia Decreto 4.863/2004	2004	Conditions on Public Services of WEEE Management Decree.	✓
Estônia 2004	2004	Waste Act.	✓
Lituânia Resolução 1.252/2004	2004	National Strategic Waste Management Plan, Resolution.	✓
Lituânia Lei D1-481/2004	2004	Rules on Waste Management of WEEE, Order.	✓
Grécia Decreto 117/2004	2004	WEEE & RoHS Implementation, Decree.	✓
Chipre Lei 668/2004	2004	WEEE and RoHS Regulation.	✓
China 2004	2004	Take-Back and Recycling of Household Waste Electrical and Electronic Products, Draft Regulation.	⊖
Brasil Lei 11.107/2005	2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos.	✓
Alberta (Canadá) 2005	2005	Política de avaliação de operações eletrônicas.	✓
Alberta (Canadá) 2005	2005	Política administrativa para reciclagem de eletrônicos.	✓
Saskatchewan (Canadá) 2005	2005	Lei de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	✓
Arkansas (Estados Unidos) Lei 970/2005	2005	Descarte de computadores e equipamentos eletrônicos de propriedade do Estado.	✓
Louisiana (Estados Unidos) Resolução 53/2005	2005	Electronic Waste Recycling Resolution, Senate Concurrent Resolution.	✓
Louisiana (Estados Unidos) Resolução 6/2005	2005	Environmental Task Force, Senate Concurrent Resolution.	✓
Maryland (Estados Unidos) Lei 575/2005	2005	Statewide Computer Recycling Pilot Program Act, House Bill.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
New Mexico (Estados Unidos) 2005	2005	Memorial Requesting the Secretary of Environment to Study the Problem of Electronic Waste Recycling, Senate Joint Memorial 9.	✓
Luxemburgo 2005	2005	WEEE and RoHS Regulation.	✓
Alemanha 2005	2005	Electrical and Electronic Equipment Act Cost Ordinance, BGBl. 2020.	✓
Alemanha 2005	2005	WEEE & RoHS Implementation, Elektro- und Elektronikgerategesetz (ElektroG) Act.	✓
Áustria Lei 121/2005	2005	Waste Electrical Equipment and Hazardous Substances, Ordinance.	✓
Suécia Lei SFS 10/2005	2005	Pre-treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment, EPA Regulations.	✓
Suécia Lei 209/2005	2005	Producer Responsibility for Electrical and Electronic Products, Ordinance.	✓
França 2005	2005	Accreditation for WEEE Collection Facilities, Ministerial Order, December.	✓
França 2005	2005	Technical Requirements for Treatment of WEEE, Ministerial Order, November.	✓
Espanha Decreto 208/2005	2005	WEEE & RoHS, Decree.	✓
Itália Decreto 151/2005	2005	WEEE & RoHS Implementation, Decree.	✓
Polônia 2005	2005	Waste Electrical and Electronic Equipment Act.	✓
República Tcheca Decreto 352/2005	2005	Management of Electrical and Electronic Equipment and Waste Electrical and Electronic Equipment, Decree.	✓
Eslováquia Lei 359/2005	2005	Contributions to the Recycling Fund Order.	✓
Eslováquia Lei 388/2005	2005	WEEE Collection and Recovery Targets, Order.	✓
Romênia Lei 1.225/2005	2005	Authorisation of WEEE Collectors, Order.	✓
Romênia Lei 901/2005	2005	Measures for the Safety of WEEE Collectors, Order.	✓
Estônia Lei 9/2005	2005	Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment Regulation.	✓
China Norma GB 16.487.8/2005	2005	Environmental Protection Control for Imported Waste Electric Motors as Raw Materials, Standard.	✓
British Columbia (Canadá) 2006	2006	Plano de logística reversa de produtos eletrônicos em fim de vida útil.	✓
Estados Unidos Julho/2006	2006	Gestão de resíduos perigosos e tubos de raios catódicos, Regra Final, 40 CFR Partes 9, 260, 261, 271.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Califórnia (Estados Unidos) CCR 18660.5 - 18.660.43/2006	2006	Lei para recuperação de resíduos eletrônicos e implementação de reciclagem.	✓
Maine (Estados Unidos) Lei 1.840/2006	2006	Resolve, To Study the Recycling of Cellular Telephones Act, Chapter 144, H.P. 1280, Legislative Document.	✓
New York (Estados Unidos) Lei 8.182/2006	2006	Wireless Telephone Recycling Act, Senate Bill, Chapter 730.	✓
Rhode Island (Estados Unidos) Lei 7.789/2006	2006	Electronic Waste Reuse and Recycling Study and Strategy, House Bill.	✓
Washington (Estados Unidos) 2006	2006	Electronic Product Recycling Law, Chapter 70.95N RCW.	✓
Noruega 2006	2006	Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Regulations, Chapter One of the Waste Regulations,.	✓
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte Lei SI 3289/2006	2006	Waste Electrical and Electronic Equipment Regulations.	✓
França 2006	2006	Household Lighting Equipment as Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Ministerial Order, July.	✓
Itália Lei 228/2006	2006	Postponement of WEEE Obligations, Law.	✓
Eslovênia Decreto 1314, UL 32/2006	2006	Taxation of Environmental Pollution Caused by the Generation of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Decree.	✓
Eslovênia Decreto 4588, UL 107/2006	2006	WEEE Management Decree.	✓
Romênia Lei 556/2006	2006	Marking of Electrical and Electronic Equipment, Order.	✓
Lituânia Lei D1-57/2006	2006	Reporting Obligations of Producers and Importers, Order.	✓
Lituânia Resolução 18/2006	2006	Rules on Licensing of Producers and Importers, Resolution.	✓
Lituânia Resolução 61/2006	2006	Rules on WEEE Financial Guarantees, Resolution.	✓
China Lei 115/2006	2006	Pollution Prevention and Control of Household Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Technical Policy Document.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Brasil Política Federal de Saneamento Básico Lei 11.445/2007	2007	Dispõe sobre as atividades do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.	✓
Brasil PL 2.061/2007	2007	Projeto de lei sobre a coleta, reciclagem e destino final dos resíduos domésticos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	⊖
Estado da Bahia (Brasil) PL 16.280/2007	2007	Projeto de lei para o gerenciamento de resíduos eletrônicos.	⊖
Cidade de Cascavel (Paraná, Brasil) Lei 4.726/2007	2007	Logística reversa e descarte de baterias, lâmpadas e de material eletrônico.	✓
British Columbia (Canadá) Julho/2007	2007	Prazo de regulamentação de reciclagem em conformidade com a Carta dos Produtores de Eletrônicos.	✓
Nova Scotia (Canadá) Fevereiro/2007	2007	Resíduos sólidos - regulamento de gestão de recursos de 1996 revisado.	✓
Arkansas (Estados Unidos) Lei 948/2007	2007	Financiamento para Programa de reciclagem de equipamentos eletrônicos e computadores.	✓
Califórnia (Estados Unidos) 2007	2007	Recycled Printer Cartridge Act, Public Contract Code (PCC) Sections 12153-12156.	✓
Indiana (Estados Unidos) Lei 329 IAC 16/2007	2007	Electronic Waste Management Regulations.	✓
Maine (Estados Unidos) Lei 1.717/2007	2007	Cell Phone Recycling Act, Legislative Document 1717 Enacted.	✓
Maryland (Estados Unidos) Lei 488/2007	2007	Statewide Electronics Recycling Program, House Bill.	✓
Minnesota (Estados Unidos) Lei 854/2007	2007	Electronics Recycling Law, House File.	✓
New Jersey (Estados Unidos) Lei 3.572/2007	2007	Electronic Waste Management Act, Assembly Bill.	✓
North Carolina (Estados Unidos) Lei SB 1.492/2007	2007	Discarded Computer and Television Equipment Management.	✓
Oregon (Estados Unidos) Lei 2.626/2007	2007	Electronic Product Recycling Law, House Bill.	✓
Texas (Estados Unidos) 2007	2007	Computer Equipment Recycling Law, Health and Safety Code Sec. 361.951-966.	✓
Washington (Estados Unidos) 2007	2007	Electronic Products Recycling Program Rule, Chapter 173-900 WAC.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte 2007	2007	Collection of WEEE from Designated Facilities, Code of Practice.	✓
França 2007	2007	General Requirements for Classified Installations Subject to Declaration - WEEE Handling, Ministerial Order, December.	✓
França 2007	2007	WEEE & RoHS Implementation, Environmental Code Articles R543-172 to 206.	✓
Itália Decreto 185/2007	2007	WEEE Decree.	✓
Malta Lei 63/2007	2007	Waste Management (Electrical and Electronic Equipment) Regulations, L.N.	✓
Croácia Lei 74/2007	2007	WEEE and RoHS Ordinance, OG.	✓
China Lei 40/2007	2007	Administrative Measures for the Prevention of Environmental Pollution by Electronic Waste, SEPA Order.	✓
China Norma GB/T 21097.1/2007	2007	Safety Use and Recycling of Household and Similar Electrical Appliances, General Requirements, Standard.	✓
Coreia do Sul Lei 8.405/2007	2007	Resource Recycling of Electrical and Electronic Equipment and Vehicles, Act.	✓
Estado do Amazonas (Brasil) PL 101/2008	2008	Projeto de lei para a coleta, reutilização, reciclagem ou destruição de disquetes de computador.	✗
Distrito Federal (Brasil) PL 886/2008	2008	Projeto de lei com proposta sobre reciclagem, gestão e eliminação de resíduos eletroeletrônicos.	✗
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 2.660/2008	2008	Projeto de Lei sobre logística reversa, reciclagem e eliminação de equipamento informático.	✗
Estado do Rio de Janeiro (Brasil) PL 1.800/2008	2008	Projeto de Lei para gestão de resíduos eletrônicos.	✗
Estado do Paraná (Brasil) Lei 15.851/2008	2008	Logística reversa e reciclagem de resíduos de produtos de tecnologia da informação.	✓
Mendoza (Argentina) PL 50.438/2008	2008	Projeto de Lei com proposta de coleta, tratamento e reciclagem de REEE.	✗
Mendoza (Argentina) PL 50.519/2008	2008	Projeto de Lei com proposta sobre a coleta e a reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos.	✗
Buenos Aires (Argentina) Lei 2.807/2008	2008	Gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos.	✓
Chile Resolução do Senado 1040-1012/2008	2008	Resolução para a promoção da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (e-waste).	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Colômbia Acordo novembro/2008	2008	Acordo de logística reversa de lâmpadas.	✓
Estados Unidos 2008	2008	Documento de melhor prática - Reciclagem responsável (R2) - Práticas responsáveis para uso em programas de certificação credenciada para recicladores de eletrônicos.	✓
Connecticut (Estados Unidos) 2008	2008	Electronic Waste Law, General Statutes Chapter 446n.	✓
Illinois (Estados Unidos) Lei do Senado 2.313/2008	2008	Electronic Products Recycling and Reuse Act.	✓
Kentucky (Estados Unidos) Resolução 76/2008	2008	Electronic Waste Disposal and Recycling.	✓
Michigan (Estados Unidos) Lei 897/2008	2008	Manufacturer Responsibility for Electronic Waste, Senate Bill.	✓
Missouri (Estados Unidos) Lei 720/2008	2008	Electronic Waste Recovery, Senate Bill, RSMo 260.1050 - 260.1101.	✓
Missouri (Estados Unidos) 2008	2008	Electronic Waste Recovery Plan Review Process, Draft Guidelines.	⊖
New Hampshire (Estados Unidos) 2008	2008	Commission to Study Electronic Waste Recycling, Act, Chapter 33.	✓
New Mexico (Estados Unidos) 2008	2008	Guidelines for Environmentally Preferable Electronics Procurement and Recycling by State Agencies, Senate Joint Memorial 11.	✓
Oklahoma (Estados Unidos) Lei 1.631/2008	2008	Computer Equipment Recovery Act, Senate Bill.	✓
Rhode Island (Estados Unidos) Lei 2.631/2008	2008	Electronic Waste Prevention, Reuse and Recycling, Senate Bill.	✓
Texas (Estados Unidos) 2008	2008	Computer Equipment Recycling Rules, TAC 328.131-155.	✓
Virginia (Estados Unidos) Lei 344/2008	2008	Computer Recovery and Recycling Act, House Bill.	✓
West Virginia (Estados Unidos) Lei 746/2008	2008	Takeback Program for Electronic Devices, Senate Bill.	✓
Flanders (Bélgica) 2008	2008	Takeback of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Agreement.	✓
Islândia Lei 1.104/2008	2008	Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Regulation.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Gana Lei LI 1932/2008	2008	Prohibition on Manufacture, Sale and Import of Incandescent Lamps and Sale and Import of Used Refrigerators, Freezers and Air Conditioners, Regulations.	✓
Índia 2008	2008	Management of e-Waste, Guidelines.	✓
China 2008	2008	Circular Economy Law.	✓
China Lei 551/2008	2008	Regulations on Waste Electrical and Electronic Equipment, Order.	✓
Austrália 2008	2008	Managing End-of-Life Televisions, Code of Practice, August.	✓
Brasil PL 5.860/2009	2009	Projeto de lei para coleta e reciclagem de lixo eletrônico.	⊖
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 335/2009	2009	Projeto de lei para a coleta, reuso e reciclagem de resíduo eletrônico.	⊖
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 616/2009	2009	Projeto de lei com proposta sobre a gestão dos resíduos eletroeletrônicos.	⊖
Estado de Goiás (Brasil) PL 1.169/2009	2009	Projeto de lei com proposta de coleta, reciclagem e eliminação de resíduos eletrônicos.	⊖
Cidade de Cascavel (Paraná, Brasil) Lei 5.359/2009	2009	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	✓
Cidade de Tubarão (Santa Catarina, Brasil) Lei 3.338/2009	2009	Coleta de resíduos eletrônicos.	✓
Estado do Espírito Santo (Brasil) Lei 9.163/2009	2009	Logística reversa e reciclagem de produtos que contenham metais pesados.	✓
Estado do Paraná (Brasil) Lei 16.075/2009	2009	Eliminação de artigos que contenham mercúrio metálico.	✓
Estado de Pernambuco (Brasil) Lei 13.908/2009	2009	Logística reversa e reciclagem de resíduo eletrônico.	✓
Cidade do Rio de Janeiro (Brasil) Lei 5.043/2009	2009	Responsabilidade do produtor de logística reversa e reciclagem de resíduos de computadores.	✓
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Lei 13.576/2009	2009	Reciclagem, gestão e eliminação de resíduo eletrônico.	✓
Argentina PL 1.023-D/2009	2009	Projeto de Lei com proposta sobre gestão dos resíduos de telefones celulares móveis.	⊖
Chaco (Argentina) PL 1.352/2009	2009	Coleta, reciclagem e eliminação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	⊖
Santa Fé (Argentina) Lei 12.973/2009	2009	Estabelecimento de um programa de reciclagem de computadores para as escolas.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Colômbia PL 69/2009	2009	Projeto de Lei para coleta de pilhas e resíduos eletrônicos.	
Colômbia PL 91/2009	2009	Projeto de Lei para a criação da Política Nacional de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).	
Ontário (Canadá) Julho/2009	2009	Plano de programa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) final revisto (Fase 1 e 2).	
Prince Edward Island (Canadá) 2009	2009	Regulação para reciclagem de materiais.	
Califórnia (Estados Unidos) Lei do Senado 63/2009	2009	Lei sobre a abolição do conselho de gestão integrada de resíduos da Califórnia.	
Califórnia (Estados Unidos) 2009	2009	List of Chemical Names and Common Names for Hazardous Wastes and Hazardous Materials, California Code of Regulations, title 22, division 4.5, chapter 11, appendix X, subsection (c) Electronic Wastes.	
Califórnia (Estados Unidos) 2009	2009	Universal Waste and Electronic Hazardous Waste Regulations, CCR Title 22 Chapters 10 and 23.	
Geórgia (Estados Unidos) Resolução do Senado 83/2009	2009	Study Committee on Green Information Technology.	
Hawaii (Estados Unidos) Lei do Senado 2.843/2009	2009	Electronic Waste Recycling Act.	
Indiana (Estados Unidos) Lei 1.589/2009	2009	Electronic Waste Act.	
Maine (Estados Unidos) MRSa 1610/2009	2009	Electronic Equipment Waste and Producer Responsibility Act 38.	
Mississippi (Estados Unidos) Lei 2.796/2009	2009	Act on Study for Recycling of State-Agency Generated Electronic Waste, Senate Bill.	
Nevada (Estados Unidos) Lei 426/2009	2009	Act on Study Concerning Programs for Reuse and Recycling of Electronic Devices, Assembly Bill.	
New Hampshire (Estados Unidos) 2009	2009	Disposal of Video Display Devices Act, N.H. RSA 149-M:4 XXVIII and -M:27 IV.	
New Hampshire (Estados Unidos) Lei 423/2009	2009	Outreach Campaign on Recycling Materials (including Electronic Waste), House Bill.	
Oregon (Estados Unidos) Dezembro/2009	2009	Electronic Product Recycling, E-Cycles Collection System, Final Standards.	
Utah (Estados Unidos) Resolução 4/2009	2009	Recycling of Electronic Waste, Senate Joint Resolution.	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Washington (Estados Unidos) 2009	2009	Electronic Product Recycling, WMMFA General Operating Plan.	✓
Washington (Estados Unidos) 2009	2009	Electronic Product Recycling, WMMFA Standard Plan.	✓
Washington (Estados Unidos) Novembro/2009	2009	Electronic Products Recycling Program Rule, Chapter 173-900 WAC, 2007 - Adjustment to Reasonable Cost of Recycling, Final Determination.	✓
Wisconsin (Estados Unidos) Lei 107/2009	2009	Electronic Waste Recycling Act, Senate Bill.	✓
Islândia Lei 357/2009	2009	Fees for Use of Collection Systems for Electronic Waste, Decision..	✓
Itália Lei 166/2009	2009	Implementation of Community Obligations, Law.	✓
Estônia Lei 135/2009	2009	Establishing National Register of Products of Concern and Waste, Regulation.	✓
Estônia Lei 21/2009	2009	Labelling of Electrical and Electronic Equipment, Regulation.	✓
Estônia Lei 65/2009	2009	Recovery, Recycling and Disposal of Waste Electrical and Electronic Equipment, Regulation.	✓
Uganda Lei 14/2009	2009	Prohibition on Import of Used Refrigerators, Freezers, Computers and TVs, Act.	✓
China Norma GB/T 23685/2009	2009	Technical Specifications for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Recovery, Standard.	✓
Brasil Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei 12.305/2010	2010	Dispõe sobre a gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, incluídos os REEE.	✓
Brasil Projeto de Resolução/2010	2010	Proposta de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	–
Estado de Goiás (Brasil) PL 92/2010	2010	Projeto de lei com proposta sobre reciclagem de resíduos eletrônicos.	–
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 4.682/2010	2010	Projeto de Lei para coleta e reciclagem de telefones móveis.	–
Estado de São Paulo (Brasil) PL 768/2010	2010	Projeto de Lei com proposta de coleta de resíduos eletrônicos.	–
Estado de São Paulo (Brasil) PL 229/2010	2010	Projeto de Lei com proposta sobre os resíduos eletrônicos.	–
Cidade de Curitiba (Paraná, Brasil) Lei 13.509/2010	2010	Tratamento e eliminação de resíduos especiais.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Cidade de Lins (São Paulo, Brasil) Lei 5.332/2010	2010	Coleta, reutilização e reciclagem de resíduos eletrônicos.	✓
Cidade de Teresina (Piauí, Brasil) Lei 3.924/2010	2010	Coleta, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos eletrônicos.	✓
Estado do Maranhão (Brasil) Lei 9.291/2010	2010	Coleta e eliminação de resíduos eletrônicos, lâmpadas e baterias.	✓
Estado do Mato Grosso do Sul (Brasil) Lei 3.970/2010	2010	Reciclagem e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	✓
Estado da Paraíba (Brasil) Lei 9.129/2010	2010	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	✓
Estado de Rio Grande do Sul (Brasil) Lei 13.533/2010	2010	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	✓
Cidade de Santos (São Paulo, Brasil) Lei 2.712/2010	2010	Coleta e eliminação de resíduos de equipamentos eletrônicos.	✓
Argentina Projeto de Resolução 2.040-D/2010	2010	Programa Nacional de Tratamento de resíduos electrónicos.	–
Argentina PL 4.064-D/2010	2010	Projeto de Lei com proposta de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	–
Argentina PL 4.395-D/2010	2010	Projeto de Lei com proposta de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	–
Argentina PL 5.294-D/2010	2010	Projeto de Lei com proposta para reciclagem de telefones celulares.	–
Córdoba (Argentina) PL 4.716/L/2010	2010	Projeto de Lei com proposta sobre a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	–
Rio Negro (Argentina) PL 221/2010	2010	Projeto de Lei com proposta sobre a reciclagem e reutilização de resíduos eletrônicos.	–
Chile Acordo Voluntário Público-Privado/2010	2010	Acordo para a gestão sustentável dos resíduos de computadores.	✓
Costa Rica Decreto 35.933-S/2010	2010	Gestão de resíduos eletrônicos.	✓
Colômbia Resolução 1.512/2010	2010	Resolução para estabelecer um Sistema Nacional de Coleta Seletiva e gestão de resíduos de computador e/ou periféricos.	✓
British Columbia (Canadá) Fevereiro/2010	2010	Coleta e plano de reciclagem para baterias e telefones móveis.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
EPSC (Electronics Product Stewardship Canada) Norma Outubro/2010	2010	Normatização do Programa de qualificação de recicladores de produtos eletrônicos em fim de vida.	✓
Manitoba (Canadá) Agosto/2010	2010	Plano de administração de equipamentos elétricos e eletrônicos.	✓
Manitoba (Canadá) Lei 17/2010	2010	Lei para administração de Equipamento Elétrico e Eletrônico.	✓
Connecticut (Estados Unidos) Junho/2010	2010	Electronic Device Recycling, Regulations.	✓
Louisiana (Estados Unidos) Resolução 262/2010	2010	Establishment of Electronic Recycling and Reuse Task Force, House Concurrent Resolution.	✓
Maine (Estados Unidos) 2010	2010	Reasonable Costs for Handling and Recycling of Electronic Wastes Final Rule of 2005, 06-096 CMR 415.	✓
Missouri (Estados Unidos) CSR 25-19.010/2010	2010	Electronics Scrap Management, Rule, 10.	✓
New York (Estados Unidos) Lei 11.308/2010	2010	Electronic Equipment Recycling and Reuse, Assembly Bill.	✓
Oklahoma (Estados Unidos) 2010	2010	Electronic Waste Recycling Rules, 252:515-39.	✓
Pennsylvania (Estados Unidos) Lei 708/2010	2010	Covered Device Recycling Act, House Bill.	✓
South Carolina (Estados Unidos) Lei 4.093/2010	2010	Takeback of Electronic Equipment Act, House Bill.	✓
Vermont (Estados Unidos) Lei 77/2010	2010	Electronic Waste Recycling and Disposal, Senate Bill.	✓
Virginia (Estados Unidos) 2010	2010	Cathode Ray Tubes and Mercury Thermostat Recycling, Va. Code 10.1-1425.26.	✓
West Virginia (Estados Unidos) Lei 273/2010	2010	Approval of Covered Electronic Devices Takeback Program Rule 33 CSR 11, Senate Bill.	✓
West Virginia (Estados Unidos) 2010	2010	Covered Electronic Devices Takeback Program, Legislative Rule, CSR 33-11.	✓
Wallonia (Bélgica) 2010	2010	Takeback of Certain Wastes Including WEEE and Batteries, Order.	✓
Wallonia (Bélgica) 2010	2010	Takeback of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Agreement.	✓
Itália Lei 25/2010	2010	Extension of Deadlines for Legal Requirements, Law.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Itália 2010	2010	Relationship between Distributors and Managers of WEEE Collection Facilities, Memorandum of Understanding, June.	✓
Eslovênia Lei 110/2010	2010	Environmental Tax for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Order 5824, UL.	✓
Sérvia 2010	2010	Fees and Reporting Requirements for Products Generating Special Waste, Regulation, August.	✓
Sérvia 2010	2010	Management of Waste from and Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Regulation, December.	✓
Albânia 2010	2010	Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Draft Decision, July.	⚠
Eslováquia Decreto 315/2010	2010	WEEE Management and RoHS Exemptions, Ministerial Decree.	✓
Romênia Lei 1.037/2010	2010	Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Decision.	✓
Uganda 2010	2010	Electronic Waste Management Policy, June.	✓
Tamil Nadu (Índia) Lei 18/2010	2010	State Policy on Electronic Waste, G.O.Ms.	✓
China Lei 35/2010	2010	Customs HS Tariff Codes for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Catalogue, Announcement.	✓
China Lei 84/2010	2010	Guidelines on Creation of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Data Information Management System, Notice.	✓
China Lei 82/2010	2010	Guidelines on Creation of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Recovery Processing Development Plan, Notice.	✓
China Lei 83/2010	2010	Guidelines on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Auditing, Notice.	✓
China Decreto 13/2010	2010	Management of Permits for Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Decree.	✓
China Norma HJ527/2010	2010	Technical Specification for Processing of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Standard.	✓
China Lei 24/2010	2010	Waste Electrical and Electronic Equipment Catalogue, Notice.	✓
Taiwan 2010	2010	Scope, Facilities, Specifications and Other Criteria for Electrical and Electronic Product Vendors Required to Install Recycling Facilities, Announcement.	✓
Malásia 2010	2010	Classification of Used Electrical and Electronic Equipment, Guidelines, 2nd Edition.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Brasil PL 2.045/2011	2011	Projeto de lei para coleta e eliminação ecologicamente correta dos resíduos eletrônicos.	
Estado do Amazonas (Brasil) PL 158/2011	2011	Projeto de lei sobre a reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	
Estado da Bahia (Brasil) PL 19.299/2011	2011	Projeto de lei para o gerenciamento de resíduos eletrônicos.	
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 66/2011	2011	Projeto de lei Waste Electrical and Electronic Equipment.	
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 1.430/2011	2011	Projeto de Lei para coleta e reciclagem de telefones móveis.	
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 977/2011	2011	Projeto de Lei para reciclagem e descarte dos resíduos eletroeletrônicos.	
Estado do Paraná (Brasil) PL 304/2011	2011	Projeto de Lei sobre a reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	
Estado do Rio de Janeiro (Brasil) PL 102/2011	2011	Projeto de Lei para gestão de resíduos eletrônicos.	
Estado do Tocantins (Brasil) PL 42/2011	2011	Projeto de Lei sobre a gestão da reciclagem e descarte dos resíduos eletroeletrônicos.	
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Resolução SMA 11/2011	2011	Revoga as resoluções sobre o Programa de Manejo de Produtos para produtos geradores de resíduos com significativos impactos ambientais.	
Argentina PL 46-D/2011	2011	Proposta de quadro de gestão de resíduos elétricos e eletrônicos.	
Buenos Aires (Argentina) Lei 14.321/2011	2011	Gestão sustentável de resíduos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Buenos Aires (Argentina) Resolução 101/2011	2011	Gestão sustentável de resíduos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Buenos Aires (Argentina) Decreto 627/2011	2011	Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) provenientes de escritórios públicos.	
Chile PL 7.609/2011	2011	Projeto de Lei versa sobre a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Quebec (Canadá) Dezembro/2011	2011	Plano de manejo de equipamentos elétricos e eletrônicos em fim de vida.	
Quebec (Canadá) Q-2, r. 40.1/2011	2011	Lei sobre recuperação de produtos pelas empresas.	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Saskatchewan (Canadá) Março/2011	2011	SWEEP Programa de Gestão de Produtos para resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, Plano de Programa.	✓
North Carolina (Estados Unidos) 2011	2011	An Act to Prohibit the Disposal of Certain Items in Landfills, G.S. 130A-290, 130A-309.10(f), 130A-309.10.	✓
Santa Clara (Califórnia, Estados Unidos) 2011	2011	Establishing Minimum Standards for E-waste Recycling, Code of Ordinances, B11-520 to 524.	✓
Texas (Estados Unidos) Lei 329/2011	2011	Television Equipment Recycling Act, Senate Bill.	✓
Utah (Estados Unidos) Lei 184/2011	2011	Electronic Waste Reporting and Public Education, Senate Bill.	✓
México NOM-161-SEMARNAT/2011	2011	Criteria for Development of Special Waste Management Plans, Standard.	✓
Dinamarca Lei 1.296/2011	2011	Handling of Waste Electrical and Electronic Equipment.	✓
Irlanda Lei SI 355/2011	2011	European Communities (Waste Electrical and Electronic Equipment) Regulations.	✓
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte Lei PAS 141/2011	2011	Reuse of WEEE and Used Electrical and Electronic Equipment, Specification.	✓
Portugal Lei 8.002/2011	2011	Determination of Annual Fee Payable to WEEE Managing Entity, Order.	✓
Romênia Lei 2.264/2011	2011	Approving the Methodology for Calculating the Annual Rate of Separate Collection of WEEE, Order.	✓
Romênia Lei 1.441/2011	2011	Methodology for Providing a Financial Guarantee for Manufacturers of Electrical and Electronic Equipment, Order.	✓
Bulgária Decreto 76/2011	2011	Amending Certain Legislation including on Waste Packaging, Vehicles, Batteries, Electrical and Electronic Equipment, Decree.	✓
Letônia Lei 323/2011	2011	Data Registration and Fee Obligations for Electronic Equipment and Battery Manufacturers, Regulation.	✓
Letônia Lei 897/2011	2011	Electrical and Electronic Equipment Waste Management, Regulation.	✓
Letônia Lei 861/2011	2011	Waste Electrical and Electronic Equipment Categories and Labeling Information Requirements, Regulation.	✓
Gana 2011	2011	Hazardous and Electronic Waste Control and Management, Draft Law.	⊖
Nigéria Lei S.I. 23/2011	2011	National Environmental (Electrical and Electronic Sector) Regulations.	✓
Índia Lei 1035 (E)/2011	2011	E-waste (Management and Handling) Rules, Statutory Order, May	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Butão 2011	2011	Waste Prevention and Management Act, 2009 of Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEELABEX Standard Version 9.0, May.	✓
Austrália 2011	2011	Collection, Transport and Recycling of End of Life (EOL) Televisions and Computers, Interim Industry Standard, May.	✓
Austrália Lei 200/2011	2011	Product Stewardship (Televisions and Computers), Regulation.	✓
Brasil PL 3.472/2012	2012	Projeto de lei para o uso obrigatório de materiais reciclados em equipamentos elétricos e eletrônicos	⊖
Brasil Projeto de Norma/2012	2012	Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos - Requisitos para a atividade manufatureira reversa.	✓
Estado do Acre (Brasil) Lei 2.539/2012	2012	Coleta de REEE e programa de reciclagem.	✓
Cidade de Florianópolis (Santa Catarina, Brasil) Lei 8.806/2012	2012	Gestão e eliminação de resíduo eletrônico.	✓
Estado do Rio Grande do Norte (Brasil) PL 60/2012	2012	Projeto de Lei para o descarte adequado de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	⊖
Estado do Espírito Santo (Brasil) Lei 9.941/2012	2012	Coleta, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.	✓
Cidade de Manaus (Amazonas, Brasil) Lei 1.705/2012	2012	Gestão dos resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE).	✓
Cidade de Porto Alegre (Brasil) Lei 11.384/2012	2012	Gestão dos resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE).	✓
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Resolução SMA 11/2012	2012	Resolução sobre o processo de logística reversa de telefones móveis.	✓
Argentina PL 5.802-D/2012	2012	Proposta de luta contra a obsolescência planejada em equipamentos eletrônicos.	⊖
Argentina PL 1.433-D/2012	2012	Proposta sobre a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	⊖
Argentina PL 4.845-D/2012	2012	Proposta sobre a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	⊖
Argentina Projeto de Declaração 3.370-D/2012	2012	Pedido ao executivo para regular a reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	⊖
Catamarca (Argentina) PL 363/2012	2012	Projeto de Lei para o estabelecimento de Programa de Tratamento de Resíduos de equipamentos eletrônicos e Informática (RAEI).	⊖
Córdoba (Argentina) PL 9.905/L/2012	2012	Projeto de Lei sobre gestão, manutenção, tratamento e disposição final de REEE.	⊖

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Mendoza (Argentina) PL 62.776/2012	2012	Projeto de Lei para o estabelecimento de um quadro regulamentar para o uso e destino de resíduos eletroeletrônicos gerados pelo avanço da tecnologia atual.	
Buenos Aires (Argentina) PL E-199/2012	2012	Gestão sustentável dos equipamentos elétricos e eletrônicos e os seus resíduos.	
Chubut (Argentina) Lei XI-56/2012	2012	Estabelece um programa de coleta de REEE.	
Bolívia NB 69.018/2012	2012	Norma com definições e classificação dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Bolívia NB 69.019/2012	2012	Norma para a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	
La Paz (Bolívia) PL Maio/2012	2012	Projeto de regulamento para a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Peru Resolução 83/2012/CNB/INDECOPI	2012	Aprovação das normas técnicas peruanas de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	
Peru Decreto 001/2012/MINAM	2012	Aprova o regulamento sobre administração e gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	
Peru NTP 900.065/2012	2012	Norma técnica para gestão de resíduos eletrônicos.	
Peru NTP 900.064/2012	2012	Norma técnica com visão geral da administração de REEE.	
Equador Acordo Ministerial 190/2012	2012	Acordo ministerial define a Política Nacional de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).	
Equador Acordo Ministerial 191/2012	2012	Instruções para a reciclagem de telefones celulares pós-consumo.	
Nova Scotia (Canadá) Revisão 3-Fevereiro/2012	2012	Plano de reciclagem de eletrônicos.	
Prince Edward Island (Canadá) Fevereiro/2012	2012	Manejo de produtos eletrônicos em fim de vida, Plano de Programa, Revisão 1.	
Califórnia (Estados Unidos) Lei do Senado 1.018/2012	2012	Omnibus Environmental Management Act.	
Colorado (Estados Unidos) Lei do Senado 133/2012	2012	Electronic Device Disposal Ban.	
Hawaii (Estados Unidos) Lei do Senado 2.822/2012	2012	Electric Device Recycling Task Force Act.	
Louisiana (Estados Unidos) Resolução 83/2012	2012	Request for DEQ to Study Electronic Waste Recycling, Senate Resolution.	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
New Jersey (Estados Unidos) 2012	2012	Electronic Waste Management Rules, N.J.A.C. 7:26A-13.	✓
Oregon (Estados Unidos) Junho/2012	2012	Electronic Products Recycling, E-Cycles Registration Fee Determination, Rules, OAR 340-098.	✓
Texas (Estados Unidos) 2012	2012	Television Equipment Recycling Program, Rules, 30 TAC 328J.	✓
Vermont (Estados Unidos) Maio/2012	2012	Electronic Waste Standard Plan.	✓
West Virginia (Estados Unidos) Junho/2012	2012	Covered Electronic Devices Recycling, Proposed Legislative Rule, CSR 33-12.	✓
Brussels Capital Region (Bélgica) 2012	2012	Takeback of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Agreement.	✓
Flanders (Bélgica) Decreto 17/2012	2012	Regulation on Sustainable Management of Material Cycles and Waste Materials (VLAREMA).	✓
França 2012	2012	Licenses for Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Ministerial Order, June.	✓
Andalusia (Espanha) Decreto 73/2012	2012	Approving Waste Regulation, Decree.	✓
Bósnia e Herzegovina 2012	2012	Waste Management of Electrical and Electronic Products, Regulation.	✓
Montenegro 2012	2012	Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Decree, April.	✓
Hungria Decreto 443/2012	2012	Waste Management of Electrical and Electronic Equipment, Decree.	✓
Bulgária Decreto 355/2012	2012	Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Decree.	✓
Macedônia 2012	2012	Management of Waste Electrical and Electronic Equipment Law.	✓
Macedônia 2012	2012	Marking of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Regulation, June.	✓
Macedônia 2012	2012	Registration and Maintenance of Registry of Electrical and Electronic Equipment, Regulation, August.	✓
Macedônia 2012	2012	Types of Products Belonging to Categories of Electrical and Electronic Equipment, List, August.	✓
Belarus Decreto 313/2012	2012	Concerning Certain Issues on Consumer Waste Management, Decree.	✓
Belarus Resolução 16/2012	2012	Finance and Registration for Consumer Waste Management under Decree No. 313, 2012, Resolution.	✓

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Belarus Resolução 708/2012	2012	Measures to Implement Consumer Waste Management under Decree No. 313, 2012, Resolution.	✓
Belarus Resolução 1.236/2012	2012	Procedure for Management of Consumer Waste Management Fund and Compensation for Legal Entities, Resolution.	✓
Belarus Resolução 39/2012	2012	Procedure for Organizing the Collection, Disposal, and Re-use of Waste Products and Packaging, Resolution.	✓
Turquia 2012	2012	Control of Waste Electrical and Electronic Equipment, Regulations, May.	✓
Israel 2012	2012	Exclusion of Low Volume Manufacturers, Importers and Retailers under Environmental Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).	✓
Israel 2012	2012	Environmental Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Law.	✓
Jordânia 2012	2012	Waste Electrical and Electronic Equipment, Draft Technical Regulation, May.	⊖
Camarões Lei 5/2012	2012	Management of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Order, October	✓
China 2012	2012	Administrative Measures for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Recycling, Draft Notice, December.	⊖
China Lei 34/2012	2012	Administrative Measures for Waste Electrical and Electronic Equipment Treatment Fund, Notice.	✓
China Lei 102/2012	2012	Approval of Enterprises for Imported Waste Electrical and Electronic Equipment Treatment in 2013, Notice.	✓
China Lei 80/2012	2012	Clarifying Scope of Products for the Waste Electrical and Electronic Products (WEEE) Treatment Fund, Notice.	✓
Japão 2012	2012	Promotion of Recycling of Small Waste Electrical and Electronic Equipment, Draft Law, December.	⊖
Austrália/Nova Zelândia Norma AS/NZS 5377/2012	2012	Collection, Storage, Transport and Treatment of Used Electrical and Electronic Equipment, Draft Standard, March.	✓
Brasil Aviso 01/2013	2013	Chamada para o desenvolvimento do acordo setorial para a implantação de Sistema de Logística Reversa para Produtos Eletroeletrônicos e Componentes.	✓
Brasil Norma ABNT NBR 16.156/2013	2013	Requisitos para a atividade manufatureira reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.	✓
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 497/2013	2013	Projeto de Lei para a instalação de pontos de coleta de resíduos eletrônicos.	⊖

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Estado de Minas Gerais (Brasil) DN 118/2013	2013	Deliberação Normativa com disposições gerais e um calendário para consultas sobre os sistemas de logística reversa dos REEE e resíduos especiais.	
Chaco (Argentina) PL 1.942/2013	2013	Projeto de Lei que estabelece o programa de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	
La Rioja (Argentina) PL 9.373/2013	2013	Projeto de Lei para um programa de reciclagem de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.	
Misiones (Argentina) PL D-39.874/13	2013	Projeto de Lei sobre gestão de resíduos eletrônicos.	
San Juan (Argentina) Lei 8.362/2013	2013	Estrutura para a gestão de equipamentos de informática descartados e resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).	
Peru Resolução 27/2013/SBN	2013	Aprovação da Diretiva 003-2013/SBN para a gestão adequada da propriedade estatal classificada como REEE.	
Colômbia Lei 1.672/2013	2013	Política Nacional de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE).	
Nova Scotia (Canadá) Lei revisada Agosto/2013	2013	Programa de manejo de produtos eletrônicos – taxa ambiental de manuseio (EHF), relatórios e regras de remessas.	
Ontário (Canadá) 2013	2013	Regra de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) revista.	
Colorado (Estados Unidos) 2013	2013	Waste Product Disposal Restrictions, Final Draft Regulations, 6 CCR 1007-2 Part 1 Section 16.	
Massachusetts (Estados Unidos) PL 803/2013	2013	Proposal on Electronic Waste Producer Responsibility, House Bill.	
Massachusetts (Estados Unidos) PL 357/2013	2013	Proposal on Electronic Waste Producer Responsibility, Senate Bill.	
Massachusetts (Estados Unidos) PL 386/2013	2013	Proposal on Information Technology Producer Responsibility, Senate Bill.	
Nebraska (Estados Unidos) PL 454/2013	2013	Proposal on Electronics Extended Producer Responsibility, Legislative Bill.	
Rhode Island (Estados Unidos) Junho/2013	2013	Administration and Enforcement of the Electronic Waste Prevention, Reuse and Recycling Act, Draft Regulations.	
Suíça Junho/2013	2013	Return, Recovery and Disposal of Electrical and Electronic Equipment, Draft Ordinance.	
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte 2013	2013	Waste Electrical Electronic and Equipment (WEEE), Draft Regulations.	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Bulgária Decreto 256/2013	2013	Adopting Waste Electrical and Electronic Equipment Ordinance, Decree.	
Ucrânia Lei 15/2013	2013	Approving Guidelines for the Collection of Waste Electrical and Electronic Equipment, Order, January.	
Ucrânia 2013	2013	Approving Technical Regulation on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Draft Resolution, September.	
Israel 2013	2013	Recognition as Responsible Company to Fulfill Manufacturers' or Importers' Duties under the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Law, Procedure, April.	
Índia 2013	2013	Electronic Waste (Handling and Disposal) Draft Law.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste Copiers, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste CRT Televisions and Display Devices, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste Desktop Microcomputers, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste LCD Televisions and Display Devices, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste PDP Televisions and Display Devices, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste Portable Microcomputers, Draft Standard, November.	
China 2013	2013	Requirements of Disassembly and Treatment for Waste Printers, Draft Standard, November.	
Taiwan Lei 1020066974/2013	2013	Scope of Products and Packages Subject to Recycling and Responsible Persons, Announcement..	
Vietnã Lei 50/QD-TTg/2013	2013	Regulations on the Recovery, Processing and Disposal of Waste Products, Decision.	
Filipinas Lei 911/2013	2013	Proposal on E-waste and Cellular Phones Recycling, Senate Bill.	
Israel 2014	2014	Reduction of Financial Sanctions and Payment Methods under the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Law, Regulation, March.	
Brasil PL 2.940/2015	2015	Projeto de Lei para a gestão e eliminação de resíduos eletrônicos (REEE).	

Ação governamental	Ano de publicação	Resumo	Status
Estado do Amazonas (Brasil) Lei 247/2015	2015	Reciclagem, gestão e eliminação de resíduos eletrônicos.	
Estado de São Paulo (Brasil) Resolução SMA 45/2015	2015	Resolução com orientações sobre logística reversa.	
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte 2015	2015	On WEEE Regulations SI 2006/3289, Repic and others v. Secretary of State for Business Enterprise and Regulatory Reform and others, Case [2009] EWHC (Admin).	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no *StEP E-waste World Map*.

APÊNDICE C –
Questionário aplicado nas entrevistas

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

- 1) Nome da empresa.
- 2) Planta da cidade.
- 3) Ano de fundação.
- 4) Breve histórico da empresa (origem/formação dos proprietários, a origem da empresa/fundadores, evolução, principais clientes ao longo do tempo).
- 5) Como a empresa está organizada atualmente? Favor desenhar organograma.
- 6) Principais produtos/atividades da empresa.
- 7) Número de funcionários e faturamento da empresa.
- 8) Origem do capital da empresa.
- 9) Principais clientes.
- 10) Como a empresa tem acesso à matéria-prima que utiliza? Ela trabalha com catadores? Realiza treinamento?
- 11) Principais concorrentes por tipo de produtos/serviços no Brasil e no exterior? Como a empresa se posiciona em relação e eles?
- 12) Principais fornecedores.
- 13) Evolução do investimento da empresa (em US\$) e como % do faturamento.
- 14) A empresa tem planos de investimento para os próximos anos?
- 15) Quais são os principais fatores de competitividade nos mercados em que a empresa atua? (por ex., preço, qualidade, prazo de entrega, diferenciação dos produtos/serviços, capacitação tecnológica, etc.).
- 16) A empresa mantém algum tipo de contato (interação, troca de experiência, etc.) com outras empresas que atuam neste mesmo ramo de atividade?
- 17) Quais as principais dificuldades para o desempenho das suas atividades no Brasil?

PRODUÇÃO – TECNOLOGIA DE PRODUTO E PROCESSO

I) Equipamentos

- 18) Quais as máquinas e onde foram adquiridas (de que empresas?).
- 19) A empresa se utilizou de algum financiamento público para a aquisição destes equipamentos? Se sim, qual(is)?

II) Tecnologia

- 20) Qual a origem (país, fabricante) da tecnologia utilizada no processamento do REEE?
- 21) Possui propriedade industrial depositada/concedida (desenho industrial, patente, marca)?
- 22) Qual o nome e a função das tecnologias utilizadas?
- 23) Em qual(is) processo(s) a tecnologia é utilizada?

III) Processo produtivo

- 24) Quais as etapas do processamento dos REEE?
- 25) Tais processamentos compreendem todas as etapas do ciclo de vida dos REEE? Se não, quais etapas não são realizadas? Por quais razões? Há planos de internalizar estas etapas?
- 26) Qual montante de REEE (em toneladas) é processado por período de tempo?

IV) Certificações

- 27) A empresa possui alguma certificação ambiental ou de qualidade? Quais? Por quê?

V) Recursos Humanos

- 28) Quais as principais características dos recursos humanos da empresa?
- 29) Qual a origem da mão-de-obra (favor comentar a região de origem, a experiência anterior em termos de ramos de atividade e de tamanho das empresas de origem da mão-de-obra)?
- 30) A empresa oferece alguma atividade de treinamento para seus empregados?
- 31) Quais os critérios de seleção de pessoal utilizados pela empresa?

VI) Relação Inter-Firmas

- 32) Quais são os principais clientes da empresa? Quais os produtos/serviços comprados por eles? Qual o ano de início da contratação da empresa por cada um dos clientes mencionados? Qual o percentual do faturamento da empresa proveniente das vendas a cada um dos principais clientes?
- 33) Que tipo de contrato sua empresa possui com seus principais clientes? Exemplificar.

APÊNDICE D –

Expositores e tecnologias de gestão de REEE na Feira Ecomondo (2014)

NOME	SEDE	TECNOLOGIA
1. A. & G. SRL Tecnologie e Soluzioni per la Tutela Dell'ambiente	Itália	Landfill: equipment and plant, Set-up and management of disposal, treatment and recycling plants, Electrical and electronic equipment salvage
2. A.T. Ricambi Di Tassi Alessandro	Itália	Catalysers, Salvaged and recycled material, Electrical and electronic equipment salvage
3. Adriatica Green Power SPA	Itália	Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment
4. Bano International SRL	Itália	Shears, Conveyor belts, Sterilizers, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Treatment and disposal of infectious medical waste , Shredders/crushers, Screens
5. Camec SRL - Genius Division	Itália	Container emptying devices, Plastic recycling systems, Plants for differentiated selection, Can crushing and collection machines, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers
6. Camoter International SRL	Itália	Industrial loaders, Composting plants and equipments, Electrical and electronic component treatment, Shredders/crushers, Screens
7. Centro Di Coordinamento RAEE	Itália	Associations and Consortiums, Electrical and electronic equipment salvage, Waste Collection Services management
8. Ecodreaming SRL	Itália	Commercialization of recycled products, Salvage of products containing mercury, Electrical and electronic equipment salvage, Battery salvage, regeneration and refill of toner and ink-jet
9. Ecolight	Itália	Associations and Consortiums, Salvaged and recycled material, Electrical and electronic equipment salvage, Battery salvage, Transport service
10. Ecologia Oggi SPA	Itália	Land reclamation: plants and equipments, Collection platform management, Industrial purification plants, Underground eco-points, Electrical and electronic equipment salvage, Sterilizers, Heat treatment, Special and hazardous waste treatment
11. Eldan Recycling A/S	Dinamarca	Equipment for scrap and waste, Electrical and electronic equipment salvage, Tyre salvage, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers.

NOME	SEDE	TECNOLOGIA
12. Eurven SRL	Itália	Biological waste treatment, Compacters, Special containers for differentiated collection, Plants for differentiated selection, Can crushing and collection machines, Salvaged and recycled material, Paper and cardboard salvage, Aluminium salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Organic waste salvage, Battery salvage, Plastic salvage, Waste Collection Services management, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment
13. Forrec SRL	Itália	Equipment for scrap and waste, Plastic recycling systems, Conveyor belts, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Special and hazardous waste treatment, Treatment and disposal of infectious medical waste , Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers
14. Fraunhofer Umsicht Institute Branch Sulzbach-Rosenberg	Alemanha	Biological waste treatment, Waste-to-energy: gasification, pyrocleaning, and thermo-catalytic cracking, Electrical and electronic equipment salvage, Organic waste salvage
15. Geos Environment SRL	Itália	Land reclamation: plants and equipments, Evaluation and monitoring contaminated sites, Asbestos decontamination, Set-up and management of disposal, treatment and recycling plants, Electrical and electronic equipment salvage, Tyre salvage, Industrial reclamation, Differentiated waste collection service, Environmental Consultancy and Engineering services , EE component treatment
16. Giglio SRL	Itália	Catalysers, Waste Collection Services management, Electrical and electronic component treatment
17. Grassano S.P.A	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Mineral oil salvage, Animal and vegetable oil salvage, Wood salvage, Ferrous metal salvage
18. Gruppo Mercantile Servizi SRL	Itália	Commercialization of recycled products, Demolition companies, Electrical and electronic equipment salvage, Waste Collection Services management, Recyclable material treatment
19. Guidetti SRL	Itália	Crushing: fixed and mobile equipment, Aluminium salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage, Shredders/crushers
20. Hamos GMBH	Alemanha	Aluminium salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Non-ferrous metal salvage, Plastic salvage
21. I.S.V.E. SRL	Itália	Washing plants, Plastic salvage, Tyre salvage, Electrical and electronic component treatment, Shredders/crushers
22. Immark Italia SRL	Itália	Set-up and management of disposal, treatment and recycling plants, Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Non-ferrous metal.

NOME	SEDE	TECNOLOGIA
23. Invemet SRL	Itália	Catalysers, Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage
24. Invemet Sud SRL	Itália	Catalysers, Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage
25. Italia Recycling System SRL	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage, Separators, Recyclable material treatment, Shredders/crushers
26. Italimpianti Orafi SPA	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage, Battery salvage
27. Italproget SRL	Itália	Mechanical-Biological Treatment: plants and equipments, Composting plants and equipments, Landfill: equipment and plant, Plastic recycling systems, Plants for differentiated selection, Conveyor belts, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Screens
28. Montalbano SRL	Itália	Equipment for industrial plants demolition, Plants for differentiated selection, Set-up and management of disposal, treatment and recycling plants, Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Non-ferrous metal salvage, EE component treatment, Shredders/crushers, Vibrating screens
29. MTB Recycling	França	Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers, Vibrating screens
30. O2 Saving SRL	Itália	Battery salvage, Hazardous waste disposal, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Special and hazardous waste treatment
31. Orim SPA	Itália	Catalysers, Electrical and electronic equipment salvage, Non-ferrous metal salvage, Battery salvage, Hazardous waste disposal, Chemical/physical waste treatment, Special and hazardous waste treatment
32. Orion SRL	Itália	Plants for differentiated selection, Paper and cardboard salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Plastic salvage, Separators
33. Panizzolo Group	Itália	Aluminium salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Tyre salvage, Derelict vehicle salvage, Electrical and electronic component treatment, Recyclable material treatment, Special and hazardous waste treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers
34. Pellenc Selective Technologies	França	Waste analysis and classification: measurement and equipment, Plastic recycling systems, Separators, Electrical and electronic component treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment

NOME	SEDE	TECNOLOGIA
35. Polirecuperi SRL	Itália	Paper and cardboard salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Wood salvage, Ferrous metal salvage, Non-ferrous metal salvage, Recyclable material treatment
36. Quantanalitica SRL	Itália	Soil analysis: measurement and equipment, Waste analysis and classification: measurement and equipment, Land reclamation: plants and equipments, Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Battery salvage
37. REFRI SRL	Itália	EE equipment salvage, Ferrous metal salvage, Electrical and electronic component treatment
38. Satrindtech SRL	Itália	EE component treatment, Recyclable material treatment, Special and hazardous waste treatment, Mechanical and sorting treatment: plants and equipment, Shredders/crushers
39. Saubermacher Dienstleistungs AG	Áustria	Incineration, Waste-to-energy: gasification, pyrocleaning, and thermo-catalytic cracking, Battery salvage, Microbiological treatment
40. SIM Green SRL	Itália	Electrical and electronic equipment salvage
41. Slayer Blades SRL	Itália	Mechanical-Biological Treatment: plants and equipments, Shears, Blades/cutters, Electrical and electronic component treatment, Shredders/crushers
42. Società Italiana Ambiente Ecologia SRL	Itália	Salvaged and recycled material, Electrical and electronic equipment salvage, Battery salvage, Industrial reclamation, Waste transport by road
43. Stena Technoworld SRL	Itália	Electrical and electronic equipment salvage
44. Terracube SRL	Itália	Special containers for differentiated collection, Electrical and electronic equipment salvage, regeneration and refill of toner and ink-jet, Waste transport by road, Electrical and electronic component treatment
45. Tred Carpi SRL	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Electrical and electronic component treatment
46. Tred Livorno SPA	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Electrical and electronic component treatment
47. Tribiano TRE SRL	Itália	Electrical and electronic equipment salvage, Ferrous metal salvage, Non-ferrous metal salvage, Battery salvage, Electrical and electronic component treatment
48. Valcart SNC DEI F.LLI Albertinelli & C.	Itália	Commercialization of recycled products, Derelict vehicle salvage, Hazardous waste disposal, EE component treatment, Asbestos treatment
49. Violi SRL	Itália	Compactors, Mixers, Aluminium salvage, Electrical and electronic equipment salvage, Shredders/crushers
50. WRS Italia SRL	Itália	Blades/cutters, Conveyor belts, EE component treatment, Mechanical and sorting treatment (Shredders/crushers).

Fonte: Elaboração própria baseada em coleta de dados no site oficial da Ecomondo.com (2014).

APÊNDICE E –

Expositores e tecnologias de gestão de REEE na Feira RWM Brasil (2014)

NOME	TECNOLOGIA
Hammel Recyclingtechnik GmbH	Trituradores
Lindner	Triturador móvel.
Stadler	Planta automática de separação de resíduos: (1) rasga-saco; (2) triturador primário; (3) pré-triagem manual; (4) peneira giratória; (5) separador balístico; (6) classificação de ar; (7) separador magnético; (8) separador por indução; (9) separador óptico NIR; (10) bunker de armazenamento; (11) prensa para embalagem; (12) triturador secundário.
Steinert	Sistemas de separação de resíduos: (1) extrator magnético suspenso (utiliza bobinas de alumínio anodizado - Anofol®); (2) separador de metais não ferrosos Eddy Current; (3) sistema de separação por indução (ISS®); (4) sistema UniSort® NIR (utiliza a tecnologia para tratamento de imagem HSI (Hyper Spectral Imaging)); (5) sensor laser 3D; (6) tambor magnético (MT); (7) FinesMaster (junção de dois sistemas modulares: separador magnético de dois estágios (MRB) e separador de metais não ferrosos (NES)); (8) sistema de separação por raio X (XSS®).
Tomra Sorting GmbH	Escâneres espectrométricos para diferentes granulometrias: (1) Titech AutoSort; (2) Titech Finder; (3) Titech Combisense ; (4) Titech X-Tract.
Vecoplan AG	Sistemas para instalações de produção de combustíveis alternativos a partir do processamento de resíduos.
OVAM – Public Waste Agency of Flanders	Órgão público (faz parte do Ministério de Meio Ambiente) que desenvolveu, implementou e supervisiona a legislação sobre resíduos, materiais e manejo de solo. Apoio do SuMMa (Policy Research Centre) com estudos sobre gestão sustentável de materiais e suporte acadêmico. Código de boas práticas no reuso de (resíduos de) eletroeletrônicos. Inspeccionado pela ISO 170120.
Eco Vital	Usina de incineração de 4ª geração: (1) sistema de preparação e alimentação contínua; (2) sistema de combustão; (3) sistema de tratamento de gases via seco.
Proxion Solutions	VMS Field Service: conjunto de aplicações para automação de processos de negócios com adoção de tecnologias de mobilidade, identificação e captura de dados (código de barras ou RFID). Software de gestão de rotas.

NOME	TECNOLOGIA
Kawasaki Heavy Industries Ltda.	Processo de aproveitamento da energia dos resíduos sólidos: Zero Emission Eco Town System (ZEET). Estação de tratamento de água e esgoto; Instalação para trituração e classificação de lixo; Equipamento de transformação de lodo em carvão ativado; Usina de incineração de lixo tipo fusão e gaseificação de leito fluidizado; Turbo-soprador mono-estágio para estação de tratamento de água; Fragmentador tipo cisalhamento uniaxial; Equipamento de incineração de lodo de leito fluidizado;
Kawasaki Heavy Industries Ltda.	Equipamento para fabricação de RPF (combustível sólido originário de papéis e plásticos usados); Equipamento para pirólise de dioxina; Classificador de tipos de plástico de alto desempenho; Fábrica de cimento integrada a usina de lixo.
Grupo Aitec – Link Consulting	Nome: enwis) Software integrado de gestão de resíduos (uma aplicação em conjunto com a Microsoft Dynamics – garante a evolução tecnológica do software).
Flexus Balasystem AB	Enfardadeira Flexus Balasystem: prensa que comprime e embala higienicamente resíduos em fardos redondos. Processo automatizado; Embalado a vácuo (anula o processo de fermentação e elimina o odor). Plástico do fardo é de polietileno (reciclável).

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados pessoalmente na Feira RWM Brasil (2014).

As informações completas das empresas que expuseram suas tecnologias de gestão de REEE na Feira RWM Brasil, em 2014, com (i) nome, (ii) local da matriz, (iii) tecnologia, (iv) atividade, (v) resíduos que gerencia, e, (vi) propriedade intelectual que possui, estão dispostas a seguir.

Fabricantes e tecnologias de gestão de resíduos eletroeletrônicos apresentados na Feira RWM Brasil 2014:

NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL
1. Hammel Recyclingtechnik GmbH	Alemanha	Trituradores	Triturador de resíduos.	Resíduos de madeira, restos de produção, resíduos volumosos, resíduos industriais e resíduos domésticos (carrocerias, pneus, perfis de alumínio e metais leves). – Modelo MMS 150: processa sucata de metal leve, sucata eletrônica, produtos de linha branca e carrocerias.	Patente de processo (“Hammel Two-Shaft-Principle”, em tradução livre “princípio dos dois eixos”).
2. Lindner	Alemanha	Triturador móvel.	Triturador de resíduos.	Resíduos de madeiras mistas, troncos de árvores, restos de podas, resíduos domésticos, resíduos comerciais, papel, lixo eletrônico , sucatas metálicas.	Marca registrada (Lindner Mobile Shredder GmbH).
3. Stadler	Alemanha	Planta automática de separação de resíduos: (1) rasga-saco; (2) triturador primário; (3) pré-triagem manual; (4) peneira giratória; (5) separador balístico; (6) classificação de ar; (7) separador magnético; (8) separador por indução; (9) separador óptico NIR; (10) bunker de armazenamento; (11) prensa para embalagem; (12) triturador secundário.	Instala sistemas de classificação por meio de plantas automáticas de separação de resíduos para a indústria de resíduos.	Embalagens leves, resíduos sólidos urbanos, resíduos mistos de estaleiros, papel e cartonagens, resíduos industriais, sucata eletrônica.	Marca registrada (Stadler Anlagenbau GmbH).

Continuação...

	NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL
4.	Steinert	Alemanha	Sistemas de separação de resíduos: (1) extrator magnético suspenso (utiliza bobinas de alumínio anodizado - Anofol®); (2) separador de metais não ferrosos Eddy Current; (3) sistema de separação por indução; (4) sistema UniSort® NIR (utiliza a tecnologia para tratamento de imagem HSI (Hyper Spectral Imaging)); (5) sensor laser 3D; (6) tambor magnético; (7) FinesMaster (junção de dois sistemas modulares: separador magnético de dois estágios e separador de metais não ferrosos); (8) sistema de separação por raio X.	Equipamentos para sistemas de separação de resíduos.	Lixo urbano, cinzas de incineradores, sucata metálica e de eletrônicos , aparas de madeira, vidro, baterias, sucata triturada, areia de fundição, escória de siderúrgicas, embalagens plásticas, plásticos mistos, papel, PVC.	Marcas registradas: ISS®, UniSort®, Anofol®, XSS®T, XSS®F, Steinert®.
5.	Tomra Sorting GmbH	Alemanha	Escâneres espectrométricos para diferentes granulometrias: (1) Titech AutoSort; (2) Titech Finder; (3) Titech Combisense ; (4) Titech X-Tract.	Sistema de separação multifuncional de resíduos.	Titech 1: resíduos mistos de embalagens, separação de papel, PET/PE, produção de combustível derivado de resíduos. Titech 2: recuperação de metal.. Titech 3: reciclagem de lixo eletrônico , tratamento de metal não-ferroso, reciclagem de cabos elétricos.	Marca registrada da tecnologia Flying Beam®.

Continuação...

NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL	
6.	Vecoplan AG	Alemanha	Sistemas para instalações de produção de combustíveis alternativos a partir do processamento de resíduos.	Processamento de resíduos para a produção de combustíveis: (1) trituração dos resíduos; (2) separação de minerais orgânicos (metais, vidro, cinzas); (3) trituração da biomassa; (4) crivagem (peneiração); (5) triagem e/ou separação da fração calórica altamente enriquecida (CDR – Combustível Derivado de Resíduos) (com alto rendimento, estabilidade e baixa granulometria).	Resíduos industriais (cinzas, minerais), resíduos municipais, resíduos de deposição em aterro, resíduos de demolição, resíduos sólidos urbanos (vidro, ferrosos, não-ferrosos), biomassa, pneus triturados, componentes perigosos (sucata eletrônica , tintas), papel, plástico, têxteis.	Marca registrada (Vecoplan®).

Continuação...

NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL
7. OVAM – Public Waste Agency of Flanders	Bélgica	Órgão público (faz parte do Ministério de Meio Ambiente) que desenvolveu, implementou e supervisiona a legislação sobre resíduos, materiais e manejo de solo. Apoio do SuMMa (Policy Research Centre) com estudos sobre gestão sustentável de materiais e suporte acadêmico. Código de boas práticas no reuso de (resíduos de) eletroeletrônicos. Inspeccionado pela ISO 170120.	Instrumentos da política: imposições, obrigações de devolução de produtos pós-consumo; acordos ambientais voluntários; banimento de deposição em aterros e incineração; construção de plantas para gestão de resíduos; campanhas informativas e de sensibilização.	Em Flanders, 71% dos resíduos domésticos são coletados separadamente na fonte respeitando a seguinte ordem: ser reusado, reciclado ou compostado. 27% são incinerados por incinerados equipados com sistemas de limpeza e de recuperação de energia estado da arte. Menos de 1% dos resíduos domésticos são dispostos em aterros.	Não informado.
8. Eco Vital	Brasil (Sarzedo-MG)	Usina de incineração de 4ª geração: (1) sistema de preparação e alimentação contínua; (2) sistema de combustão; (3) sistema de tratamento de gases via seco.	Incineração de resíduos industriais Classe 1 (resíduos perigosos). Capacidade de processar 3.960 toneladas por mês	Resíduos passíveis de incineração: bifenilas policloradas (ascarel), borras de tintas, efluentes líquidos industriais, EPIs contaminados, medicamentos e seus componentes, reagentes de laboratórios, resíduos organoclorados, resíduos organofosforados, solventes em geral, materiais diversos contaminados (plásticos, tecidos, madeiras, papel, papelão, vidros).	Tecnologia da EcoBras – Tecnologia Ambiental S.A.

Continuação...

NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL
9. Proxion Solutions	Brasil (São José dos Campos-SP)	VMS Field Service: conjunto de aplicações para automação de processos de negócios com adoção de tecnologias de mobilidade, identificação e captura de dados (código de barras ou RFID). Software de gestão de rotas.	Gerencia pontos geográficos e atividades periódicas otimizando a coleta de resíduos, aumentando a produtividade dos profissionais e diminuindo o tempo de resposta aos chamados.	Não se aplica.	Não informado.
10. Kawasaki Heavy Industries Ltda.	Japão	Processo de aproveitamento da energia de RSU; Instalação para trituração e classificação de lixo; Transformação de lodo em carvão ativado; Usina de incineração de lixo por fusão e gaseificação de leito fluidizado; Fragmentador tipo cisalhamento uniaxial; Incinerador de lodo de leito fluidizado; Equipamento para pirólise de dioxina; Classificador de tipos de plástico.	Geração de energia mediante o uso de calores residuais provenientes de fábricas de cimento e usinas de incineração de lixo; transformação de resíduos em combustível; aproveitamento de lodo. Fábrica de cimento integrada a usina de lixo.	Resíduos sólidos urbanos; Resíduos industriais.	Processo patentado: Zero Emission Eco Town System (ZEET).

Continuação...

NOME	LOCAL DA MATRIZ	TECNOLOGIA	ATIVIDADE	RESÍDUOS QUE PROCESSA/GERE	PROPRIEDADE INTELECTUAL
11. Grupo Aitec – Link Consulting	Portugal (origem do Grupo Aitec) Alemanha (origem da solução)	Nome: enwis) Software integrado de gestão de resíduos (uma aplicação em conjunto com a Microsoft Dynamics – garante a evolução tecnológica do software).	Destinado a operadores de resíduos e grandes geradores. Oferece visão integrada de todos os processos de negócio: projeto comercial, gestão de contratos, gestão de cadris, ordens de serviço, gestão de rotas, triagem, tratamento e valorização e entrega à destinação final, evita erros, aumenta a eficiência, diminui os custos.	Software para: -> gestão; -> comercial; -> logística; -> produção; -> financeiro.	Marca: enwis) (registrada).
12. Flexus Balasystem AB	Suécia	Enfardadeira Flexus Balasystem: prensa que comprime e embala higienicamente resíduos em fardos redondos. Processo automatizado; Embalado a vácuo (anula o processo de fermentação e elimina o odor). Plástico do fardo é de polietileno (reciclável).	Acondicionamento de forma cilíndrica de resíduos sólidos urbanos para disposição final (armazenamento e transporte).	Resíduos sólidos urbanos; partículas de biocombustível; madeira; aparas de madeira; plásticos; pneus; papel; alimentos para animais; etc.	Não informado.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados pessoalmente na Feira RWM Brasil (2014).

APÊNDICE F –

Cronologia das políticas brasileiras sobre a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos

AÇÃO GOVERNAMENTAL	ANO DE PUBLICAÇÃO	RESUMO
Brasil Política Nacional de Educação Ambiental Lei 9.795/1999	1999	Dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental.
Brasil Lei 9.974/2000	2000	Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.
Brasil Lei 9.966/2000	2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional.
Brasil Lei 11.107/2005	2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos.
Brasil Política Federal de Saneamento Básico Lei 11.445/2007	2007	Dispõe sobre as atividades do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.
Brasil PL 2.061/2007	2007	Projeto de lei sobre a coleta, reciclagem e destino final dos resíduos domésticos de equipamentos elétricos e eletrônicos.
Estado da Bahia (Brasil) PL 16.280/2007	2007	Projeto de lei para o gerenciamento de resíduos eletrônicos.
Cidade de Cascavel (Paraná, Brasil) Lei 4.726/2007	2007	Logística reversa e descarte de baterias, lâmpadas e de material eletrônico.
Estado do Amazonas (Brasil) PL 101/2008	2008	Projeto de lei para a coleta, reutilização, reciclagem ou destruição de disquetes de computador.
Distrito Federal (Brasil) PL 886/2008	2008	Projeto de lei com proposta sobre reciclagem, gestão e eliminação de resíduos eletroeletrônicos.
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 2.660/2008	2008	Projeto de Lei sobre logística reversa, reciclagem e eliminação de equipamento informático.
Estado do Rio de Janeiro (Brasil) PL 1.800/2008	2008	Projeto de Lei para gestão de resíduos eletrônicos.

AÇÃO GOVERNAMENTAL	ANO DE PUBLICAÇÃO	RESUMO
Estado do Paraná (Brasil) Lei 15.851/2008	2008	Logística reversa e reciclagem de resíduos de produtos de tecnologia da informação.
Brasil PL 5.860/2009	2009	Projeto de lei para coleta e reciclagem de lixo eletrônico.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 335/2009	2009	Projeto de lei para a coleta, reuso e reciclagem de resíduo eletrônico.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 616/2009	2009	Projeto de lei com proposta sobre a gestão dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado de Goiás (Brasil) PL 1.169/2009	2009	Projeto de lei com proposta de coleta, reciclagem e eliminação de resíduos eletrônicos.
Cidade de Cascavel (Paraná, Brasil) Lei 5.359/2009	2009	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Cidade de Tubarão (Santa Catarina, Brasil) Lei 3.338/2009	2009	Coleta de resíduos eletrônicos.
Estado do Espírito Santo (Brasil) Lei 9.163/2009	2009	Logística reversa e reciclagem de produtos que contenham metais pesados.
Estado do Paraná (Brasil) Lei 16.075/2009	2009	Eliminação de artigos que contenham mercúrio metálico.
Estado de Pernambuco (Brasil) Lei 13.908/2009	2009	Logística reversa e reciclagem de resíduo eletrônico.
Cidade do Rio de Janeiro (Brasil) Lei 5.043/2009	2009	Responsabilidade do produtor de logística reversa e reciclagem de resíduos de computadores.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Lei 13.576/2009	2009	Reciclagem, gestão e eliminação de resíduo eletrônico.
Brasil Projeto de Resolução/2010	2010	Proposta de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.
Estado de Goiás (Brasil) PL 92/2010	2010	Projeto de lei com proposta sobre reciclagem de resíduos eletrônicos.
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 4.682/2010	2010	Projeto de Lei para coleta e reciclagem de telefones móveis.
Estado de São Paulo (Brasil) PL 768/2010	2010	Projeto de Lei com proposta de coleta de resíduos eletrônicos.
Estado de São Paulo (Brasil) PL 229/2010	2010	Projeto de Lei com proposta sobre os resíduos eletrônicos.
Cidade de Curitiba (Paraná, Brasil) Lei 13.509/2010	2010	Tratamento e eliminação de resíduos especiais.

AÇÃO GOVERNAMENTAL	ANO DE PUBLICAÇÃO	RESUMO
Cidade de Lins (São Paulo, Brasil) Lei 5.332/2010	2010	Coleta, reutilização e reciclagem de resíduos eletrônicos.
Cidade de Teresina (Piauí, Brasil) Lei 3.924/2010	2010	Coleta, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos eletrônicos.
Estado do Maranhão (Brasil) Lei 9.291/2010	2010	Coleta e eliminação de resíduos eletrônicos, lâmpadas e baterias.
Estado do Mato Grosso do Sul (Brasil) Lei 3.970/2010	2010	Reciclagem e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado da Paraíba (Brasil) Lei 9.129/2010	2010	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado de Rio Grande do Sul (Brasil) Lei 13.533/2010	2010	Reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Cidade de Santos (São Paulo, Brasil) Lei 2.712/2010	2010	Coleta e eliminação de resíduos de equipamentos eletrônicos.
Brasil PL 2.045/2011	2011	Projeto de lei para coleta e eliminação ecologicamente correta dos resíduos eletrônicos.
Estado do Amazonas (Brasil) PL 158/2011	2011	Projeto de lei sobre a reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado da Bahia (Brasil) PL 19.299/2011	2011	Projeto de lei para o gerenciamento de resíduos eletrônicos.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 66/2011	2011	Projeto de lei Waste Electrical and Electronic Equipment.
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 1.430/2011	2011	Projeto de Lei para coleta e reciclagem de telefones móveis.
Estado de Minas Gerais (Brasil) PL 977/2011	2011	Projeto de Lei para reciclagem e descarte dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado do Paraná (Brasil) PL 304/2011	2011	Projeto de Lei sobre a reciclagem, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Estado do Rio de Janeiro (Brasil) PL 102/2011	2011	Projeto de Lei para gestão de resíduos eletrônicos.
Estado do Tocantins (Brasil) PL 42/2011	2011	Projeto de Lei sobre a gestão da reciclagem e descarte dos resíduos eletroeletrônicos.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Resolução SMA 11/2011	2011	Revoga as resoluções sobre o Programa de Manejo de Produtos para produtos geradores de resíduos com significativos impactos ambientais.

AÇÃO GOVERNAMENTAL	ANO DE PUBLICAÇÃO	RESUMO
Brasil PL 3.472/2012	2012	Projeto de lei para o uso obrigatório de materiais reciclados em equipamentos elétricos e eletrônicos
Brasil Projeto de Norma/2012	2012	Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos - Requisitos para a atividade manufatureira reversa.
Estado do Acre (Brasil) Lei 2.539/2012	2012	Coleta de REEE e programa de reciclagem.
Cidade de Florianópolis (Santa Catarina, Brasil) Lei 8.806/2012	2012	Gestão e eliminação de resíduo eletrônico.
Estado do Rio Grande do Norte (Brasil) PL 60/2012	2012	Projeto de Lei para o descarte adequado de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).
Estado do Espírito Santo (Brasil) Lei 9.941/2012	2012	Coleta, gestão e eliminação dos resíduos eletroeletrônicos.
Cidade de Manaus (Amazonas, Brasil) Lei 1.705/2012	2012	Gestão dos resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE).
Cidade de Porto Alegre (Brasil) Lei 11.384/2012	2012	Gestão dos resíduos de equipamentos eletrônicos (REEE).
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) Resolução SMA 11/2012	2012	Resolução sobre o processo de logística reversa de telefones móveis.
Brasil Aviso 01/2013	2013	Chamada para o desenvolvimento do acordo setorial para a implantação de Sistema de Logística Reversa para Produtos Eletroeletrônicos e Componentes.
Brasil Norma ABNT NBR 16.156/2013	2013	Requisitos para a atividade manufatureira reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.
Cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil) PL 497/2013	2013	Projeto de Lei para a instalação de pontos de coleta de resíduos eletrônicos.
Estado de Minas Gerais (Brasil) DN 118/2013	2013	Deliberação Normativa com disposições gerais e um calendário para consultas sobre os sistemas de logística reversa dos REEE e resíduos especiais.
Brasil PL 2.940/2015	2015	Projeto de Lei para a gestão e eliminação de resíduos eletrônicos (REEE).
Estado do Amazonas (Brasil) Lei 247/2015	2015	Reciclagem, gestão e eliminação de resíduos eletrônicos.
Estado de São Paulo (Brasil) Resolução SMA 45/2015	2015	Resolução com orientações sobre logística reversa.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados coletados no *StEP E-waste World Map*.

APÊNDICE G –

Entrevistados

Adagilson Rodrigues de Souza. Chefe da Seção de Bens Disponíveis do DGA. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Beatriz Sadalla. Local: Galpão do DGA-UNICAMP. Campinas/SP, 21 de novembro de 2014.

Carlos Pachelli. Diretor executivo da Tramppo. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante. Local: Contato por e-mail e telefone. Cotia/SP, 28 de janeiro de 2015.

Cintia Pereira. Cooperada diretora de marketing da Coopermiti. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da Coopermiti. São Paulo /SP, 27 de setembro de 2014.

Edna de Sá. Engenheira ambiental da Dionísio Recicláveis. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da empresa Dionísio Recicláveis. Ribeirão Preto/SP, 26 de setembro de 2014.

Felipe Cabral Pachere. Diretor de Operações da TerraCycle. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Rafaela Pepinelli. Local: Contato por telefone. Campinas/SP, 8 de maio de 2015.

Irineu Bueno Barbosa Junior. Diretor comercial da Global PET e idealizador do Clube da Reciclagem. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante. Local: Contato por e-mail. São Carlos/SP, 28 de agosto de 2014.

J. A. Cristovam. Diretor comercial da Vertas. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da empresa Vertas. Mauá/SP, 28 de março de 2014.

José Fernandes. Consultor chefe do Instituto Nacional de Resíduos (INRE). Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Flávia Consoni. Local: DPCT-Unicamp. Campinas/SP, 18 de junho de 2015.

Marcelo Souza e Nathalie Ruiz. Diretor comercial e engenheira ambiental da Indústria Fox. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da empresa Indústria Fox. Cabreúva/SP, 12 de janeiro de 2015.

Mateus Bertante. Diretor executivo da Renove Ambiental. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da empresa Renove Ambiental. Amparo/SP, 23 de janeiro de 2015.

Patrícia. Cooperada presidente da Coreso. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Rafaela Pepinelli. Local: Barracão-sede da Coreso. Sorocaba/SP, 29 de abril de 2014.

Pedro. Cooperado que processa óleo residual pelo Programa Limpa Óleo da Coreso. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da Coreso. Sorocaba/SP, 29 de abril de 2014.

Rose. Cooperada separadora de materiais recicláveis da Cooperativa N. S. Aparecida. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da Cooperativa Nossa Senhora Aparecida. Campinas/SP, 04 de fevereiro de 2015.

Rosilda. Cooperada coordenadora da Cooperativa N. S. Aparecida. Entrevista concedida a Luciara Cid Gigante, Flávia Consoni e Rafaela Pepinelli. Local: Sede da Cooperativa Nossa Senhora Aparecida. Campinas/SP, 04 de fevereiro de 2015.

APÊNDICE H –

Lista dos participantes das reuniões do GTT de eletroeletrônicos, entre 2011 e 2012

PARTICIPANTES	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª
ABDI									X	X	X
ABEMA	X	X	X	X							
ABEMUSICA								X			
ABETRE		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABIMED										X	X
ABIMO								X	X	X	X
ABINEE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABRAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ABRASA										X	X
ABREE								X	X		
ABRELPE	X	X	X	X		X		X			X
ABRINQ								X			
ANVISA								X	X	X	
APEX						X					
CDI-DF	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CEMPRE		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CENTCOOP				X	X	X	X	X	X		
CNC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CNI		X	X	X	X	X	X		X	X	X
CNM								X			
ECT		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ELETROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FNP			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Frente Parlamentar											X
GMCONS		X	X								
IBAMA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
INESFA				X	X	X	X	X	X	X	X
INMETRO				X		X	X	X	X	X	X
INVENTTA										X	X
MCTI		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MDIC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MF	X	X	X	X	X		X	X		X	X
MJ	X								X		
MMA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MNRC											X
Panasonic		X	X								
Porto Digital			X						X		
RECIBRAS				X	X	X	X	X	X	X	X
SINDITELEBRASIL							X	X	X	X	
UNASER		X	X	X	X	X		X			X

Fonte: Mazon (2014, p. 35).