



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Claudia Magalhães Khair Cunha

**GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS
NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO**

Rio de Janeiro
2020



UFRJ

Claudia Magalhães Khair Cunha

GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadores: Claudio Fernando Mahler
Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Rio de Janeiro
2020

Cunha, Claudia Magalhães Khair
Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos na Região
Metropolitana do Rio de Janeiro / Claudia Magalhães Khair
Cunha. -- 2020.
f. 115; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, Ano. 2020

Orientadores: Claudio Fernando Mahler e Elen Beatriz
Acordi Vasques Pacheco

1. Gestão de REEE. 2. Resíduos Eletroeletrônicos. 3. Co-
operativas. 4. Logística Reversa. I. Mahler, Claudio e Pacheco,
Elen. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politéc-
nica. III. Título.



UFRJ

GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Claudia Magalhães Khair Cunha

Orientadores: Claudio Fernando Mahler
Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessário à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela banca

Orientador: Claudio Fernando Mahler, DSc., UFRJ

Orientadora: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, DSc., UFRJ

Armando Carlos de Pina Filho, DSc., UFRJ

Lucia Helena da Silva Maciel Xavier, DSc., CETEM

Adriana Soares de Schueler, DSc., UFRRJ

Rio de Janeiro
2020

Dedico este trabalho ao meu marido, Filipe,
cuja alegria foi a minha inspiração, e cujo
amor foi sempre meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

Recebi o incentivo de muitas pessoas para caminhar até este ponto.

Agradeço ao meu marido, Filipe, e aos meus filhos, João Pedro e Giovanna, por serem sempre amorosos e compreensivos, e estarem sempre ao meu lado, aceitando minhas ausências e me apoiando nos momentos de dúvida.

Aos meus pais, Miguel e Cleusa, por sua orientação constante, suas palavras de carinho e seu apoio incondicional. Aos meus irmãos e cunhados, por todas as conversas de incentivo.

Agradeço ao meu orientador, Claudio Mahler, por estar sempre disponível para me orientar nos momentos de dúvida, compartilhando seus conhecimentos, e por sempre acreditar que eu seria capaz de fazer um bom trabalho.

Agradeço à minha orientadora, Elen Vasques Pacheco, dedicada e incansável, sempre muito parceira, capaz de renovar meu ânimo sempre que necessário com suas palavras carinhosas de apoio. Muito obrigada pela oportunidade de conhecer este mundo dos resíduos eletroeletrônicos com a sua companhia.

Gostaria também de agradecer aos amigos do NERDES, do LIpE e do LaWEEEda, que me acolheram com muito carinho e paciência. Nossa convivência foi um grande aprendizado, sem o qual eu não teria conseguido desenvolver este estudo.

Sou grata aos professores do curso de mestrado, pois cada um deles me permitiu conhecer um pouco mais deste novo caminho que escolhi, e assim posso dar os próximos passos com firmeza. E agradeço também aos meus colegas de curso, pois eu não teria conseguido se não fosse o apoio e o incentivo de vocês durante esta jornada, especialmente nos momentos finais.

Agradeço ainda aos entrevistados, que aceitaram me receber com atenção e que agora fazem parte do meu círculo profissional. Trabalhar com resíduos no Rio de Janeiro é um desafio e admiro a todos por isso.

E agradeço a Deus por ter permitido que todas estas pessoas estivessem ao meu lado nestes anos, e que eu pudesse compreender e aceitar as importantes mensagens que cada um queria me passar.

Sinceramente, muito obrigada a todos!

"Não somos responsáveis apenas pelo que fazemos, mas também pelo que deixamos de fazer." (Jean-Baptiste Molière).

RESUMO

CUNHA, Claudia Magalhães Khair. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

A crescente digitalização, associada ao consumismo e à obsolescência programada, vem provocando o aumento do consumo de equipamentos eletrônicos. Para evitar o descarte inadequado de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é preciso implementar sua logística reversa e capacitar a população na gestão destes resíduos. Neste contexto, esta pesquisa buscou identificar e analisar a estrutura e os procedimentos de gestão adotados pelas empresas e cooperativas atuantes na manufatura reversa de REEE na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Treze empreendimentos foram selecionados e, durante entrevistas presenciais, foi aplicado um questionário semiestruturado, desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica. Os resultados permitiram observar que o mercado de REEE vem atraindo novos entrantes desde 2015. Surgiram novos modelos de negócios – os facilitadores de gestão de resíduos. Os REEE são obtidos através de doações públicas e/ou privadas, combinadas via redes sociais – em especial, aplicativo de mensagens – e recolhidas através de serviço próprio de coleta. Os processos de desmontagem são sempre manuais e não são realizados balanços de massa. Os locais são cobertos, trancados e iluminados, mas ainda precisam adotar layouts mais eficientes; proteção contra incêndios e adequado armazenamento dos REEE e suas frações perigosas. Há, em média, 56% de capacidade ociosa de processamento de REEE na região e faltam profissionais capacitados, especialmente na desmontagem e na comercialização. As interações comerciais denotam ainda muita informalidade no setor, baixo volume de REEE disponibilizado para coleta e falta de opções comerciais viáveis para certos tipos de plástico e resíduos perigosos, demandando ações mais efetivas do poder público estadual, através de campanhas informativas aos consumidores e reforço na fiscalização.

Palavras-chave: Gestão de REEE; Resíduos Eletroeletrônicos; Cooperativas; Logística Reversa.

ABSTRACT

CUNHA, Claudia Magalhães Khair. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2020. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

The growing digitalization, associated with consumerism and programmed obsolescence, has led to an increase in the consumption of electronic equipment. To avoid inappropriate disposal of waste of electrical and electronic equipment (WEEE), it is necessary to implement its reverse logistics and educate the population in e-waste management. In this context, this research aimed to identify and analyze the structure and management procedures adopted by companies and cooperatives operating in the WEEE reverse manufacturing in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro. Thirteen businesses were selected and, during in person interviews, a semi-structured questionnaire was applied, developed based on bibliographic research. The results show that the WEEE market has been attracting new entrants since 2015. New business models have emerged - the waste management facilitators. WEEE is obtained through public and/or private donations, arranged via social networks – especially texting applications – and collected through the businesses own collection service. Disassembly processes are always manual and mass balances are not performed. The locations have covers, locks and proper light, but they still need to adopt more efficient layouts; fire protection and adequate storage for WEEE and its hazardous fractions. There is, on average, 55.9% of idle WEEE processing capacity in the region and a lack of trained professionals, especially in disassembly and commercialization. The commercial interactions still show a lot of informality in the sector, low volume of WEEE available for collection and lack of viable commercial options for certain types of plastic and hazardous waste, demanding more effective actions by the state government, through information campaigns for consumers and reinforcement of inspection.

Keywords: WEEE management; Electric and electronic waste; Cooperatives; Reverse logistics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos EEE.....	22
Figura 2 – Composição simplificada de um celular (% do peso total).....	24
Figura 3 – REEE descartado no lixo comum domiciliar na cidade do Rio de Janeiro (período 2009-2018)	28
Figura 4 – Empreendimentos visitados para pesquisa sobre resíduos eletroeletrônicos no Rio de Janeiro.....	48
Figura 5 – Ano de início de operação dos empreendimentos no setor de REEE	51
Figura 6 – Tipos de empreendimentos visitados e seus registros jurídicos.....	51
Figura 7 - Caracterização da área de trabalho das unidades produtivas que trabalham com REEE no Rio de Janeiro	53
Figura 8 - Pallets e engradado metálico utilizado para armazenar os REEE no empreendimento 3C.	54
Figura 9 - Luminária feita com painéis de LED no empreendimento 2C.	55
Figura 10 - Quantidade total de colaboradores dos empreendimentos pesquisados, distribuídos por cada função existente no processo de tratamento de REEE.....	59
Figura 11 - Colaboradora do empreendimento 2C com EPIs (luvas, óculos de proteção e uniforme) na desmontagem de REEE.	60
Figura 12 - Número de empreendimentos que utilizam EPIs, por tipo de equipamento.....	60
Figura 13 - Origem dos REEE tratados de acordo com a quantidade de empreendimentos.	62
Figura 14 - Tipo e quantidade de veículos de frota própria dos empreendimentos pesquisados.	63
Figura 15 - Canais disponibilizados pelos empreendimentos para o público externo para solicitação de coletas de REEE	64
Figura 16 - Tipos de REEE recebidos pelos empreendimentos para processamento.....	66
Figura 17 – Participação de mercado dos empreendimentos que compram exclusivamente PCIs no Rio de Janeiro – 2019.	68
Figura 18 - Participação de mercado dos empreendimentos que recebem e processam variados tipos de REEE no Rio de Janeiro – 2019.	69
Figura 19 – Comparativo das performances dos empreendimentos de tratamento de REEE no Rio de Janeiro.	71
Figura 20 - Produtividade de cada empreendimento por colaborador.....	69
Figura 21 - Produtividade de cada empreendimento por m ² disponível.....	70

Figura 22 – Comparativo entre a Capacidade média mensal de recebimento de REEE (2019) e a Capacidade máxima estimada de processamento (toneladas/mês).....	72
Figura 23 - Ferramentas e equipamentos utilizados na desmontagem de REEE pelos empreendimentos no Rio de Janeiro.....	74
Figura 24 – Fotografias das ferramentas simples utilizadas nos empreendimentos 2C e 10C, respectivamente, para o processo de desmontagem de REEE	75
Figura 25 - Fotografia dos tipos de placas separadas em 13E.....	78
Figura 26 - Documento de comercialização de PCIs e componentes de REEE.....	79
Figura 27 - Fluxo simplificado de comercialização de frações não perigosas de REEE no Rio de Janeiro.....	83
Figura 28 - Fluxo simplificado de comercialização de frações perigosas de REEE no Rio de Janeiro.	84
Figura 29 - Conhecimento dos empreendimentos sobre o Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes perigosos dos REEE, contaminantes e impactos	25
Tabela 2 – Trabalhos científicos selecionados	41
Tabela 3 – Atuação dos empreendimentos nas etapas da cadeia de gestão de REEE.....	50
Tabela 4 – Quantidade média mensal de REEE recebida e processada pelos empreendimentos em 2019 (em toneladas/mês)	68
Tabela 5 – Realização de procedimentos de pesagem dos REEE pelos empreendimentos pesquisados	76
Tabela 6 – Frações obtidas pelos empreendimentos após a desmontagem de REEE	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira Indústria Elétrica Eletrônica
ABRADISTI	Associação Brasileira da Distribuição de Tecnologia da Informação
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABS	Acrlonitrila butadieno estireno (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASSESPRO	Federação das Associações das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação
BFR	Retardantes De Chama Bromados (<i>Brominated Flame Retardant</i>)
CADRI	Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental
CCFL	Lâmpadas Fluorescentes de Catodo Frio (<i>cold cathode fluorescent lamps</i>)
CD-ROM	Disco Compacto - Memória Somente de Leitura (<i>Compact Disc - Read-Only Memory</i>)
CE	Comunidade Europeia
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CONEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CRT	Tubos de Raios Catódicos
EC	Comissão Europeia (<i>European Commission</i>)
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
ELETROS	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EU	União Europeia (<i>European Union</i>)
EUA	Estados Unidos da América

GAP	Grupo de Acompanhamento e Performance
GEPROS	Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas
GSMA	Associados do Grupo Celular Especial (<i>Group Speciale Mobile Associates</i>)
HD	Disco Rígido (<i>Hard Disk</i>)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEC	Instituto de Defesa do Consumidor
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
ISO	Organização Internacional para a Padronização (<i>International Organization for Standardization</i>)
LCD	Tela de Cristal Líquido (<i>Liquid Cristal Display</i>)
LED	Diodo emissor de luz (<i>Light Emitting Diode</i>)
MG	Estado de Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NOP	Norma Operacional
ONG	Organização Não-Governamental
PBDE	Éter Difenil Polibromados (<i>Polybrominated Diphenyl Ether</i>)
PCI	Placas de Circuito Impresso
PCB	Bifenila Policlorada (<i>Polychlorinated Biphenyls</i>)
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
POP	Poluente Orgânico Persistente (<i>Persistent Organic Pollutants</i>)
PP	Polipropileno (<i>Polypropylene</i>)
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PS	Poliestireno (<i>Polystyrene</i>)
PVC	Policloreto de Vinila (<i>Polyvinyl Chloride</i>)
R2	Reciclagem Responsável (<i>Responsible Recycling</i>)
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RJ	Estado do Rio de Janeiro
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SLR	Sistema de Logística Reversa
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
TI	Tecnologia da Informação
TV	Televisão
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Universidade de São Paulo
VHS	Sistema Doméstico de Vídeo (<i>Video Home System</i>)
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis (<i>Volatile Organic Compounds</i>)
WEEE	Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico (<i>Waste Electric and Electronic Equipment</i>)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO PRINCIPAL.....	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS.....	21
3.2	RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS.....	22
3.3	GERAÇÃO DE REEE.....	26
3.3.1	Geração no mundo, no Brasil e no Rio de Janeiro	26
3.3.2	Obsolescência Programada	28
3.4	GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS	29
3.4.1	Etapas básicas	29
3.4.2	Economia Circular	32
3.4.3	Mineração Urbana	32
3.5	ASPECTOS LEGAIS	33
3.6	METODOLOGIAS QUANTITATIVA E QUALITATIVA.....	38
4	METODOLOGIA	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	39
4.2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	40
4.3	IDENTIFICAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS PESQUISADOS	41
4.4	DESENVOLVIMENTO DO QUESTIONÁRIO APLICADO	44
4.5	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	46
4.6	ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	PERFIS DOS EMPREENDIMENTOS ENTREVISTADOS	49
5.2	SITUAÇÃO INSTITUCIONAL.....	50
5.3	LOCAL DE TRABALHO	52
5.4	MÃO DE OBRA.....	57
5.5	OBTENÇÃO DO REEE	61
5.6	TRATAMENTO DO REEE	73
5.7	FRAÇÕES OBTIDAS	77
5.8	PERCEPÇÕES SOBRE A GESTÃO DE REEE.....	85
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	Erro! Indicador não definido.
7	PESQUISAS FUTURAS	94
	REFERÊNCIAS	95
	ANEXOS	102

1 INTRODUÇÃO

Os equipamentos eletrônicos que chegam ao final de sua vida útil ou cujo uso foi descontinuado são chamados, no Brasil, de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) ou, mais popularmente, de lixo eletrônico, e-lixo, resíduo tecnológico ou sucata eletrônica (ABNT, 2013; ALBUQUERQUE, 2013).

Com a crescente digitalização de serviços e processos no mundo, o consumo de equipamentos eletrônicos vem aumentando, e conseqüentemente, o descarte de REEE, agravado pelas técnicas de obsolescência programada e estímulo ao consumismo (SLADE, 2007). O aumento na geração deste tipo de resíduo vem crescendo entre 3% - 5% ao ano no mundo e se tornando um problema cada vez maior para os gestores de resíduos. No Brasil, a geração de REEE vem crescendo mais acentuadamente, entre 12% e 13% anualmente, tendo chegado a 2,14 milhões de toneladas em 2019 (FORTI *et al.*, 2020; BALDÉ, 2017; IBGE, 2020). O descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos predomina no país, tendo sido coletados, em 2018, menos de 0,01% dos resíduos gerados (ABRELPE, 2019; FORTI *et al.*, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada em agosto de 2010, determinou que, para certos produtos específicos, seus fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes “são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa para os resíduos de seus produtos, mediante seu retorno após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos” (BRASIL, 2010). Os produtos específicos citados na lei são:

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens;
- pilhas e baterias;
- pneus;
- óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Em 31 de outubro de 2019, nove anos depois de aprovada a PNRS, o “Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes” foi assinado e regulamentado pelo Decreto nº 10.240 em 12 de fevereiro de 2020 (BRASIL, 2017).

O Acordo Setorial de REEE é responsável por definir o sistema de logística reversa que será empregado para coletar e restituir os REEE domiciliares ao setor empresarial, seja para aproveitamento neste mesmo ou em outro ciclo produtivo, ou para qualquer outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). O sistema de logística reversa, conforme determinado na PNRS, deve estipular detalhadamente: os critérios, a cobertura geográfica e as formas de coleta (pontos de entrega, centrais de recebimento fixas ou itinerantes); os tipos de destinação dados aos REEE; as formas de participação do consumidor; e os mecanismos de divulgação destes procedimentos aos consumidores.

A demora para colocar em prática as diretrizes para a logística reversa de eletroeletrônicos, lançadas em 2010 na PNRS e regulamentadas apenas no final de 2019, com o Acordo Setorial, é um dos exemplos do pouco envolvimento do poder público federal na questão ambiental e, em especial, no setor de resíduos eletroeletrônicos. A falta de legislação e de fiscalização, resultados deste tímido envolvimento do poder público, são fatores que desestimulam investimentos e contribuem para que o setor de REEE se mantenha com baixo grau de formalização.

Na esfera pública estadual, algumas agências ambientais estaduais procuram se antecipar e estabelecer regras para ordenar a gestão dos eletroeletrônicos, como é o caso da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, no Estado de São Paulo. No entanto, até que este sistema de logística reversa seja efetivamente implementado a nível nacional e a população seja adequadamente educada a participar do processo da gestão de resíduos, continuará predominando a desinformação e a sociedade continuará a sofrer com o crescente problema do descarte inadequado de REEE.

Neste contexto, um dos elos mais importantes na cadeia de gestão de REEE são as empresas em geral, organizadas ou não sob a forma de cooperativas, que efetuam o processamento deste resíduo. Sabe-se que, no Brasil, por diversas razões, a maioria destes empreendedores atua de maneira informal, onde nem mesmo as questões básicas de saúde dos trabalhadores são consideradas (BALDÉ *et al.*, 2017). É preciso, portanto, identificar, analisar e compreender qual o grau de preparação e maturidade deste segmento do setor para que se possa desenvolver procedimentos e políticas públicas necessários para adequá-los às leis, normas vigentes e expectativas do recente Acordo Setorial de REEE.

Alguns estudos já foram realizados no sentido de conhecer um pouco melhor sobre o setor de processamento de REEE. O estudo de Dias *et al.* (2018), identificou que existiam no Brasil, em 2017, 134 empresas que praticavam a reciclagem e que efetivamente trabalhavam com

REEE, sendo que nove delas estariam localizadas no Estado do Rio de Janeiro (RJ). O estudo de Rodrigues (2012) buscou investigar a estrutura, procedimentos e tipos de REEE processados, aplicando questionários em empresas deste setor, não no Brasil, mas em Portugal. O trabalho de Callefi e Barbosa (2018) efetuou uma análise similar à de Rodrigues, também utilizando-se de questionário, tendo se concentrado em uma cooperativa de reciclagem localizada em Maringá, no Estado do Paraná. A pesquisa de Albuquerque (2013), por sua vez, objetivou conhecer as interações existentes entre os diversos atores em toda a cadeia de reciclagem de REEE do município do Rio de Janeiro.

No presente trabalho, pretendeu-se investigar e compreender como os empreendimentos, formais ou informais, que captam e efetuam algum nível de processamento de REEE se estruturam em termos físicos, tecnológicos, de pessoal, e de gestão empresarial e comercial, no intuito de mapear a situação deste segmento na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Os empreendimentos estudados organizados sob a forma cooperativada foram nomeados “cooperativas”, enquanto os demais foram nomeados “empresas”.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal deste trabalho consistiu em identificar e analisar a estrutura e os procedimentos de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos adotados por empresas e cooperativas que atuam na cadeia de logística reversa deste material na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), de forma a obter um panorama da situação atual no Estado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Durante a execução da pesquisa, pretendeu-se estudar os seguintes objetivos específicos:

- Investigar a atual cadeia de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no contexto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, através de questionário semiestruturado, com métricas quantitativas e questões qualitativas.
- Identificar os principais modelos de negócio adotados pelos empreendimentos que atuam com gestão de REEE na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
- Identificar a situação de formalização institucional dos empreendimentos.
- Verificar as características das estruturas físicas e de recursos humanos destes empreendimentos.
- Identificar os principais processos adotados pelos empreendimentos para realizar a obtenção e a manufatura reversa do REEE, e a comercialização das frações.
- Utilizar a pesquisa quantitativa como base para a análise qualitativa, no sentido de melhor compreender as dificuldades e expectativas destas entidades dentro do contexto do mercado de REEE no estado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Na literatura científica, os EEE são definidos de formas diversas, porém similares. Na Europa, segundo a Diretiva Europeia 2012/19/EU, aprovada em 04 de julho de 2012, os equipamentos elétricos e eletrônicos são aqueles:

“...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 1 000 V para corrente alternada e 1 500 V para corrente contínua;” (Parlamento Europeu, 2012, p.6).

O mesmo documento, em seu Anexo III, classifica os EEE em seis categorias, a saber:

- “1. Equipamentos de regulação da temperatura
 2. Telas, monitores e equipamentos com telas de superfície superior a 100 cm²
 3. Lâmpadas
 4. Equipamentos de grandes dimensões (com qualquer dimensão externa superior a 50 cm), incluindo, mas não limitados a:

Eletrrodomésticos; equipamentos de informática e telecomunicações; equipamentos de consumo; aparelhos de iluminação; equipamento para reproduzir sons ou imagens, equipamento musical; ferramentas elétricas e eletrônicas; brinquedos e equipamento de desporto e lazer; dispositivos médicos; instrumentos de monitorização e controlo; distribuidores automáticos; equipamento para geração de corrente elétrica. Não se incluem nesta categoria os equipamentos abrangidos pelas categorias 1 a 3.
 5. Equipamentos de pequenas dimensões (com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm), incluindo, mas não limitados a:

Eletrrodomésticos; equipamentos de consumo; aparelhos de iluminação; equipamento para reproduzir sons ou imagens, equipamento musical; ferramentas elétricas e eletrônicas; brinquedos e equipamento de desporto e lazer; dispositivos médicos; instrumentos de monitorização e controlo; distribuidores automáticos; equipamento para geração de corrente elétrica. Não se incluem nesta categoria os equipamentos abrangidos pelas categorias 1 a 3 e 6.
 6. Equipamentos informáticos e de telecomunicações de pequenas dimensões (com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm)”
- (Parlamento Europeu, 2012, Anexo III)

Vale ressaltar que esta Diretiva previu, em seu artigo 2º, número 1, alínea a, um período transitório, compreendido entre 13 de agosto de 2012 e 14 de agosto de 2018, durante o qual a definição existente na versão anterior, Anexo IA da Diretiva Europeia 2002/96/EU, publicada em 13 de fevereiro de 2003, poderia ser ainda utilizada pelas instituições europeias. A definição anterior estabelecia dez categorias de Equipamentos Eletroeletrônicos, a saber: 1. Grandes

eletrodomésticos, 2. Pequenos eletrodomésticos, 3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações, 4. Equipamentos de consumo, 5. Equipamentos de iluminação, 6. Ferramentas eléctricas e electrónicas (com excepção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões), 7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer, 8. Aparelhos médicos (com excepção de todos os produtos implantados e infectados), 9. Instrumentos de monitorização e controlo, e 10. Distribuidores automáticos.

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou, em 2013, a NBR-16156 – “Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para a atividade de manufatura reversa”, onde adotou a seguinte definição para equipamentos eletroeletrônicos:

“...equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes eléctricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços” (ABNT, 2013).

Na indústria brasileira de produtos eletroeletrônicos, observa-se uma divisão natural que ocorre de acordo com os produtos que cada fabricante se especializou em produzir. Desta forma, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), os equipamentos eletroeletrônicos fabricados e/ou comercializados no Brasil são classificados em quatro grandes categorias: linhas verde, marrom, branca e azul (Figura 1). A linha verde compreende aparelhos de informática e telecomunicações; a linha marrom inclui aparelhos de áudio e vídeo; a linha branca se refere a grandes eletrodomésticos; e a linha azul, aos eletroportáteis e ferramentas.

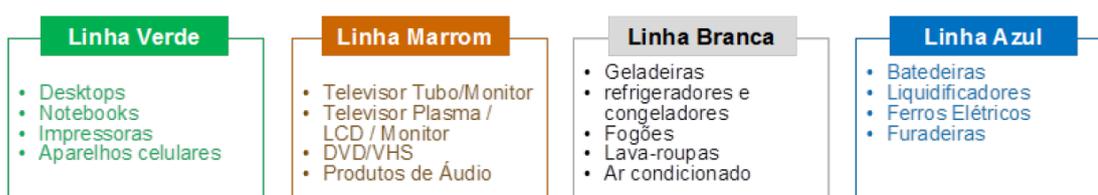


Figura 1 – Classificação dos EEE

Fonte: ABDI, 2013.

3.2 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Da mesma forma, existem várias definições similares de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (WIDMER *et al.*, 2005). Segundo a Diretiva Europeia 2012/19/EU, por exemplo, resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) são aqueles:

“...equipamentos elétricos e eletrônicos que constituem resíduos – ou seja, quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se

desfazer –, incluindo todos os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do produto no momento em que este é descartado” (Parlamento Europeu, 2012, p. 6).

Já no Brasil, a definição mais largamente utilizada considera que os REEE são “equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao fim da sua vida útil ou cujo uso foi descontinuado” (ABNT, 2013).

Os resíduos de natureza eletroeletrônica apresentam certas complexidades adicionais em relação aos demais resíduos, pelo fato de serem oriundos de uma infinidade de tipos de equipamentos diferentes, desde celulares e brinquedos eletrônicos até freezers e placas fotovoltaicas, por exemplo. Além disso, seus componentes e peças são compostos por diferentes materiais e não homogêneos. (ABDELBASIR *et al.*, 2018).

Na fase de fabricação, a linha de produção de eletroeletrônicos segue uma lógica que não se aplica na fase de desmontagem. Devido a sua característica diversificada, ao se tornarem resíduos os diferentes tipos de equipamentos eletrônicos pós-consumo seguem rotas específicas de transporte, processamento e destinação. No processo de manufatura reversa há necessidade de se agrupar os itens de forma diferente. Para que a segregação seja feita de forma mais eficiente nas unidades de processamento, alguns pesquisadores sugerem que os REEE sejam classificados de forma diferente da classificação de produção, considerando sete categorias: Eletrodomésticos, Eletroeletrônicos, Monitores, Informática e Telecomunicações, Fios e Cabos, Pilhas e baterias, e Lâmpadas (XAVIER *et al.*, 2018).

Os resíduos eletroeletrônicos são resíduos especificamente preocupantes porque, por um lado, são atrativos devido ao preço de mercado de suas peças e componentes; e por outro, contém materiais tóxicos em sua composição. Atraem pessoas leigas, interessadas em desmontá-los para vender as partes comercialmente vantajosas, mas que posteriormente descartam incorretamente no meio ambiente os componentes tóxicos, que apresentam um custo, para elas elevado, para sua adequada destinação final. A queima a céu aberto de fios e placas de circuito impresso para eliminar o plástico e facilitar a recuperação de metais é uma das técnicas inadequadas largamente utilizada. Este processo libera altos níveis de dioxinas - entre os produtos químicos conhecidos mais perigosos para a saúde humana (RIEDERER; ADRIAN; KUEHR, 2013). As cinzas contaminam o ar e, ao se depositarem, contaminam o solo, rios e mares. A percolação destes materiais no solo, que pode alcançar os lençóis freáticos, e/ou seu carreamento pela chuva provocam a contaminação do meio ambiente.

Os principais materiais valiosos presentes nos REEE são os metais e plásticos. Metais ferrosos, alumínio, e cobre – os mais reciclados –, metais preciosos, como ouro, prata, e paládio, encontrados principalmente nas placas eletrônicas de circuito impresso (PCIs); elementos de terras raras e matérias primas críticas como tungstênio, índio, antimônio, cobalto, neodímio, európio, lítio e berílio também podem ser encontrados nos REEE. A placa-mãe de um computador padrão, por exemplo, pode conter 20% de cobre enquanto uma tonelada destas placas pode conter em média 250g de ouro (ABDELBASIR *et al.*, 2018). Vários tipos de plástico presentes nos resíduos eletroeletrônicos possuem valor comercial, tais como polipropileno (PP), poliestireno (PS), copolímero de estireno-butadieno-acrilonitrila (ABS), e policloreto de vinila (PVC), entre outros. A Figura 2 apresenta a massa percentual média dos materiais que compõem um aparelho de telefone celular padrão.

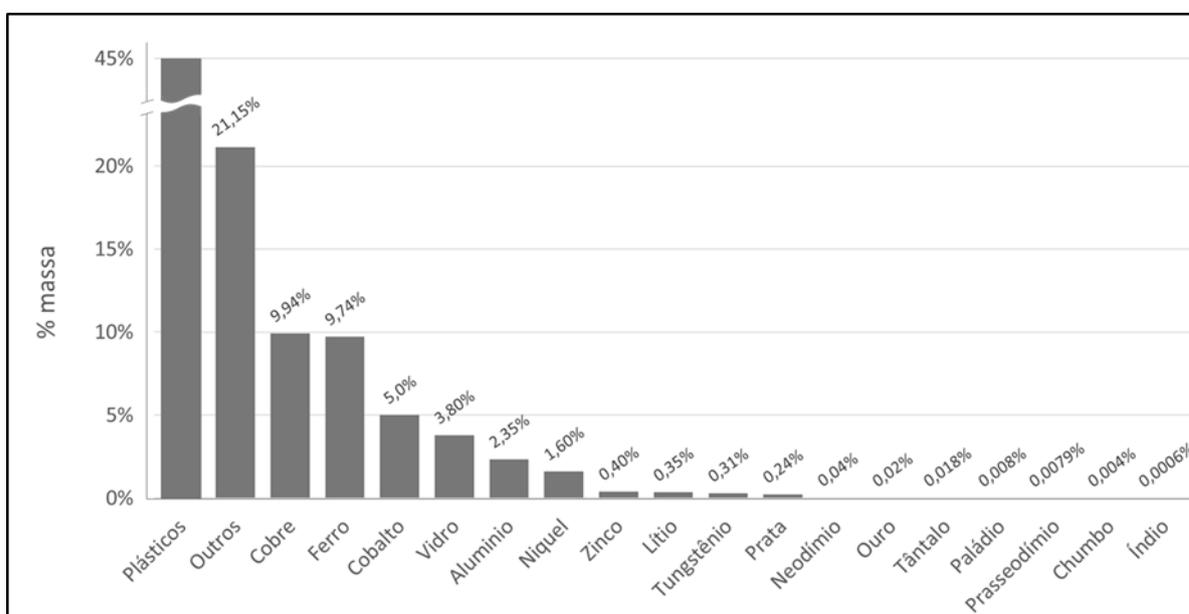


Figura 2 – Composição simplificada de um celular (% do peso total)

Fonte: GSMA, 2015.

O conteúdo perigoso dos REEE é a maior preocupação relativa a este tipo de resíduo (PARLAMENTO EUROPEU, 2003). Vários metais pesados e outros materiais poluentes são utilizados pelas indústrias para a fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos e, se manipulados erradamente e em instalações precárias, podem representar riscos às pessoas e à natureza (RODRIGUES, 2012). No Brasil, os REEE são classificados como resíduo Classe I – Perigosos (ABNT, 2004).

A Tabela 1 apresenta os principais componentes perigosos presentes nos REEE, bem como seus respectivos contaminantes e impactos causados no meio ambiente e na saúde humana.

Tabela 1 – Componentes perigosos dos REEE, contaminantes e impactos

Componente	Contaminante (s)	Impactos
Tubos de raios catódicos (CRT)	Contém cargas de chumbo, bário ou estrôncio , e uma camada bem fina de pó fosforescente (mistura de zinco, cádmio, ítrio e európio) em seu vidro frontal.	O chumbo é um poluente ambiental global, tóxico para plantas, animais e seres humanos; cancerígeno e pode causar graves danos ao sistema nervoso central. O cádmio é cancerígeno e tóxico. Causa danos ao acumular-se nos rins e no fígado.
Lâmpadas fluorescentes	As lâmpadas fluorescentes (<i>cold cathode fluorescent lamps</i> - CCFL), também chamadas de lâmpadas de fundo, são utilizadas para iluminar as telas de TVs, laptops, tablets, celulares e copiadoras. Contém vapor de mercúrio e uma camada de pó fosforescente.	O vapor de mercúrio é facilmente absorvido pelos pulmões, afetando enzimas e proteínas do organismo humano. Causa potencial dano ao cérebro, rins e sistema nervoso central.
Plásticos com retardante de chama	Contém os chamados retardantes de chama bromados (<i>Brominated Flame Retardant</i> – BFR). Há vários tipos de éter difenil polibromados (<i>Polybrominated Diphenyl Ether</i> - PBDE), sendo o mais usado o <i>deca-brominated diphenyl ether</i> (deca-BDE).	Estes aditivos são um poluente orgânico persistente (<i>Persistent Organic Pollutants</i> - POP) no meio ambiente e substância bioacumulativa nos organismos vivos. São potencialmente cancerígenos.
Capacitores	Contém bifenila policlorada (<i>Polychlorinated Biphenyls</i> - PCB), Os mais perigosos são os capacitores grandes, fabricados até 1987, e presentes em eletrodomésticos antigos.	PCBs são um contaminante persistente (<i>Persistent Organic Pollutants</i> - POP) no meio ambiente e substância bioacumulativa nos organismos vivos. São potencialmente cancerígenos e podem provocar alterações na pele, fígado e no sistema reprodutor.
Cartuchos e Toners de impressoras	Os cartuchos e toners de pigmentos coloridos contém metais pesados. Toners contém compostos orgânicos voláteis (<i>Volatile Organic Compounds</i> – VOC). Alguns contém inclusive benzeno .	Os VOCs podem causar alergias, tontura, danos ao fígado e ao sistema nervoso central. Podem contribuir para a redução da camada de ozônio e ser potencialmente cancerígenos, como o benzeno.
Pilhas e baterias	Na PNRS, as pilhas e baterias não são consideradas resíduos eletroeletrônicos, mas comumente estão presentes, acopladas aos equipamentos. Contém metais pesados como níquel, cádmio, zinco . As baterias de ion-lítio são mais leves e por isso bastante utilizadas em equipamentos modernos. As baterias automotivas, também conhecidas como baterias de chumbo-ácido, contém alta carga de chumbo e ácido sulfúrico.	Níquel provoca alergias e afeta os pulmões. Cádmio, mesmo baixas concentrações, é altamente tóxico, podendo afetar rins, ossos e pulmões. Zinco em excesso pode causar náuseas e anemia. Lítio é altamente inflamável, afeta o sistema nervoso e gástrico. O chumbo é um poluente ambiental global, tóxico para plantas, animais e seres humanos; cancerígeno e pode causar graves danos ao sistema nervoso central. Ácido sulfúrico é extremamente corrosivo.

Fonte: ABDELBASIR *et al.*, 2018; SCHLUEP; SPITZBART; BLASER, 2015; WU, 2015.

Um exemplo emblemático da extensão do problema são as televisões com tecnologia de tubo do tipo *Cathode-Ray Tube* (CRT). A tecnologia de televisões de tela plana, de plasma, cristal líquido (LCD) ou LED, começou a se popularizar no mundo nos anos 2000 (SALHOFER; SPITZBART; MAURER, 2012). No período 2017-2018, o Brasil iniciou a migração gradual do sinal de televisão analógico para o digital. Como consequência natural, muitas televisões antigas, do tipo CRT, foram substituídas por televisores digitais de tela plana, e houve um aumento significativo no volume descartado de TV CRT. A organização Programando o Futuro reportou mais de 36 mil TV CRT coletadas e destinadas corretamente durante a campanha do projeto “Caravanas da TV Digital”, realizada em 2017 em 4 estados: Rio de Janeiro, Goiás, São Paulo e Minas Gerais (PROGRAMANDO O FUTURO, 2017). Muitos outros aparelhos, no entanto, foram descartados em locais inadequados – terrenos baldios e corpos d’água – e já propositalmente quebradas e sem suas partes valiosas.

Uma televisão CRT pode conter até mais de 500 gramas de cobre em sua bobina (“yoke”); no entanto, 56% da massa do aparelho é constituída por partes de vidro do tubo CRT, sendo estas partes compostas por vários metais pesados como chumbo, bário e estrôncio, considerado cancerígenos. Uma televisão CRT contém, em média, 1,8 kg de chumbo (ANDREOLA *et al.*, 2005; YUAN *et al.*, 2013).

Por outro lado, os novos televisores de LCD contém, em média, 535g de metais ferrosos, que tem valor comercial. No entanto, contém 77g de tela de cristal líquido, cuja tratamento ambientalmente correto acarreta em custo (SALHOFER; SPITZBART; MAURER, 2012). É preciso incentivar a capacitação em boas práticas nesse mercado para evitar os danos à saúde humana e ao meio ambiente.

3.3 GERAÇÃO DE REEE

3.3.1 Geração no mundo, no Brasil e no Rio de Janeiro

A vida moderna inclui o consumo cada vez maior de equipamentos elétricos e eletrônicos, como eletrodomésticos, equipamentos de som e vídeo, roteadores e modem para conectividade à Internet, celulares e computadores. Em 2019, foram gerados no mundo 53,6 milhões de toneladas de REEE, representando um crescimento de 20,7% em relação a 2014. Neste ritmo, prevê-se que, em 2030, serão gerados no mundo cerca de 74,7 milhões de toneladas (FORTI *et al.*, 2020). Dentre todos os resíduos gerados, os REEE são a fração que mais cresce (WIDMER *et al.*, 2005).

O Brasil é um país com alta taxa de urbanização, com um grande e crescente mercado consumidor de eletroeletrônicos, o que o torna conseqüentemente um grande gerador de REEE. Em 2019, o Brasil manteve a segunda posição nas Américas, com 2,14 milhões de toneladas geradas, um aumento de 42,67% em relação a 2016, quando já gerávamos 1,5 milhões de toneladas. Em termos de geração *per capita*, os brasileiros geraram, em 2019, o equivalente à média de 10,2 kg/habitante (um aumento 37,84% em relação à 2016). Os EUA foram o maior gerador e o México, o terceiro, com 6,92 e 1,22 milhões de toneladas anuais, respectivamente (FORTI *et al.*, 2020; BALDÉ, 2017; IBGE, 2020).

De acordo com a Convenção da Basiléia de 1989, que trata sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, foi proibido, a partir de 1995, a exportação de resíduos perigosos destinados ao reuso, reciclagem, recuperação ou destinação final entre os países da OCDE ou da Comunidade Europeia e os demais países – como, por exemplo, o Brasil (SBC, 2020). No entanto, cerca de 7% a 20% dos REEE gerados no mundo são exportados ilegalmente, sob pretexto de serem destinados a reuso ou como sucata metálica. Estudos indicam que a maior parte dos resíduos seguia fluxos tradicionais a partir de países hemisfério norte para países em desenvolvimento no hemisfério sul, com exigências ambientais menores (SALHOFER *et al.*, 2015; FORTI *et al.*, 2020). Porém, mais recentemente, vêm se percebendo fluxos da Europa Ocidental para países da Europa Oriental e da China, tradicional receptor destes resíduos, para países do Sudeste da Ásia, como Tailândia, Malásia e Vietnã. A partir de 2018, com as restrições impostas pela China à importação de REEE, os países exportadores foram obrigados a buscar novos destinos. A América Latina, e em especial o Brasil, tornaram-se os novos destinos destes resíduos (DIEDLER, 2018). Este volume de REEE importado soma-se ao volume gerado internamente, revelando a dimensão do problema de gestão deste tipo de resíduo.

Em termos de coleta e destinação final ambientalmente adequada, o país ainda tem um longo caminho a percorrer, mas tem havido progressos. O volume anual coletado de REEE no país aumentou 113% em 2018, chegando a 145 toneladas (ABRELPE, 2019), o que ainda representa uma fração irrisória dos REEE gerados no país.

Com base nos dados populacionais e na geração de REEE per capita brasileira, estima-se que no Estado do Rio de Janeiro tenham sido geradas 176,1 mil toneladas de REEE em 2019, sendo 68,5 mil toneladas apenas no município do Rio de Janeiro. Tais volumes representam um aumento na geração de REEE de 40,4% e 42,5%, respectivamente, em relação a 2016 (Baldé *et al.*, 2017; FORTI *et al.*, 2020; IBGE, 2016a; IBGE, 2016b; IBGE, 2020). Segundo dados

gravimétricos da Companhia de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB), tem-se aumentado o volume de REEE descartado junto ao lixo comum domiciliar, conforme mostrado na Figura 3. A COMLURB passou a contabilizar, a partir de 2009, os REEE de forma destacada dos demais resíduos encontrados na coleta domiciliar. Nesse período (2009-2018), o volume total de coleta domiciliar apresenta certa redução, enquanto o volume de REEE ali descartado reflete a tendência de crescimento mundial (QUINTAES, 2020).

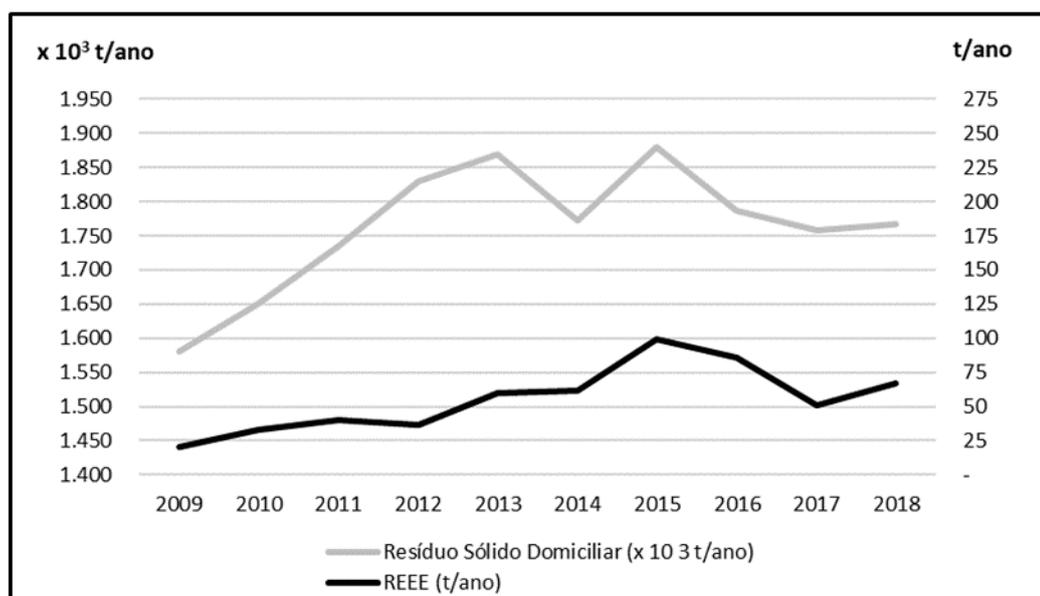


Figura 3 – REEE descartado no lixo comum domiciliar na cidade do Rio de Janeiro (período 2009-2018)

Fonte: QUINTAES, 2020.

3.3.2 Obsolescência Programada

Não se pode falar de geração de resíduos eletroeletrônicos sem mencionar a obsolescência programada. O crescente – e preocupante – volume de descarte de REEE no mundo é resultado de uma combinação de fatores que envolve altas taxas de urbanização, crescente digitalização de serviços e uso da Internet, consumismo elevado de eletrodomésticos e equipamentos eletrônicos, associados à obsolescência planejada, um conjunto de mecanismos que visam reduzir o tempo de vida útil de um produto.

No Brasil, o celular é o produto eletroeletrônico trocado com maior frequência (ASSUMPÇÃO, 2017). Os consumidores substituem seus celulares, em média, a cada 3 anos de uso. Destes, quase a metade (46%) dos celulares são substituídos “porque o novo era mais atual, moderno ou com mais funções” (IDEC, 2013). Estes dados já apresentam uma perspectiva do impacto da obsolescência na geração de REEE no país.

O professor e pesquisador canadense Giles Slade acredita que este nível de descarte alarmante é devido à obsolescência deliberada na produção industrial de eletroeletrônicos. No final do século XIX e início do século XX, a chegada da eletricidade às residências marca o momento em que muitos produtos tradicionais da vida cotidiana começaram a ser rapidamente substituídos por equipamentos elétricos, especialmente nos Estados Unidos, num processo de *obsolescência tecnológica*. Um exemplo clássico, do ano de 1913, é o advento dos automóveis com partida elétrica ao invés de manivela, logo relegados a segundo plano (SLADE, 2007).

Na década de 20, algumas técnicas de marketing da indústria da moda foram adotadas pelos designers da indústria automobilística. Mesmo que não houvesse nenhuma inovação tecnológica importante, um automóvel mais elegante e estiloso se tornava rapidamente um objeto de desejo. Outras indústrias aderiram à mesma estratégia em seguida, manipulando o consumidor através da *obsolescência psicológica*. Ainda que seu aparelho estivesse em perfeitas condições, o consumidor o substituía por um modelo que considerava mais bonito, com mais estilo, funcionalidades ou com maior qualidade (SLADE, 2007).

No entanto, a queda vertiginosa de demanda que se seguiu, durante a Grande Depressão, trouxe de volta antigas práticas de redução de custo, como o uso de materiais de qualidade inferior na produção. Os fabricantes, deliberadamente, forçavam que seus produtos tivessem uma vida útil reduzida através da *obsolescência programada*. Profissionais de comunicação, propaganda e marketing se uniram aos produtores nessa estratégia de incremento do consumo, persuadindo o máximo de consumidores a adquirir “prosperidade” em forma de bens e, conseqüentemente, reaquescendo a economia pós-crise. Uma estratégia adicional é dificultar o acesso a peças de reposição, encarecendo ou impossibilitando o reparo dos bens (SLADE, 2007).

Todas estas formas de obsolescência intencional são utilizadas pela indústria até hoje como forma de incentivar o consumo de seus equipamentos (ASSUMPÇÃO, 2017; OLIVEIRA;GUEDES, 2019).

3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

3.4.1 Etapas básicas

A gestão de REEE no Brasil envolve as etapas de descarte, coleta e transporte, armazenamento, transbordo, tratamento e destinação final (BRASIL, 2010; ABNT, 2013).

O processo se inicia com o consumidor (domiciliar ou comercial), no momento do descarte. O consumidor tem a obrigação de descartar corretamente seu produto eletroeletrônico pós-consumo, devolvendo-o ao comerciante ou distribuidor. Nesta fase, portanto, é fundamental que se apresente ao consumidor as opções para descarte correto, como pontos de entrega voluntária (PEVs) (BRASIL, 2010).

Na etapa seguinte, é realizada a coleta do resíduo, retirando-o de um PEV ou diretamente do gerador – empresa ou domicílio –, e transportando-o para uma unidade de armazenamento temporário. Neste local, um volume maior de resíduos pode ser acumulado e efetuado um transbordo para veículos maiores, reduzindo os custos de transporte até a unidade de tratamento de REEE. No armazenamento temporário, outras ações podem ser antecipadas, tais como a higienização dos resíduos e sua separação/agrupamento por tipo de produto (celulares, impressoras, laptops, microondas, etc.). Em alguns casos, o resíduo é transportado diretamente do ponto de coleta para a unidade de tratamento, não sendo necessária a utilização de um armazenamento temporário.

Na unidade de tratamento, os REEE são inicialmente triados, com o objetivo de se identificar o que ainda pode ter sua vida útil estendida através de reuso ou reparo. Estes equipamentos, em geral, são encaminhados para um setor separado dentro da unidade, e são posteriormente tratados e comercializados, gerando uma receita adicional. Os equipamentos que não podem ser reparados seguem para o setor de manufatura reversa, onde são classificados e armazenados por tipo, como por exemplo: CPU, *notebook*, impressora, mouse, teclado, caixas de som, *tablets*, brinquedos, fones, microondas, liquidificador, etc. Esta separação permite que a equipe de desmontagem se organize de forma a adotar uma linha de desmontagem otimizada, com ferramentas e práticas específicas para cada tipo de REEE, e eventualmente aumentar a eficiência na etapa de desmontagem (SCHLUEP; SPITZBART; BLASER, 2015). As frações obtidas também tendem a ser mais previsíveis e homogêneas, beneficiando a comercialização.

Na etapa de desmontagem, é realizada a separação do equipamento em subcomponentes – no caso de um *notebook*, por exemplo, seriam: tela de cristal líquido (LCD), *hard disk* (HD), *CD-ROM*, teclado, bateria e cabos. Em seguida, cada um destes é desmontado e separado em diferentes frações que compõem os resíduos: peças metálicas (aço e alumínio), partes plásticas, peças de vidro, cabos e fios, bateria, componentes eletrônicos, placas de circuito impresso (PCIs), componentes perigosos (lâmpada fluorescente de fundo, bateria). O tratamento de alguns destes materiais inclui a trituração, seja para reduzir o volume e, conseqüentemente, os custos de transporte, como no caso das placas de circuito impresso, que seguem para

exportação; ou seja para permitir a separação de frações plásticas e frações metálicas, como no caso dos cabos.

Em algumas plantas de desmontagem, certos resíduos como laptops e computadores são desmontados mais demorada e minuciosamente no intuito de obter um material resultante de maior valor comercial, tais como processadores, capacitores, chips de memória, cabos limpos (sem plugues), placas de leitores ópticos, etc. (SCHLUEP; SPITZBART; BLASER, 2015).

Grandes volumes de cada uma das diversas frações obtidas são comercializadas e seguem para suas respectivas cadeias recicladoras. A comercialização envolve conhecimento não apenas do mercado local, mas também intermunicipal e interestadual. Em alguns estados do país, o setor de reciclagem já está mais desenvolvido e organizado (DIAS, 2019a), e acaba tendo mais condições de absorver as frações de PCIs, alumínio, cobre, ouro, plásticos e vidros separadas pelas empresas e cooperativas dos demais estados. No caso das PCIs, a comercialização envolve exportação, ou seja, conhecimento dos atores internacionais e seus representantes no Brasil (ALBUQUERQUE, 2013; DIAS *et al.*, 2018).

A etapa de tratamento de REEE tem como objetivo final a efetiva recuperação de matérias primas secundárias a partir dos eletroeletrônicos, para posterior reinserção na cadeia produtiva, de acordo com os princípios da Economia Circular. A recuperação de materiais envolve processos industriais onerosos e que demandam grande volume, tais como pirometalurgia e hidrometalurgia para obtenção de metais e reciclagem mecânica para recuperação dos polímeros. O Brasil já conta com empresas que efetuam a recuperação de alguns tipos de plásticos oriundos de REEE e o reinserem na cadeia produtiva (ALBUQUERQUE, 2013). No entanto, ainda não existem empresas que efetuem a etapa final de tratamento de metais oriundos de REEE, ou seja, a recuperação de metais (DIAS *et al.*, 2018). Tal processamento é realizado fora do país, em empresas localizadas na Ásia, América do Norte e Europa “que dispõem de tecnologia adequada para fazer o processamento” (ALBUQUERQUE, 2013).

A última etapa da gestão de REEE é a destinação final das frações retiradas dos REEE consideradas rejeitos, ou seja, aqueles materiais que, “...depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010). Ainda segundo a PNRS (BRASIL, 2010), as destinações aceitas como ambientalmente adequadas são apenas duas: a disposição em aterro sanitário ou a incineração, para aproveitamento energético.

3.4.2 Economia Circular

O modelo de produção atual, chamado de Economia Linear, é baseado na extração – produção – consumo – descarte. Este modelo foi adotado desde a Revolução Industrial, permitindo que a produção em massa de bens (roupas, calçados, remédios, alimentos, eletrodomésticos, etc.) trouxesse melhorias à qualidade de vida das pessoas. No entanto, este modelo tradicional vem encontrando dificuldades no cenário de aumento populacional exponencial dos últimos 50 anos, aumento de renda e urbanização (ANDREWS, 2015; SALADO; SICHIERI, 2016). A crescente demanda por bens, associada à progressiva escassez de recursos naturais e crescente geração de resíduos vem aumentando os custos de produção e a volatilidade de preços nos mercados (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Neste contexto, a Economia Circular se apresenta como uma alternativa estratégica, um modelo de produção industrial que intencionalmente prioriza o uso eficiente dos recursos (Bocken, 2017), através de eliminação de desperdícios – materiais, energia e trabalho –, adoção de energia renovável e design inteligente dos produtos, processos e insumos. Desde sua origem, os produtos são planejados para que possam ser facilmente reutilizados, reparados ou remanufaturados, estendendo sua vida útil e, ao alcançarem o estágio de “fim-de-vida”, seus resíduos possam ser desmontados e aproveitados de forma segura como matéria prima secundária (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

No setor de eletroeletrônicos podem ser aplicadas diversas técnicas ligadas à Economia Circular, como por exemplo, o reuso de equipamentos, o reaproveitamento de partes e peças no reparo e remanufatura, o compartilhamento e a servitização de produtos (BOCKEN *et al.*, 2017). Além de reduzir a geração de resíduos, é possível também colaborar na não-geração de poluição: a reciclagem responsável de um único aparelho celular pode evitar a emissão de 1 kg CO₂ equivalente (BAXTER *et al.*, 2016).

3.4.3 Mineração Urbana

O setor de eletroeletrônicos é intensivo em recursos minerais, como metais preciosos, metais pesados e elementos terras raras. Com o crescimento populacional, juntamente com o maior poder de compra e consumismo, a demanda por mais metais tende a crescer (ANDREWS, 2015). Por outro lado, muitos minerais já apresentam escassez, devido à pouca disponibilidade geológica, extração complexa e cara, ou restrições de acesso por razões políticas. Desde 2011, a União Europeia vem elaborando uma lista de matérias-primas críticas, que é atualizada a cada 3 anos. Esta lista tem como objetivos antecipar possíveis dificuldades de abastecimento de

indústria europeia e mitigá-las através de políticas públicas específicas, aumentar a competitividade de sua indústria, estimular a produção interna destes materiais, bem como seu uso eficiente e reciclagem, de acordo com princípios da Economia Circular. A lista de matérias-primas críticas da União Europeia vem crescendo, e atualmente constam 27 elementos. (EC, 2020).

Neste contexto, uma prática que vem ganhando força é a Mineração Urbana, que propõe a recuperação de recursos a partir de fontes secundárias, tais como equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo (XAVIER, 2019). Os depósitos onde são armazenados “produtos como carros, equipamentos eletrônicos, baterias e catalisadores industriais tornaram-se potenciais fontes renováveis de metais”, conhecidas como “minas urbanas”. Como exemplo deste potencial, pode-se mencionar que, através da mineração tradicional de ouro extrai-se em média 5g de ouro por tonelada de minério, enquanto que 1 tonelada de aparelhos celulares podem gerar 340g em média. Da perspectiva da proteção ambiental, reduz-se o impacto da extração e diminui-se a geração de resíduos (HAGELÜKEN; CORTI, 2010).

Em relação aos plásticos, sua proporção nos REEE tem constantemente aumentado, passando de 14% em 1980 a 18% em 1992, 23% em 2005 (BUEKENS; YANG, 2014). O processo de recuperação de frações de plásticos a partir de REEE, e sua reinserção na cadeia produtiva é uma realidade. No entanto, durante a fabricação dos EEE, os plásticos recebem aditivos, tais como retardantes de chama e pigmentos, que visam alterar suas propriedades – cor, inflamabilidade, dureza. A presença de BFRs e metais pesados representa hoje um grande desafio devido ao custo de separar as frações contaminadas dos demais plásticos (FORTI *et al.*, 2020).

3.5 ASPECTOS LEGAIS

A mais importante legislação de resíduos vigente atualmente no país é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada em 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a) e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010b). Ali estão dispostos os princípios, objetivos, instrumentos e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Em seu artigo 6º, a PNRS instituiu como um de seus princípios o conceito de **responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos**, envolvendo não apenas os fabricantes, comerciantes, importadores e distribuidores, mas também os consumidores destes produtos e o setor público de limpeza urbana.

A responsabilidade de cada ente é definida no artigo 33º, que determina que é dos respectivos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a “obrigação de estruturar e implementar sistemas de logística reversa” (coleta, tratamento e destinação final, preferencialmente para a reciclagem) de alguns tipos de resíduos domiciliares e suas embalagens, a saber: pneus; pilhas e baterias; agrotóxicos; óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e de luz mista; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes. O mesmo artigo define também o papel do consumidor, obrigado a descartar corretamente seu produto pós-consumo, devolvendo-o ao comerciante ou distribuidor, sem remuneração. Para regulamentar tais obrigações, podem ser utilizados instrumentos legais expedidos pelo poder público sob forma de decretos, acordos setoriais ou termos de compromisso entre o setor privado e o poder público.

O setor privado, no caso da indústria de equipamentos eletroeletrônicos, é representado por diversas entidades: associações de fabricantes, dentre as quais podemos citar a ELETROS e a ABINEE; associações de distribuidores, como a ABRADISTI; entre outros atores do setor, como a ASSESPRO.

O acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa para o setor de REEE teve seu edital lançado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2013, recebeu várias propostas, que foram sintetizadas em 2014 em uma única proposta, e foi finalmente assinado pelo setor empresarial e pelo Ministério do Meio Ambiente em 31 de outubro de 2019 (SINIR, 2020). O acordo setorial e seus 9 anexos foram regulamentado pelo Decreto nº 10.240, em 12 de fevereiro de 2020.

O “Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes”, como próprio nome diz, refere-se somente aos REEE de uso doméstico, excluindo portanto os equipamentos eletroeletrônicos de “uso para fins governamentais ou corporativos, o uso industrial e o uso comercial por pessoa jurídica”. O documento define o sistema de logística reversa (SLR) que será empregado para coletar e restituir os REEE ao setor empresarial, seja para que eles sejam aproveitados em algum ciclo produtivo ou para qualquer outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). São estipulados detalhadamente: os critérios, a cobertura geográfica e as formas de coleta (pontos de entrega voluntária - PEV, centrais de recebimento fixas ou itinerantes); os tipos de destinação dada aos REEE; as formas de participação do consumidor; e os mecanismos de divulgação destes procedimentos aos consumidores. São estabelecidos, ainda, as metas de coleta e respectivos prazos (SINIR, 2020).

A estruturação do SLR deverá ocorrer em duas fases. Na primeira, até dezembro de 2020, deverá ser criado o Grupo de Acompanhamento e Performance (GAP) e as Entidades Gestoras. O GAP será formado por entidades nacionais representativas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, e será o responsável por coletar os dados de monitoramento, visando prestar, anualmente, informações ao Ministério do Meio Ambiente, as quais serão publicadas no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR. As entidades gestoras são empresas constituídas pelos fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores de EEE para implantar e operar o sistema de logística reversa (SLR) de REEE (BRASIL, 2020). Atualmente, já existem duas entidades gestoras no país: a ABREE, com 28 entidades associadas, e a Green Eletron, com 65 associadas. Ambas já possuem iniciativas em operação-piloto em diversas cidades do estado de São Paulo (ABREE, 2020; GREEN ELETRON, 2020; SINIR, 2020).

A segunda fase ocorrerá ao longo de 5 anos (2021-2025), durante os quais deverão ser instalados cerca de 4900 pontos de entrega nos 400 municípios brasileiros com mais de 80.000 habitantes – sendo 1 PEV para cada 25.000 habitantes. A relação de municípios por estado por ano consta no Anexo VII do Acordo Setorial. Quanto à metas de quantidade de resíduos, ao longo desses 5 anos deverão ser coletados e destinados corretamente, respectivamente, 1%, 3%, 6%, 12% e 17% do peso de EEE comercializado no mercado interno no ano-base de 2018.

Vale detalhar ainda dois aspectos importantes relacionados ao Acordo Setorial:

Aspecto 1) Para estruturar a logística reversa em cada estado ou município, as entidades gestoras deverão habilitar e contratar empresas que tenham a capacidade de efetuar corretamente a coleta, o tratamento e a destinação final. É requisito obrigatório que as empresas participantes estejam devidamente licenciadas pelo órgão ambiental e também em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15833:2018 (quando aplicável) e NBR 16156:2013 (BRASIL, 2020). A primeira norma refere-se à manufatura reversa de aparelhos de refrigeração, especificamente; e a segunda, à manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos em geral, ou seja, aos requisitos necessários para a operação de uma unidade de tratamento de REEE, dentro de condições de proteção ao meio ambiente e controle de riscos de segurança e saúde no trabalho (SST). Esta norma impõe diversas exigências ao empreendimento, tais como: definir sua política ambiental; definir sua política de SST; efetuar o controle de licenças para operação; implantar de um sistema de gestão integrada de REEE, um sistema de rastreabilidade de REEE e um sistema de controle de documentação, procedimentos de comunicação interna; plano de encerramento de atividades;

plano de atendimento a emergências; conduzir auditorias internas periodicamente (ABNT, 2013; ABNT, 2018).

Além destes requisitos obrigatórios, as empresas participantes do SLR de REEE precisam ser aprovadas no processo de habilitação da entidade gestora, atendendo à outras exigências, como por exemplo: descrição de seus principais processos internos, apresentação de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), apólice de seguro, certificações ISO 9000, ISO 14000, OHSAS 18001 e *Responsible Recycling* (R2), entre outros (CAMILO, 2020). A busca por um padrão de excelência na cadeia de gestão de REEE é válida e necessária; no entanto, deve-se ter em mente que a obtenção destas certificações envolve custos de consultoria especializada (R\$ 80,00 por hora)¹ e da empresa certificadora (de R\$ 2.000,00 a R\$ 3.500,00, dependendo do porte da empresa)² (CAMARGO, 2010).

O Acordo Setorial permite, em seu artigo 37º, que as cooperativas e as associações de catadores de materiais recicláveis, que estejam legalizadas e habilitadas, possam integrar o sistema de logística reversa de REEE, mediante contratação por uma entidade gestora (BRASIL, 2020). No entanto, vários estudos apontam a existência de um alto grau de informalidade no setor de REEE no país (ALBUQUERQUE, 2013; DIAS *et al.*, 2018), o que, somado aos custos de obtenção das certificações solicitadas, pode representar um empecilho para a participação deste tipo de entidade.

Aspecto 2) Sistemas de logística reversa são dificultados pelo fato do Brasil apresentar uma extensão territorial quase continental. Há áreas de baixa densidade populacional que, ainda assim, geram resíduos eletroeletrônicos que precisam ser coletados e destinados corretamente (DIAS, 2019a). Após a aprovação do Acordo Setorial, o IBAMA publicou a Instrução Normativa no. 24/2019 (IBAMA, 2019), determinando que o transporte de produtos eletrônicos e seus componentes, de resíduos eletroeletrônicos e de rejeitos eletroeletrônicos não perigosos (conforme norma ABNT NBR 10004:2004) não configura transporte de resíduos perigosos em âmbito interestadual, ou seja, não exige autorização específica. Tal instrução vai de encontro aos objetivos dos itens I-f e I-g do Artigo 8º do Acordo Setorial de estimular a logística reversa de REEE, simplificando os procedimentos e reduzindo o custo do transporte interestadual, seja ele primário, realizado entre os pontos de coleta e o ponto de concentração, onde o material será armazenamento temporariamente e triado, e/ou secundário, realizado entre os pontos de

¹ Valores de 2010.

² Valores de 2010.

concentração e os centros de manufatura reversa, onde então o material será efetivamente desmontado, separado e destinado. No entanto, a legislação brasileira permite que cada Estado adote, a seu critério, regras diferentes das normas federais, desde que sejam mais restritivas. Logo, para que, dentro do SLR de REEE, o custo da componente de transporte seja efetivamente reduzido, é necessário que cada estado adote a mesma premissa que o IBAMA.

O Estado de São Paulo, desde 2016, já havia definido, através da Decisão de Diretoria nº 120/2016/C da CETESB, de 01 de junho de 2016, que os resíduos eletroeletrônicos não constituem resíduos perigosos nas etapas que antecedem a desmontagem e separação de componentes, sendo dispensada a obtenção do Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) para o transporte primário, armazenagem temporária e transporte secundário (CETESB, 2016).

No Estado do Rio de Janeiro, no entanto, o Instituto Estadual do Ambiente – INEA ainda considera os resíduos eletroeletrônicos como resíduos Classe I – Perigosos, com base na norma ABNT NBR 10004:2004, e mantém, em sua norma NOP-INEA-26, relativa a procedimentos de transporte, a exigência de transporte especializado para cargas de REEE (INEA, 2015).

Com relação ao item I-h do Artigo 8º do Acordo Setorial, o INEA apresentou sua contribuição ao adotar medidas simplificadoras através da sua Resolução INEA nº 183/2019. A partir da publicação desta norma, não há mais a exigência de licenciamento ambiental para PEVs localizados no Rio de Janeiro, inclusive aqueles destinados a coleta de eletroeletrônicos, contanto que não realizem no local a comercialização ou qualquer tipo de tratamento dos resíduos ali descartados pelo consumidor (INEA, 2019). Esta norma se torna ainda mais importante quando verificamos que a RMRJ demandará, para atendimento ao total de sua população, cerca de 251 PEVs de eletroeletrônicos (OTTONI; DIAS; XAVIER, 2020).

É importante mencionar que o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, complementa a PNRS e o Decreto nº 7.404/2010, ao assegurar a isonomia entre todos os fabricantes, distribuidores, comerciantes e importadores no tocante à responsabilidade de implantação de sistemas de logística reversa de seus produtos, resíduos e embalagens. O decreto deixa claro que aqueles que não forem “signatários de acordo setorial ou termo de compromisso firmado com a União, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, consideradas as mesmas obrigações imputáveis aos signatários e aos aderentes de acordo setorial firmado com a União” (BRASIL, 2017).

3.6 METODOLOGIAS QUANTITATIVA E QUALITATIVA

As metodologias de pesquisa quantitativa e qualitativa apresentam características que as diferenciam claramente.

O estudo quantitativo busca medir e analisar variáveis quantificáveis, investigando com rigor científico, e de forma neutra e objetiva (TAQUETTE; BORGES, 2019). Os dados são registrados e quantificados de acordo com os indicadores escolhidos e, em geral, apresentados de forma tabulada (MARCONI; LAKATOS, 2011).

A abordagem qualitativa, por sua vez, preocupa-se com a realidade por trás dos números; o universo de “significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes que não são captáveis ou perceptíveis exclusivamente por variáveis matemáticas” (TAQUETTE; BORGES, 2020). Neste tipo de abordagem, o foco é analisar e interpretar aspectos mais profundos do complexo comportamento humano, avaliando, por exemplo, hábitos e tendências comportamentais (MARCONI; LAKATOS, 2011).

Segundo Taquette e Borges (2020), ambas as abordagens são “igualmente úteis” porém “convergentes ou divergentes em vários aspectos”. Com relação ao tamanho da amostra utilizada, por exemplo, na pesquisa quantitativa, a amostra utilizada é, em geral, numericamente ampla, para que seja considerada suficientemente representativa da população estudada, enquanto que na pesquisa qualitativa a amostra é comparativamente menor e intencionalmente escolhida para preencher os critérios de inclusão (amostragem por saturação). Na pesquisa quantitativa, os resultados são obtidos de forma textual, enquanto que no estudo quantitativo são resultados mensuráveis. No entanto, ambas podem apresentar o rigor científico necessário.

Com o objetivo de alcançar os resultados desejados em uma investigação científica, é possível utilizar de forma integrada os métodos qualitativo e quantitativo. Uma abordagem qualitativa-quantitativa é um desafio que permite ao pesquisador “a ampliação do olhar sobre o fenômeno observado” (TAQUETTE; BORGES, 2020). Segundo Duffy *apud* Paschoarelli (2015), o uso combinado de ambos inclusive produz certos benefícios, uma vez que a abordagem quantitativa auxilia no trato de variáveis específicas e no controle de determinados vieses, enquanto a abordagem qualitativa amplia a compreensão dos atores envolvidos e permite visão mais abrangente do objeto estudado.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Neste trabalho, foram estudadas as estruturas física, tecnológica, de recursos humanos e de gestão em empreendimentos que coletam e efetuam algum nível de tratamento de REEE no Rio de Janeiro. Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, que pode ser classificada como descritiva quanto aos objetivos, uma vez que efetuou um levantamento de dados sobre o tema, através de pesquisa bibliográfica e de questionário presencial aplicado em entidades da cadeia de logística reversa de REEE. Quanto aos meios utilizados, classifica-se como pesquisa bibliográfica e de campo. No que se refere à abordagem temporal, é classificada como pesquisa de corte transversal, pois os dados foram coletados em um determinado momento no tempo, e não através da observação contínua, evolutiva, do comportamento da população ao longo do tempo (RAMALHO; MARQUES, 2009; BIROCHI, 2015)

Foi adotada a abordagem integrada qualitativa e quantitativa, na qual ambos os métodos podem ser utilizados em paralelo para compor o resultado de uma pesquisa (RAMALHO; MARQUES, 2009). Os dados foram coletados através da técnica de entrevista individual semiestruturada, utilizando um questionário único com questões quantitativas e qualitativas. Na parte quantitativa do estudo, foram medidos e analisados dados quantificáveis dos empreendimentos, que nos permitiram avaliar a magnitude de cada um destes aspectos. Na parte qualitativa, desenvolveu-se uma pesquisa aplicada do tipo observador-participante, com o objetivo de captar as razões e expectativas da realidade mostrada. (TAQUETTE; BORGES, 2020).

O recorte geográfico da pesquisa seria inicialmente a cidade do Rio de Janeiro, ou seja, o objetivo seria identificar e analisar os empreendimentos que atuavam com REEE na cidade do Rio de Janeiro. No entanto, conforme será detalhado mais adiante, percebeu-se a necessidade de ampliar o escopo para incluir empreendimentos de outros municípios que acabam por participar muito ativamente da cadeia de resíduos eletroeletrônicos do município do Rio de Janeiro.

Neste estudo, não houve distinção entre resíduo de equipamento eletroeletrônico domiciliar, comercial ou industrial.

Neste trabalho, a metodologia adotada compreendeu as seguintes etapas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) identificação dos empreendimentos pesquisados;

- c) desenvolvimento do questionário aplicado;
- d) aplicação do questionário nos empreendimentos definidos;
- e) organização dos dados;
- f) discussão dos resultados;
- g) redação do documento final.

4.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A exploração bibliográfica realizada para apoiar o referencial teórico apresentado no Capítulo 3 deste trabalho foi bastante extensa, de forma a abranger artigos que não apenas abordassem e fundamentassem os temas dos equipamentos eletroeletrônicos e seus resíduos, mas que também os relacionassem à subtemas como: classificação, geração no Brasil e no mundo, etapas da gestão e legislação específica. Em certos momentos, foi necessário aprofundar a pesquisa para envolver conceitos pertinentes, tais como obsolescência programada, economia circular e mineração urbana, e para expandir os conhecimentos sobre as metodologias qualitativa e quantitativa aqui adotadas.

A pesquisa bibliográfica foi um recurso importante para identificar trabalhos científicos que envolvessem aplicação de questionários em entidades de diferentes fases da cadeia de manufatura reversa de REEE e pudessem orientar a elaboração do questionário usado como base deste estudo. As palavras-chave utilizadas, tanto em português como em inglês, foram: “resíduos eletroeletrônicos”, “lixo eletrônico”, “REEE”, “questionário”, “gerenciamento”, “*electroelectronics residues*”, “*e-waste*”, “*WEEE*”, “*questionnaire*”, “*management*”. Diferentes combinações destes termos foram inseridas em diversas bases de dados, como Periódicos CAPES e Science Direct, sites de congressos e instituições, e ferramentas de busca, como Google Acadêmico. Para não restringir excessivamente a busca e obter poucos resultados, não foram empregados outros termos.

Os trabalhos resultantes da busca foram analisados através da leitura dos resumos. Foi possível perceber que, em sua maioria, ou não se referiam à aplicação de questionários ou abordavam outros aspectos que não o tratamento de resíduos eletroeletrônicos. Os três trabalhos selecionados³ como pertinentes, listados na Tabela 2, forneceram muitos elementos para a elaboração do questionário final desejado nesta pesquisa. Tais contribuições são detalhadas no item 4.4.

³ Rodrigues (2012), Callefi e Barbosa (2018) e Dias *et al.* (2018).

Tabela 2 – Trabalhos científicos selecionados

Autor(es)	Tipo	Ano de publicação	Título do trabalho
Rodrigues, Angela Cassia	Tese de Doutorado Universidade de São Paulo (USP)	2012	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.
CALLEFI, Mario Henrique Bueno Moreira BARBOSA, Willyan Prado	Artigo Científico Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas (GEPROS)	2016	Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em Maringá/PR
DIAS, Pablo MACHADO, Arthur HUDA, Nazmul BERNARDES, Andréa Moura	Artigo Científico Journal of Cleaner Production	2018	Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes

Fonte: Elaboração própria.

4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS PESQUISADOS

No intuito de identificar o maior número de empreendimentos existentes na RMRJ que estivessem atuando na cadeia de manufatura reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo, diversas fontes foram consultadas. A primeira delas foi a base de contatos do Projeto LaWEEEda, no qual a autora trabalhou de 2017 a 2020. Trata-se de um projeto da UFRJ voltado para a melhoria da gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. O projeto oferece à comunidade, entre outros serviços, a capacitação gratuita em gestão de resíduos eletroeletrônicos. Além das cooperativas parceiras do projeto, trabalhadores de vários empreendimentos já participaram dos seminários e treinamentos realizados. Através da base de contatos do projeto, foi possível formar uma lista inicial com 16 empreendimentos.

Em busca de outras fontes de consulta, foi realizada, em outubro de 2019, uma visita presencial à Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), que atua no município do Rio de Janeiro. Foram visitadas as áreas responsáveis pela coleta seletiva e pela coleta de inservíveis.

Além do serviço de coleta e disposição final de lixo domiciliar, a COMLURB executa outros serviços para a população, como coleta de entulho e materiais inservíveis, e coleta seletiva. O serviço de coleta de inservíveis recebe móveis, colchões e, eventualmente, aparelhos de TV, geladeiras, fogões, freezers, microondas, etc. De acordo com o funcionário do setor, a empresa não possui serviço de triagem e destinação final para estes bens, que acabam sendo encaminhados para aterros sanitários.

O serviço de Coleta Seletiva da COMLURB não recolhe resíduos eletroeletrônicos em geral, apenas alguns componentes, tais como: cabos, fios, alumínio e ferro (COMLURB, 2020a). No site institucional da empresa, é disponibilizada à população uma relação de 13 empreendimentos que recebem REEE em geral (COMLURB, 2020b). Esses empreendimentos foram adicionados à lista inicial de empreendimentos a serem pesquisados, sendo que nomes duplicados foram desconsiderados. Além disso, durante a visita da autora, o setor de Coleta Seletiva da COMLURB forneceu ainda uma listagem de 23 cooperativas cadastradas⁴ para receberem os resíduos recicláveis coletados pela COMLURB. As cooperativas desta listagem, com exceção das duplicatas, foram adicionadas à lista de possíveis unidades a serem pesquisadas.

Alguns trabalhos científicos também foram importantes fontes de informação sobre empreendimentos atuantes na gestão de REEE no Estado do RJ. Dias *et al.* (2018) realizaram um levantamento nacional, a partir de dados de prefeituras e outros órgãos públicos, e identificaram 134 estabelecimentos que trabalhavam com REEE no Brasil, sendo nove deles no estado do RJ – cinco no município do Rio de Janeiro e quatro em outros municípios do estado. O primeiro autor, Sr. Pablo Dias, através de contatos por correio eletrônico, muito gentilmente forneceu os nomes dos nove estabelecimentos identificados em sua pesquisa, os quais foram adicionados à lista de possíveis unidades a serem pesquisadas (DIAS, 2019b).

O trabalho de Nascimento e Xavier (2017) buscou identificar o *status* da gestão de REEE na cidade do Rio de Janeiro, tanto no âmbito público como no setor privado. Para tal, identificou empreendimentos privados de acordo com determinados critérios, tais como possuir licenciamento adequado. Foram considerados ao final sete estabelecimentos, os quais foram incluídos na lista desta pesquisa.

⁴ Esta lista está disponível também no endereço eletrônico:
<http://www.rio.rj.gov.br/web/comlurb/exibeconteudo?id=11413177>

O “Manual para Destinação de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado do Rio de Janeiro”, publicado pelo Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, orienta os consumidores quanto aos locais de descarte disponíveis no Estado do RJ. Com base neste documento, alguns nomes de empreendimentos que ainda não constavam da lista foram incluídos.

No site institucional do CEMPRE⁵, foi realizada uma busca por tipo de materiais e por categoria de empreendimento. A autora buscou cooperativas e recicladores que trabalhassem com Eletroeletrônicos, obtendo 19 nomes de empreendimentos. Uma contribuição importante foram as sugestões de estabelecimentos recebidas através de conversas com conhecedores do mercado de resíduos. Alguns deles ainda não constavam da lista de empreendimentos de REEE da pesquisa.

A listagem obtida após todas estas consultas reuniu 53 empreendimentos, incluindo informações de nome, endereço, nome de contato e telefone. O passo seguinte foi entrar em contato com cada um deles para confirmar os dados e, principalmente, se atuavam no momento em alguma etapa da manufatura reversa de eletrônicos pós-consumo.

Foram contactadas com sucesso 28 instituições: 19 cooperativas e 9 empresas. Os demais empreendimentos não puderam ser localizados através dos contatos disponíveis, apesar de terem sido feitas várias tentativas em dias e horários diferentes, bem como buscas, via internet, por outros meios de contato.

Dentre as instituições contactadas, 9 cooperativas foram descartadas, pois informaram trabalhar basicamente com materiais recicláveis em geral – papel, plástico, vidro e metal. Segundo os relatos desses atores, o resíduo eletroeletrônico não é coletado intencionalmente; chega eventualmente, misturado aos demais materiais da coleta seletiva, sendo então acumulado e, posteriormente, vendido simplesmente como sucata. Não havia desmontagem nem separação de componentes, ou seja, não era realizado nenhum tratamento dos REEE.

Uma das empresas contactadas informou atuar como assistência técnica e foi descartada, pois neste trabalho não foram considerados estabelecimentos do tipo “ferro-velho”, “sucateiros” e assistências técnicas. Três outras empresas também foram descartadas, sendo que duas informaram não trabalhar com REEE e outra havia sido desativada recentemente. Ao final deste processo, foram descartadas 4 empresas e 9 cooperativas.

⁵ Site institucional do CEMPRE disponível no endereço eletrônico:
<http://www.cempre.org.br/>

A lista final de instituições que trabalhavam com REEE no município do Rio de Janeiro continha 15 nomes. Infelizmente, por questões de logística e disponibilidade em receber a autora, cinco destas localidades não puderam ser visitadas durante a fase de pesquisa de campo. Por outro lado, conforme será explicitado durante a apresentação dos resultados (Capítulo 5), ao longo da pesquisa de campo outras 3 empresas, localizadas fora do município, foram incluídas. Ao final, portanto, foram visitados 13 empreendimentos, que poderão ser vistos mais adiante, no mapa da Figura 4 (Capítulo 5).

Vale ressaltar que o mercado de REEE é bastante dinâmico e, particularmente neste momento de evoluções na legislação, está prestes a sofrer grandes mudanças. Assim, este estudo não teve a pretensa ilusão de abranger a todos os empreendimentos existentes, mas sim procurar conhecer o viés dos diferentes atores envolvidos na cadeia de gestão e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos no momento atual.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO QUESTIONÁRIO APLICADO

Conforme descrito no item 4.2, foi realizada, com o intuito de desenvolver o questionário mais adequado aos objetivos desta investigação, uma pesquisa bibliográfica para identificar trabalhos científicos anteriores que tivessem utilizado o recurso de aplicação de questionários para avaliação de atores de diferentes fases da cadeia de manufatura reversa de REEE. A exploração bibliográfica identificou três estudos científicos cujas estruturas propostas serviram de base para o questionário adotado neste estudo. A seguir, são expostas as particularidades de cada trabalho.

A tese de doutorado desenvolvida por Rodrigues (2012) utilizou, entre outras metodologias, múltiplos questionários para conhecer as características de instituições de todos os elos da cadeia de manufatura reversa de REEE que atuavam em Portugal. A pesquisa incluiu empreendimentos de mercado e órgãos governamentais. Neste caso, a autora definiu os setores da cadeia e aplicou questionários diferentes para cada setor. Os questionários aplicados às unidades que atuavam como Centros de Recepção e Triagem ou Unidades de Tratamento e Valorização – mais próximos do foco do presente estudo – abordavam aspectos relacionados ao local, aos resíduos recebidos (tipos e quantidades, capacidade de processamento, ociosidade, processos e equipamentos adotados), aos funcionários (postos de trabalho, itens de segurança), à comercialização dos materiais, dificuldades e pontos positivos da gestão de REEE no país.

Callefi e Barbosa (2018), por sua vez, objetivaram compreender a gestão de REEE no município brasileiro de Maringá, no Estado do Paraná, através do estudo de caso em uma única

cooperativa local. Para o levantamento dos dados, os autores basearam-se nos questionários elaborados por Rodrigues (2012) e desenvolveram um questionário próprio, simplificado e adaptado à realidade local. Os autores introduziram questões sobre a origem dos materiais recebidos, as parcerias com instituições públicas e a destinação dos rejeitos do processamento.

Com abrangência nacional, o trabalho de Dias *et al.* (2018) buscou identificar quantas e quais entidades atuavam efetivamente com REEE no Brasil. Identificou 134 empresas. Através da aplicação de um questionário, buscou compreender como se dava a atuação de cada uma delas dentro da cadeia de reciclagem de REEE, bem como as relações entre si.

Os trabalhos selecionados abrangem áreas geográficas bem diferentes da qual esta pesquisa pretende abordar. No entanto, o estudo desenvolvido sobre as instituições, tanto nesta pesquisa como naquelas, é bastante similar. Desta forma, os questionários foram bastante úteis como base para o desenvolvimento de um questionário próprio nesta pesquisa.

Os questionários propostos nos trabalhos selecionados foram concatenados para permitir uma melhor análise das perguntas propostas. Algumas questões foram retiradas por serem consideradas repetidas. Após nova revisão, mais profunda e assertiva, no intuito de adequar o questionário aos objetivos desta pesquisa, certas perguntas foram suprimidas; outras, modificadas para dar maior clareza ao respondente, e algumas foram acrescidas ao questionário para obter a amplitude desejada de informação. As perguntas foram ordenadas por similaridade, formando blocos de questões.

A entrevista semiestruturada usada neste estudo é o tipo mais comumente aplicado quando se usa o método qualitativo. Ela permite combinar perguntas abertas e perguntas previamente formuladas (TAQUETTE; BORGES, 2020). O questionário final apresentou 45 questões, sendo 20 questões de múltipla escolha, 11 de resposta livre objetiva e 14 de resposta livre discursiva. Das 45 questões, 8 são consideradas de resposta qualitativa, pois buscam captar a percepção individual de cada respondente sobre determinados aspectos do tema. O tempo de resposta médio estimado exclusivamente para a aplicação do questionário foi de 45 minutos.

As perguntas do questionário foram divididas em blocos relativos aos diferentes subtemas. O Anexo 1 mostra o questionário utilizado nesta pesquisa.

4.5 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Definiu-se que os respondentes dos questionários deveriam ser os gestores responsáveis, ou seja, aquelas pessoas, dentro do empreendimento, que estivessem mais familiarizadas com as atividades desenvolvidas nas unidades de manejo de REEE dentro dos empreendimentos. Nas cooperativas, esta figura é, invariavelmente, o diretor da cooperativa, pois este, além de definir as tarefas, é, em geral, o responsável pelas negociações comerciais dos resíduos. Nas empresas, essa figura foi representada pelo dono da empresa ou pelos funcionários responsáveis pela gestão geral da unidade.

No intuito de identificar as características particulares de cada um dos empreendimentos selecionados, o preenchimento dos questionários em papel foi realizado durante visitas presenciais. Duas das empresas visitadas trabalham de forma apenas virtual, sem sede física. Nestes casos, a entrevista foi realizada em locais públicos previamente combinados.

As visitas foram conduzidas pelos gestores responsáveis. Primeiramente as instalações eram percorridas e apresentadas, e somente depois, em alguma sala mais reservada, era realizada a entrevista para preenchimento do questionário. A duração de cada visita variou em função da dimensão das instalações e do porte da operação dos empreendimentos, e também em função da disposição do respondente em detalhar suas respostas. As visitas tiveram duração total média de 2 horas e 15 minutos.

O período de aplicação do questionário iniciou-se em novembro de 2019 e estendeu-se até fevereiro de 2020, ou seja, durante 4 meses. Estabeleceu-se uma fase inicial piloto para validação do questionário, que se desenvolveu durante a aplicação do mesmo nos cinco primeiros empreendimentos. Segundo Taquette e Borges (2020), o estudo-piloto “ajuda a refinar o instrumento de pesquisa e validar sua aplicação”.

Os diversos comentários feitos pelos gestores destes cinco empreendimentos durante o preenchimento do questionário resultaram na modificação de algumas questões, por razões diversas, tais como: melhorar sua compreensão; agrupar questões afins; ajustar a ordem de alguns dos questionamentos; e, principalmente, incluir opções faltantes em algumas das questões de múltipla escolha. O questionário revisado não comprometeu as cinco respostas inicialmente obtidas e foi então aplicado nos demais empreendimentos.

Durante as entrevistas seguintes, os respondentes, em geral, não apresentaram dúvidas quanto ao teor das perguntas do questionário. Invariavelmente muitas das perguntas, ao provocar a reflexão, suscitavam comentários adicionais sobre o mercado, os materiais ou a

atuação da entidade no setor de REEE. Muitos respondentes citavam outros empreendimentos em seus comentários, comentando sobre suas relações comerciais e pessoais e denotando que este é um mercado que conhecem bem. Alguns empreendimentos mais conhecidos foram citados várias vezes, por diferentes atores. Três respondentes demonstraram conhecimento restrito do mercado, o que os deixava com menos opções comerciais e limitava seu crescimento no setor.

As entrevistas foram gravadas, com as devidas permissões dos respondentes, especialmente no intuito de apoiar a autora como memória auxiliar. Assim, não foi necessário anotar integralmente as respostas longas durante a entrevista, o que poderia prejudicar a dinâmica interpessoal.

4.6 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Neste estudo, os dados foram obtidos a partir de uma entrevista semiestruturada, combinando questões fechadas, típicas da abordagem quantitativa, com um roteiro de perguntas abertas, mais comumente adotados nas pesquisas qualitativas. Os dois tipos de dados resultantes da pesquisa de campo demandam, portanto, uma organização diferenciada para cada um.

Foi elaborada uma versão digital fiel do questionário aplicado, utilizando-se a ferramenta Google Forms. Esta ferramenta permite que as questões fechadas sejam cadastradas com suas respectivas listas de respostas pré-determinadas – permitindo escolher apenas uma opção ou selecionar múltiplas opções. As perguntas abertas podem ser cadastradas com um espaço em branco para as observações dos respondentes.

As respostas de cada um dos 13 questionários obtidos foram cuidadosamente cadastradas para seu respectivo formulário individual online. Em seguida, as gravações foram ouvidas atentamente, várias vezes quando necessário, para confirmar os detalhes das anotações e garantir que as respostas refletissem exatamente o que foi informado pelo respondente.

Ao final, a própria ferramenta se encarrega de gerar uma planilha contendo todas as respostas dos entrevistados, sejam elas quantitativas ou qualitativas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo principal de identificar e analisar como é efetuada a gestão de resíduos eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, foi aplicado, presencialmente, um questionário semiestruturado em empreendimentos que trabalham com REEE.

Durante a realização da pesquisa, foram visitadas 10 instituições no município do Rio de Janeiro e 3 instituições fora do município, no total de 13 empreendimentos, cujas localizações são mostradas no mapa da Figura 4.

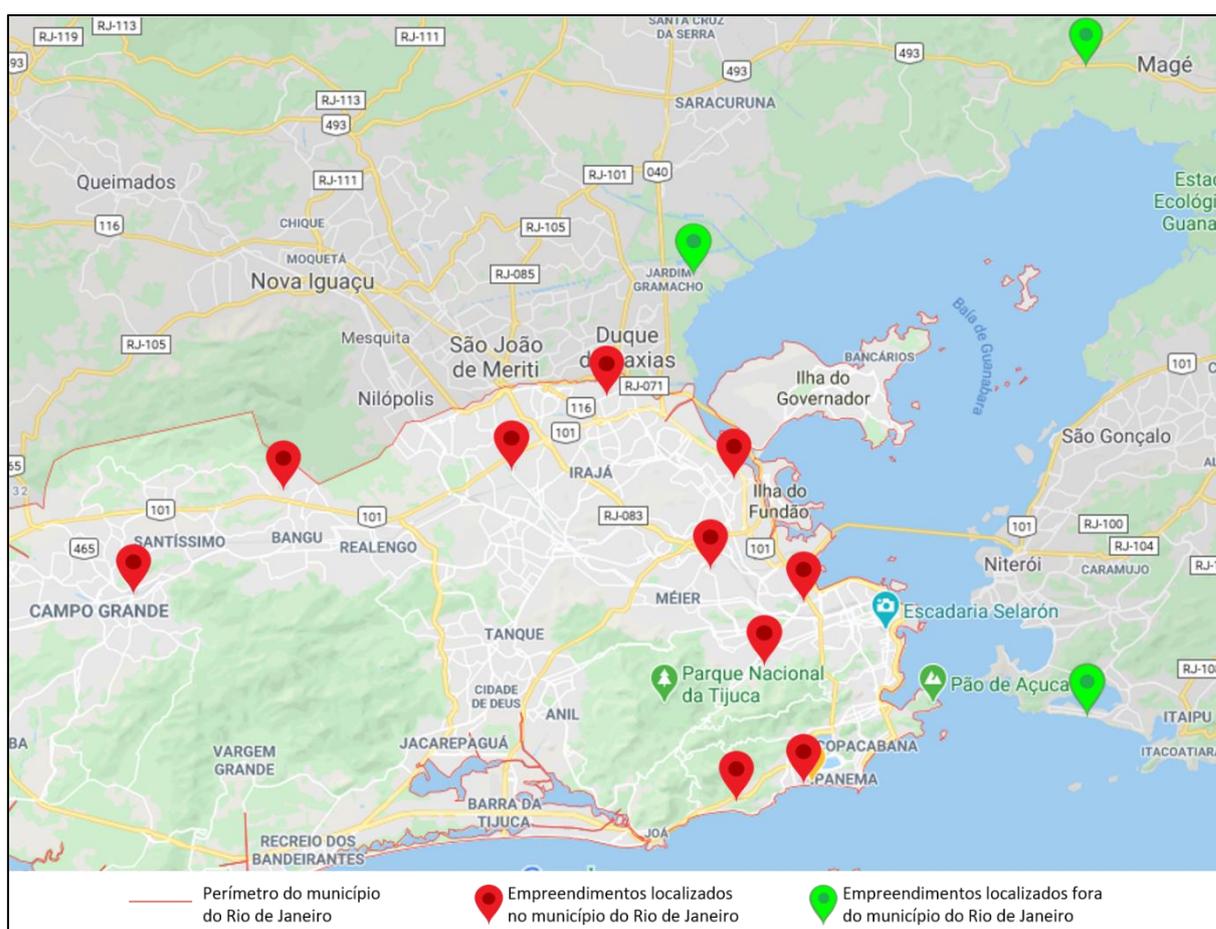


Figura 4 – Empreendimentos visitados para pesquisa sobre resíduos eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria.

Neste estudo, o recorte geográfico inicialmente planejado era limitado apenas ao município do Rio de Janeiro. No entanto, durante as primeiras interações da pesquisa, já foi possível perceber que o foco deveria ser ampliado para alcançar a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, devido a duas situações que puderam ser observadas naquele momento:

- a) Há fluxos comerciais que transbordam os limites geográficos da cidade e incluem atores importantes que estão situados em outros municípios do estado do Rio de Janeiro e até mesmo de outros estados.
- b) Alguns empreendimentos localizados fora da cidade do Rio de Janeiro coletam boa parte de seu material diretamente de geradores no mercado carioca.

Tais observações encontram embasamento adicional no relato de Albuquerque (2013) sobre a forte interrelação entre os estabelecimentos dos municípios do Rio de Janeiro e de Duque de Caxias. Xavier *et al.* (2018) e Dias *et al.* (2018) também identificaram, em seus estudos, empreendimentos de outros municípios do Estado atuando como prestadores de serviço importantes na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro é formada atualmente por 22 municípios do Estado do Rio de Janeiro, a saber: Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, Queimados, Seropédica, São Gonçalo, São João de Meriti, Tanguá, Cachoeiras de Macacu e Rio Bonito.

5.1 PERFIS DOS EMPREENDIMENTOS ENTREVISTADOS

Para manter o anonimato dos entrevistados, os respondentes foram numerados de 1 a 13, na ordem em que foram sendo entrevistados. As letras E e C foram utilizadas para identificar Empresas e Cooperativas, respectivamente.

Os empreendimentos entrevistados nesta pesquisa atuavam em diferentes modelos de negócios, e muitas vezes interagiam entre si. De modo genérico, seus perfis podem ser resumidos e agrupados conforme descrito a seguir.

Grupo 1 – não eram dedicados exclusivamente a REEE

- I. recebiam recicláveis da coleta seletiva da COMLURB (inclui REEE) – 10C
- II. coletavam recicláveis + REEE de pessoas físicas – 1C
- III. coletavam recicláveis + REEE de pessoas físicas e contratos corporativos – 2C, 3C, 8C
- IV. coletavam certos resíduos perigosos e REEE de contratos corporativos – 13E
- V. coletavam todos os resíduos dos clientes corporativos – 4E, 6E

Grupo 2 – eram dedicados exclusivamente a REEE

- I. coletavam todo tipo de REEE de pessoas físicas e contratos corporativos – 5C, 9E, 11E
- II. compravam partes e peças específicas – 7E, 12E

Os empreendimentos informaram que, de acordo com as atividades que exerciam, se encaixavam nas seguintes fases da cadeia de gestão de REEE:

Tabela 3 – Atuação dos empreendimentos nas etapas da cadeia de gestão de REEE

Empreendimentos	1C	2C	3C	4E	5C	6E	7E	8C	9E	10C	11E	12E	13E
Etapas da cadeia													
Gerenciamento				X		X							
Coleta / transporte primário	X	X	X		X			X	X	X	X		X
Armazenamento	X	X	X		X			X	X	X	X		X
Desmontagem	X	X	X		X			X		X	X		X
Separação de frações	X	X	X		X			X		X	X		X
Comercialização de frações	X	X	X		X		X	X		X	X	X	X
Coleta / transporte secundário							X					X	
Valorização							X					X	
Trituração												X	
Exportação de PCI							X					X	

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 3, podemos ver a verticalização dos empreendimentos e seu posicionamento na cadeia de logística reversa. Em Rosa, temos os empreendimentos 4E e 6E, que efetuam apenas o gerenciamento da logística reversa dos REEE (será detalhado mais adiante, na seção 5.3). Em Amarelo, temos a empresa 9E que apenas coleta e armazena, pois transporta para processamento em outro estado. Em Azul, temos os empreendimentos que coletam, transportam, armazenam, desmontam e comercializam as frações. Em Cinza, temos os que se posicionam no final da cadeia, comprando dos demais os materiais já processados e exportando-os.

5.2 SITUAÇÃO INSTITUCIONAL

Em relação ao tempo de operação no mercado, 61.5% dos entrevistados operavam a menos de 5 anos no setor de REEE, conforme indicado na Figura 5.

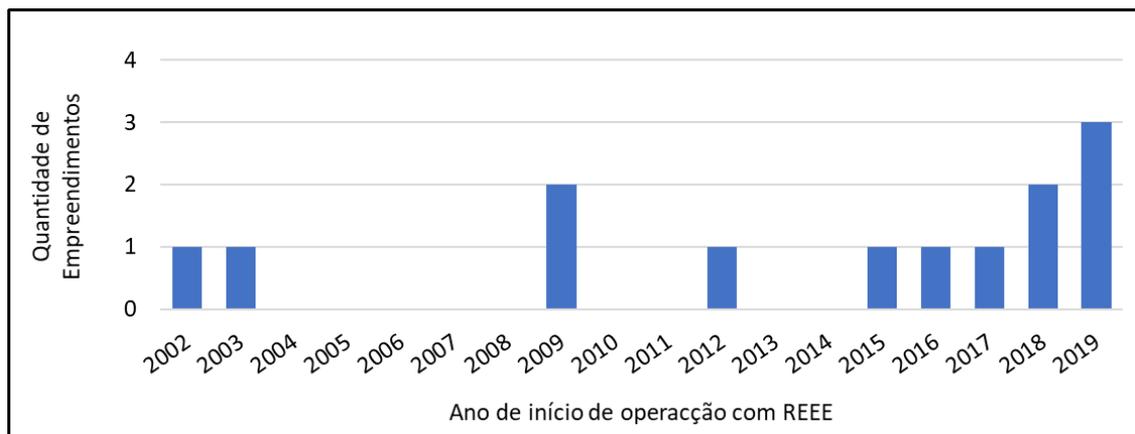


Figura 5 – Ano de início de operação dos empreendimentos no setor de REEE

Fonte: Elaboração própria.

Das 13 entidades visitadas, 7 eram empresas (4E, 6E, 7E, 9E, 11E, 12E e 13E) e 6 eram cooperativas (1C, 2C, 3C, 5C, 8C e 10C), conforme mostra a Figura 6. Todas já possuíam registro no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), exceto uma cooperativa em processo de regularização (10C) e uma empresa – uma *startup* em fase de estruturação (11E). A cooperativa 10C informou que estava recebendo consultoria jurídica de uma associação carioca de apoio ao cooperativismo.

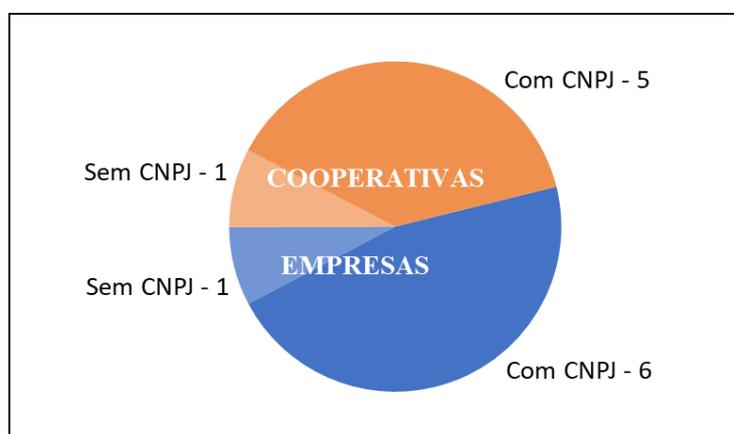


Figura 6 – Tipos de empreendimentos visitados e seus registros jurídicos

Fonte: Elaboração própria.

Dez entre as treze unidades pesquisadas (76,9%) possuíam *site* institucional na internet. Apenas três – as duas entidades sem CNPJ (10C e 11E) e mais a unidade operacional 1C – não possuem *site* institucional na internet. A *startup* (11E), porém, possuía presença em rede social (página institucional no Facebook), onde mostrava suas ações, parcerias e interagia com seu público para coleta de materiais. A presença de 1C na internet limitava-se à página institucional, no Facebook, do projeto de coleta seletiva que originou a criação da cooperativa. Nesta página,

eram apresentadas apenas as realizações do projeto. No entanto, a cooperativa realizava outras atividades, que não são mostradas na internet por não ter um *site* institucional próprio.

Dentre as cooperativas, quatro (2C, 3C, 8C e 10C) responderam não possuir licenças ambientais porque, de acordo com a Resolução CONEMA nº 56, emitida em 13 de dezembro de 2013, há inexigibilidade de licenciamento ambiental para cooperativas de catadores de resíduos sólidos recicláveis que atendam a determinados critérios – menos de 100 colaboradores, área inferior a 2000 m², entre outros (CONEMA, 2013). A unidade 1C informou que possuía licença ambiental, obtidas pelo INEA. Porém, a autora não localizou, no site do INEA, nenhuma licença relacionada ao CNPJ desta cooperativa. A unidade 5C mostrou, durante a visita, sua Licença Ambiental Municipal válida, emitida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMAC, que permite a estocagem de REEE e de resíduos não perigosos. Segundo o entrevistado, esta licença estava em processo de atualização para englobar as atividades de transporte, segregação e descaracterização.

Dentre as empresas entrevistadas, quatro afirmaram possuir licença de operação para trabalhar com resíduos eletroeletrônicos (7E, 9E, 12E, e 13E), sendo que a 9E mencionou que a detentora das licenças é a matriz, localizada no Estado de Minas Gerais. As unidades operacionais 4E e 6E informaram que não necessitavam possuir licença por não armazenarem, transportarem, processarem ou destinarem resíduos: apenas seus parceiros teriam essa obrigação legal. Percebe-se portanto que menos da metade dos empreendimentos entrevistados (46,1%) possui licença ambiental formal para operar com REEE.

Em termos de certificações obtidas, apenas duas instituições informaram possuir algum tipo de certificação especial. A instituição 5C possui certificado da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA que permite trabalhar com resíduos provenientes de aeroportos. A unidade operacional 12E possui certificações ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade) e ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental). As demais instituições (84,6%) não possuem qualquer tipo de certificação.

5.3 LOCAL DE TRABALHO

A norma ABNT NBR 16156 (ABNT, 2013) estabelece os padrões que devem ser atendidos pelas organizações que trabalham com manufatura reversa de equipamentos eletroeletrônicos. Em seu item 4.4.6.3 - Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos perigosos, demonstra especificamente a preocupação com a fração perigosa dos REEE e determina que no

local de trabalho devem ser adotadas certas práticas e procedimentos que garantam “a proteção ao meio ambiente e à segurança e a saúde no trabalho”. Dentre outras recomendações, deve ser garantida, no mínimo: “a proteção às intempéries, minimização de derramamentos acidentais e a segurança contra a entrada de pessoas não autorizadas”. Estes relevantes aspectos relativos área de trabalho foram observados durante a visita e os resultados são mostrados na Figura 7.

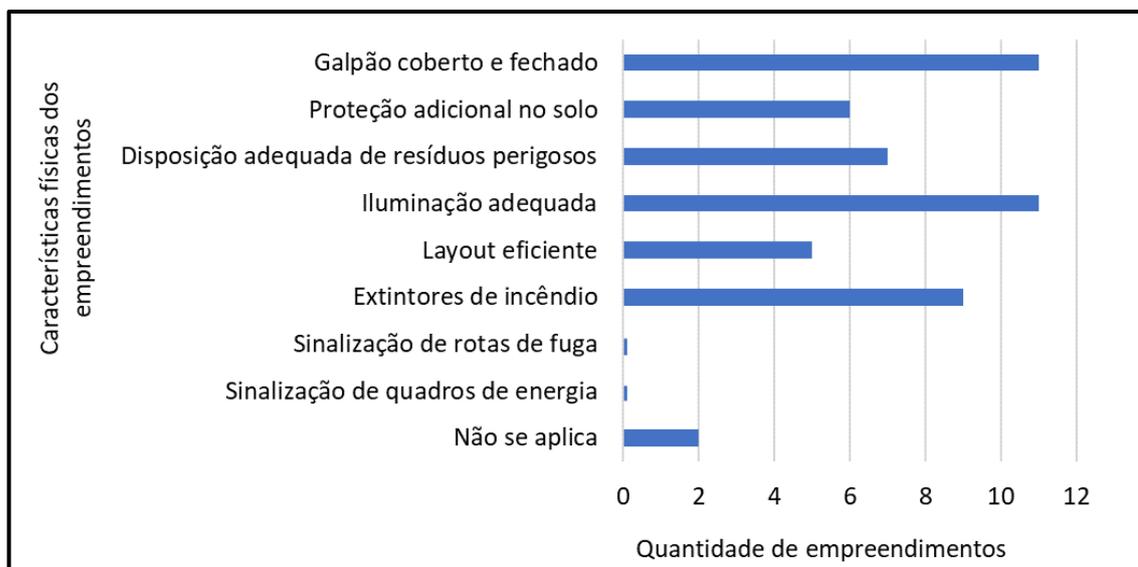


Figura 7 - Caracterização da área de trabalho das unidades produtivas que trabalham com REEE no Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria.

Neste ponto é importante comentar que, conforme mencionado anteriormente, no item 4.5, dois dos empreendimentos pesquisados trabalhavam de forma virtual, sem sede física ou galpão (4E e 6E) e, por isso, responderam “Não se aplica” à todos os itens desta parte do questionário. O modelo de negócio destes dois empreendimentos é diferente dos demais. Eles operam como facilitadores na gestão de resíduos sólidos de seus clientes. São responsáveis por coletar, processar e destinar todos os resíduos gerados por seus clientes, inclusive REEE, porém tudo isto é feito através de parcerias. A coleta dos resíduos, por exemplo, é realizada por empresas com estrutura de transporte e logística, que os encaminham diretamente para outros parceiros, pré-definidos de acordo com o tipo de resíduo. Já o processamento e a destinação de resíduos orgânicos putrescíveis é realizado por empresas de compostagem. As embalagens recicláveis são encaminhadas a cooperativas de catadores de materiais recicláveis, que efetuam a triagem e destinação final destes materiais. Os resíduos perigosos coletados nos clientes, como eletroeletrônicos, pilhas e baterias são direcionados para seus respectivos sistemas de logística reversa ou para instituições especializadas no tratamento e na destinação final deste tipo de

resíduo. Os rejeitos são encaminhados diretamente para o aterro sanitário. Um treinamento prévio e periódico da equipe de funcionários dos clientes garante que a separação dos resíduos seja efetuada na origem, permitindo que o sistema funcione. A empresa 4E relatou que este modelo de negócio vem se expandindo e já pode ser encontrado em outras regiões do país.

Os demais onze empreendimentos possuíam local coberto e fechado para armazenar e processar os REEE, com galpões, casas de alvenaria (11E e 13E) ou contêineres (1C e 9E). O local coberto é fundamental para proteger os materiais das intempéries, que podem provocar deterioração nos resíduos e, conseqüentemente, algum tipo de contaminação ou desqualificação. É importante também que as unidades de processamento sejam fechadas, com portões e cadeado. De acordo com vários respondentes, os REEE são um material de alto valor agregado e, justamente por isso, na prática são alvo de roubos por indivíduos sem capacitação adequada que tencionam desmontá-los apenas para retirar e vender as partes mais valiosas; não raro, danificam desnecessariamente os materiais valiosos e, o mais grave, abandonam as frações contaminantes dos REEE em locais inadequados, prejudicando o meio ambiente e a saúde humana e animal.

Nos nove empreendimentos cobertos e fechados que não eram contêineres, o solo das áreas destinadas ao tratamento de REEE era revestido por pisos cimentados (impermeáveis). Destes, há seis instituições que adotaram o procedimento de armazenar os REEE sobre pallets ou em gaiolas com pés (Figura 8). Tal medida é uma proteção adicional ao solo e à saúde dos trabalhadores, pois previne a deterioração dos materiais enquanto armazenados e permite que eventuais vazamentos sejam mais rapidamente identificados e controlados.



Figura 8 - Pallets e engradado metálico usado para armazenar os REEE na unidade 3C.

(Fotografia: Claudia Khair - Nov./2019)

O correto armazenamento de resíduos perigosos como pilhas, baterias e lâmpadas também é uma medida de proteção importante (SCHLUEP; SPITZBART; BLASER, 2015). Dos onze empreendimentos que lidam fisicamente com os REEE, sete deles possuíam recipientes destinados a armazenar corretamente estes materiais, como caixas de madeira ou bombonas plásticas. Dois outros ainda não possuíam local adequado para esta finalidade (1C e 2C) e dois não aceitavam este tipo de resíduos (7E e 8C). Ambos relataram que informam previamente aos fornecedores de resíduos sobre o que pode e o que não pode ser encaminhado para descarte na instituição e que se, por algum acaso, pilhas, baterias ou lâmpadas fossem recebidas misturadas aos demais resíduos, a devolução imediata destes itens seria solicitada, e o custo desta operação repassado ao fornecedor daqueles resíduos.

De acordo com a Portaria nº 25, de 29.12.94 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, em seu Anexo IV, os itens: iluminação inadequada, arranjo físico inadequado e a probabilidade de incêndio estão entre os principais riscos ocupacionais, relacionados no Grupo 5 – “Riscos de Acidentes” (BRASIL, 1994). A iluminação adequada no ambiente da manufatura reversa alivia o esforço visual e previne acidentes durante o manuseio das ferramentas de desmontagem. Todos os 11 empreendimentos que possuíam instalações físicas informaram considerar adequada a iluminação do local onde são processados os REEE. Durante as visitas, realizadas em horário diurno, a autora observou que havia iluminação suficiente. A unidade operacional 2C mostrou uma interessante luminária, feita por eles próprios, usando painéis de televisores de LED pós-consumo (Figura 9). Retiram o vidro e as películas frontais, e utilizam os painéis como potente fonte de luz, fixados no alto sobre as mesas de trabalho.



Figura 9 - Luminária feita com painéis de LED no empreendimento 2C.

(Fotografia: Claudia Khair - Nov./2019)

Um layout considerado eficiente é um arranjo físico das seções tal que possibilite o melhor fluxo de processos dentro da unidade de tratamento de REEE. Evita que o material se acumule em determinada seção, ou que tenha que ser deslocado várias vezes por um mesmo espaço, colaborando na prevenção de acidentes. Cinco empreendimentos apresentaram um layout adequado em suas instalações físicas de tratamento de REEE. Nos outros seis, foram observados arranjos físicos que dificultavam o processamento dos resíduos. Em 8C e 5C, por exemplo, a área reservada para armazenar os REEE recebidos que aguardam a triagem estava bastante desorganizada, dificultando, e até obstruindo em alguns pontos, a circulação dos colaboradores no galpão. Em 10C, o galpão onde era feita a triagem de resíduos eletroeletrônicos para separá-los dos demais recicláveis ficava distante do cômodo fechado onde os REEE eram efetivamente desmontados, e os colaboradores precisavam então transportá-los manualmente.

Os respondentes foram questionados também quanto à existência de equipamentos de proteção coletiva, como extintores de incêndio, sinalização de rotas de fuga e sinalização de quadros de energia. Dois empreendimentos (4E e 6E) não possuíam instalações físicas, ou seja, a pergunta não se aplicava a eles. Dois respondentes informaram não possuir nenhum tipo de proteção contra incêndio (9E e 11E) e nove empreendimentos informaram que suas instalações estavam equipadas apenas com extintores. Apesar de ser um percentual grande de respondentes com extintores (69,2%), este procedimento é insuficiente para mitigar os riscos existentes. Durante o breve período de execução deste trabalho, uma das cooperativas visitadas, ainda que equipada com extintores, foi destruída por um incêndio⁶. Felizmente, não houve feridos. Porém, houve grandes prejuízos financeiros: além dos materiais coletados atingidos pelo fogo, a estrutura física do galpão foi severamente danificada e comprometida e, até que sejam executados os devidos reparos, a cooperativa não poderá funcionar naquele local. No ano de 2020, até o momento, há notícias de ao menos outras seis cooperativas no Brasil que tiveram o mesmo problema⁷. Aparentemente, a combinação de um local de grande concentração de

⁶ <https://www.facebook.com/catadores/videos/cooperativa-pega-fogo-no-rio-de-janeiro/557685058257282/>

⁷ - <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2020/01/02/incendio-destroi-cooperativa-e-assusta-moradores-em-cajati-sp.ghtml>
- <https://educacao.uol.com.br/videos/index.htm?id=incendio-destroi-cooperativa-de-bauru-04028C1B3760D4B96326>
- <https://blogsci.com.br/2020/03/05/incendio-atinge-galpoes-em-duque-de-caxias/>
- <https://prensadabel.com.br/index.php/2020/07/08/cooperativa-de-reciclagem-de-lixo-pega-fogo-em-buzios/>
- <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2020/07/29/incendio-em-anexo-de-barracao-de-reciclaveis-mobiliza-corpo-de-bombeiros-em-emilianopolis.ghtml>
- <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2020/08/05/incendio-atinge-parte-de-cooperativa-de-reciclagem-no-df-e-mobiliza-corpo-de-bombeiros.ghtml>

material inflamável com a falta de extintores, sistemas de sprinklers, alarmes de incêndio, ou rotas de fuga sinalizadas representa um grande risco para este tipo de atividade.

Neste estudo, buscou-se conhecer também o tamanho das áreas dedicadas ao tratamento de REEE. Dentre os onze respondentes que atuavam com estrutura física, havia grande variedade de tamanhos: alguns tinham áreas bem grandes e outros, bem pequenas. As instituições que trabalhavam exclusivamente com resíduos eletroeletrônicos dedicavam, obviamente, toda a área disponível integralmente ao processamento de REEE. Neste estudo, cinco respondentes operavam exclusivamente com REEE. Três deles (12E, 5C e 7E) possuíam as unidades com as maiores dimensões – de 400 m², 560 m² e 580 m², respectivamente – e dois respondentes iniciantes (9E e 11E), com áreas inferiores a 30 m². No caso das seis instituições que trabalham com vários tipos de resíduos recicláveis, foram consideradas apenas as áreas de trabalho utilizadas exclusivamente para o processamento de REEE. Em cinco instituições, estas áreas apresentaram dimensões entre 200 m² e 360 m². A 1C, no entanto, no início 2019, foi remanejado pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro para um local temporário, onde podia contar apenas com um contêiner de 6 m² para suas atividades com REEE. A unidade 2C possuía apenas 200 m² dedicados aos REEE, mas ressaltou que, caso obtivesse um volume maior de material para processar, poderia chegar até 600 m².

5.4 MÃO DE OBRA

Dentre os treze entrevistados, cinco deles atuavam de forma dedicada exclusivamente a REEE, ou seja, possuíam mão de obra altamente especializada, com funções bem definidas. Em média, possuíam 5 funcionários fixos, variando de 2 a até 8 funcionários em algumas unidades. As funções mais comuns apontadas foram de Desmontagem e Gerente / Comercial. O Respondente 9E contou que, no seu caso, o motorista era também responsável pela coleta e, ao chegar à empresa, efetuava também a função de triagem. Dois empreendimentos (5C e 12E) possuíam vários colaboradores na função de desmontagem. Para diferenciar a remuneração de funcionários mais experientes e/ou com maiores responsabilidades, foram atribuídos cargos diferentes dentro da mesma função, tais como: líder de produção, ajudante de produção, e maçariqueiro. O Respondente 5C comentou ainda que tarefas de desmontagem que exigem maior força muscular são atribuídos aos homens da equipe, enquanto que as mulheres desempenham melhor as tarefas que exigem maior delicadeza.

Três empreendimentos não dedicados exclusivamente a REEE mas que, ainda assim, tratavam um volume de resíduos considerável, optavam por um sistema misto. Mantinham alguns funcionários especializados fixos, atuando nas funções de desmontagem (2C, 8C e 13E) e de manutenção de eletrônicos (2C). Quando necessário, outros funcionários efetuavam, de forma compartilhada, tarefas administrativas, comerciais, gerenciais, de coleta ou de transporte ligadas aos REEE. Estes empreendimentos chegavam a contar com até 5 colaboradores envolvidos simultaneamente no processamento de REEE. O respondente 8C explicou que coletava um volume pequeno e constante de eletroeletrônicos e, por isso, mantinha um funcionário fixo bastante experiente atuando na desmontagem. Quando há uma boa quantidade de subprodutos já segregados, um dos gestores da unidade efetuava a comercialização e respectivas tarefas administrativas (controles internos, emissão de notas fiscais, etc.).

Os demais cinco empreendimentos, também não dedicados exclusivamente a REEE, informaram que normalmente processavam um volume de resíduos eletroeletrônicos menor e inconstante e, por isso, não possuíam funcionários fixos dedicados às funções de tratamento de REEE. Sempre que recebiam um grande volume de REEE ou quando surgia uma condição comercial momentaneamente favorável, deslocavam até 4 funcionários de suas posições habituais para trabalhar no tratamento de REEE. O respondente 3C informou que um de seus clientes descartava, algumas vezes ao ano, grande quantidade de um mesmo equipamento eletrônico. No momento da visita a este empreendimento, havia várias caixas repletas de *tablets*. Nestas ocasiões, ele combinava com a equipe um dia específico para a desmontagem destes resíduos para, assim, obter subprodutos em grandes quantidades e melhores preços de venda. O respondente 10C explicou que, por receber pequenas quantidades de diferentes eletroeletrônicos a cada semana, através da doação de coleta seletiva da COMLURB, preferia acumulá-los em uma certa área da cooperativa. A cada 3 meses, aproximadamente, contratava temporariamente um profissional experiente na triagem de REEE para verificar o que pode ser reaproveitado, consertado e vendido ou desmontar os equipamentos para venda dos subprodutos.

Considerando a soma total de colaboradores fixos e temporários informada por todos os treze empreendimentos entrevistados, a Figura 10 mostra a distribuição destes funcionários por cada função existente nas etapas de processamento de REEE. A função de Coleta e Transporte inclui os coletores, auxiliares de coleta e motoristas. A função de Desmontagem engloba todas as denominações de cargos desta etapa, sejam desmontadores, líderes de operação, auxiliares de operação, maçariqueiros ou empilhadores. A função de Administrativo engloba também os

auxiliares administrativos citados e a função Comercial inclui os cargos envolvidos na compra de materiais e na venda dos subprodutos ou frações.

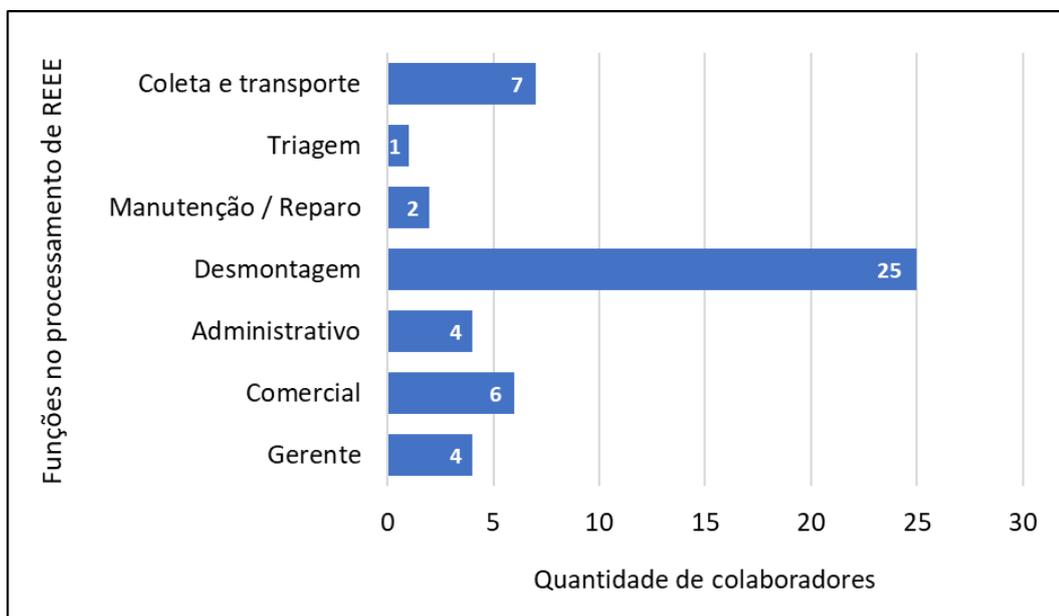


Figura 10 - Quantidade total de colaboradores dos empreendimentos pesquisados, distribuídos por cada função existente no processo de tratamento de REEE.

Fonte: Elaboração própria.

A Desmontagem é a função que absorve mais mão de obra (51%) em todas as instituições, pelo fato de ser um trabalho executado de forma manual e pouco sistemática em todas elas. As funções ligadas à gestão, administração e comercialização dos resíduos vêm logo em seguida, com 28,5% dos funcionários. O setor de Manutenção e Reparo de equipamentos, com apenas 4% da mão de obra, deveria receber maior apoio, uma vez que muitos equipamentos reparados alcançam maior valor de venda do que suas peças separadamente. Além disso, de acordo com os princípios da Economia Circular, a extensão da vida útil dos equipamentos deveria ser mais incentivada.

Os funcionários que manuseiam resíduos eletroeletrônicos devem utilizar determinados equipamentos de proteção individuais (EPI) no intuito de evitar acidentes, como mostrado na Figura 11. Segundo Schluep, Spitzbart e Blaser (2015), os EPIs recomendados para manuseio de REEE são:

- luvas de segurança, de material resistente que proteja mas permita manter o tato;
- botas resistentes, para proteção contra quedas de equipamentos ou ferramentas;
- óculos de proteção, especialmente no uso de marretas para desmontagem;
- uniformes, para proteger a pele de tintas e poeiras;

- aventais, feitos de tecido resistente, para trabalho com peças de vidro ou metal;
- protetores auriculares, necessário em ambientes de operação muito barulhentos.



Figura 11 - Colaboradora do empreendimento 2C com EPIs (luvas, óculos de proteção e uniforme) na desmontagem de REEE.

(Fotografia: Claudia Khair - Nov./2019)

Todos os onze empreendimentos que possuíam estrutura física informaram que seus funcionários utilizavam equipamentos de proteção individuais (EPI). A Figura 12 mostra quais EPIs eram mais comumente adotados pelos empreendimentos. No clima tropical do Rio de Janeiro, muito quente e úmido, é difícil para os trabalhadores se disciplinarem ao uso de EPIs. No entanto, durante as visitas, foi possível observar que os funcionários realmente utilizavam botas, luvas e uniformes durante o trabalho, e alguns estavam inclusive com óculos de proteção.

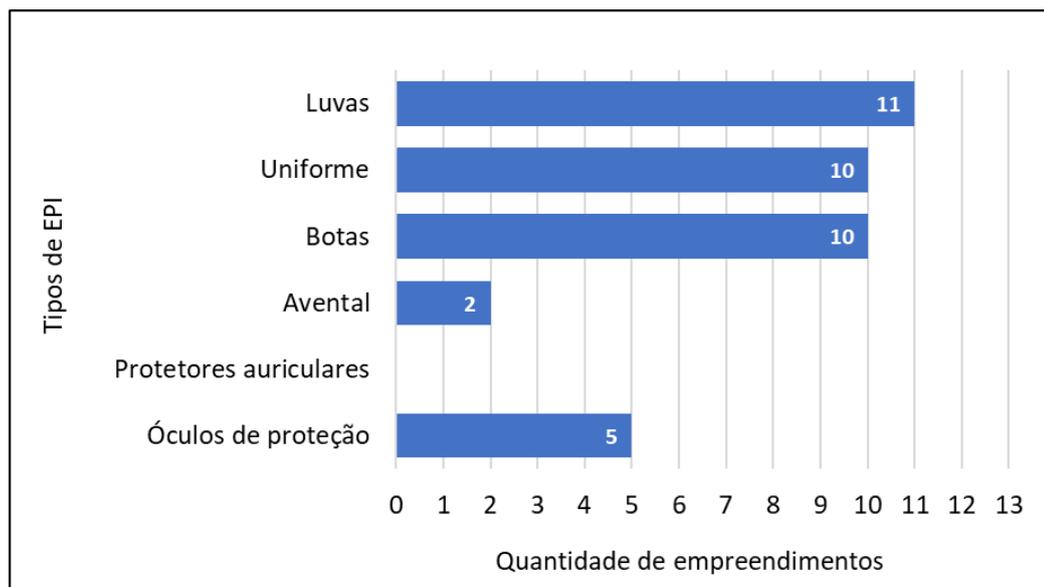


Figura 12 - Número de empreendimentos que utilizam EPIs, por tipo de equipamento.

Fonte: Elaboração própria.

Quanto à remuneração dos funcionários, foi registrado que todas as sete empresas trabalhavam sob regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Em três destas empresas, os próprios sócios eram os únicos funcionários e informaram que os resultados financeiros eram divididos igualmente entre os eles. Dentre as cooperativas, foram reportados modelos de remuneração variados. Na respondente 5C, os cooperados recebiam um valor previamente definido, de acordo com o cargo exercido. Nas cinco outras, os cooperados recebiam de forma proporcional ao tempo dedicado ao trabalho. O respondente 10C informou que a cooperativa remunerava semanalmente, de acordo com a quantidade de diárias trabalhadas. O respondente 3C contou que os cooperados eram remunerados por quinzena, proporcionalmente ao número de horas trabalhadas.

O respondente 8C informou que havia sido definido um valor fixo para a hora trabalhada (R\$ 7,50) e que todos os cooperados eram remunerados com base neste valor. O respondente 2C relatou que, como a seção de REEE gerava uma receita maior que as demais seções da cooperativa, foi estabelecido que os cooperados desta seção receberiam 70% da receita da seção e a cooperativa, 30%. E, por fim, o respondente 1C informou que os cooperados recebiam de duas fontes distintas: a) o rateio da receita da cooperativa relativa a venda de materiais recicláveis e b) uma remuneração adicional fixa, apenas para os cooperados que faziam parte de um projeto ambiental, apoiado financeiramente por uma organização não-governamental (ONG) carioca, no qual eram contratados para trabalhar no período da manhã.

5.5 OBTENÇÃO DO REEE

Neste bloco do questionário, o estudo visou identificar como os empreendimentos tinham acesso aos resíduos eletroeletrônicos que eram ali tratados. O questionário apresentou algumas sugestões de origens dos REEE, como doações privadas (de pessoas físicas e/ou jurídicas) ou de pontos de entrega voluntária, entre outros. A Figura 13 apresenta as respostas dos entrevistados.

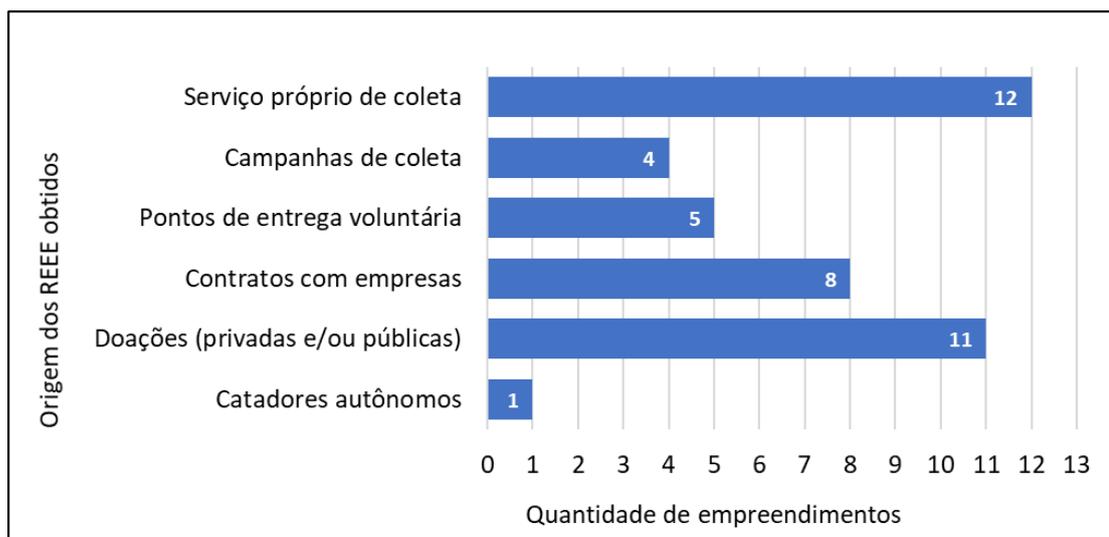


Figura 13 - Origem dos REEE tratados de acordo com a quantidade de empreendimentos.

Fonte: Elaboração própria.

Apenas um empreendimento respondeu que recebia REEE de todas as origens de REEE sugeridas no questionário, inclusive de catadores autônomos. Durante as visitas, alguns entrevistados explicaram, extraoficialmente, que outros empreendimentos também recebem de catadores autônomos, mas não formalizam este procedimento. Segundo eles, os catadores autônomos são pessoas físicas que vendem o material que coletam, mas muitos não possuem documentação válida. Assim, os empreendimentos têm dificuldades em registrar legalmente a compra desses materiais em sua contabilidade.

Dois empreendimentos (6E e 9E) relataram que recebiam REEE de todas as origens apontadas no questionário, exceto de catadores autônomos. As demais unidades operacionais informaram utilizar somente 2 ou 3 destas fontes de resíduos. Três instituições (2C, 3C e 11E) possuíam um serviço próprio de coleta, aceitavam doações e também faziam campanhas de coleta. As campanhas de coleta realizadas por 11E, em uma grande comunidade da Zona Norte do Rio de Janeiro, contam com o apoio da associação de moradores local e de uma ONG ambiental. Durante a entrevista, 5C e 7E comentaram sobre outra fonte de recursos, ainda não muito comum: o descomissionamento de prédios e navios, para retirada e destinação correta de equipamentos de TI, sistemas de ar condicionado, entre outros eletrônicos existentes no local.

Todas as seis cooperativas entrevistadas relataram receber doações de REEE de empresas privadas, consumidores (pessoas físicas) e principalmente da coleta seletiva dos órgãos públicos, instituída pelo Decreto Nº 5.940/2006. O decreto determina que os resíduos recicláveis “descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e

indireta” devam ser separados na própria fonte geradora e destinados à associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2006). A cooperativa 8C reportou ser essa a principal fonte de REEE de sua instituição. Apenas dois empreendimentos, as empresas 4E e 12E, informaram que se mantinham sem a necessidade de doações, ou seja, apenas com resíduos advindos de contratos corporativos de coleta de resíduos, recolhidos através de serviço próprio de coleta.

O respondente 10C informou que sua única fonte de REEE são os equipamentos descartados na coleta seletiva municipal, trazidos pela COMLURB como doação. O respondente 3C, que não trabalha dedicado exclusivamente a REEE, comentou que, em geral, os resíduos eletroeletrônicos chegam à sua instituição misturados a lotes de outros tipos de materiais recebidos, como por exemplo, de remessas oriundas de fornecedores de recicláveis de plástico duro, ou da coleta seletiva da COMLURB, entre outros.

Com exceção de 10C, todos os demais empreendimentos informaram possuir um serviço de coleta próprio, o que não significa ter frota própria, mas sim possuir a capacidade de estabelecer rotas de coleta que atendessem a todos seus fornecedores de resíduos. Em alguns casos (1C, 4E, 6E e 11E), os veículos utilizados para coletar e transportar os resíduos eram terceirizados. Os demais empreendimentos (oito) relataram possuir frotas próprias, mostradas na Figura 14. As unidades operacionais 2C, 3C, 8C e 9E possuem caminhões. Já 5C, 7E, 12E, 13E possuem veículos utilitários ou tipo van. A cooperativa 1C informou que costumava usar bastante seu carroto manual para coletas em locais com acesso difícil para automóveis.

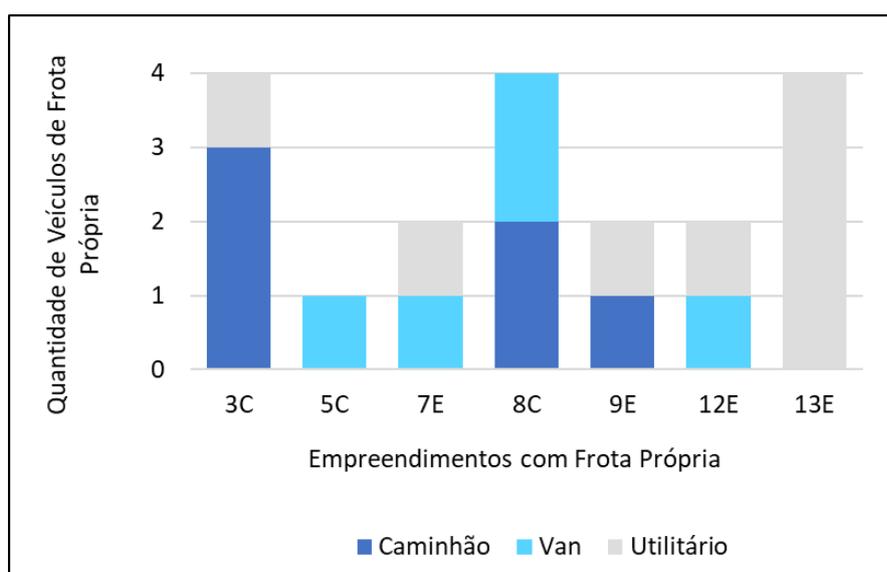


Figura 14 - Tipo e quantidade de veículos de frota própria dos empreendimentos pesquisados.

Fonte: Elaboração própria.

Com o objetivo de identificar quais formas de contato os empreendimentos disponibilizam aos seus potenciais fornecedores de REEE para facilitar a solicitação da coleta, os entrevistados foram questionados também sobre como as coletas eram agendadas. A Figura 15 apresenta as respostas obtidas nas entrevistas.



Figura 15 - Canais disponibilizados pelos empreendimentos para o público externo para solicitação de coletas de REEE

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com as respostas obtidas, o canal mais utilizado para essa comunicação consumidor-empreendimento era o aplicativo WhatsApp. De acordo com Dehghan, Rezvani e Fazeli (2017), pelo fato de operar em praticamente qualquer *smartphone* e qualquer sistema operacional, sem custo adicional, enviando e recebendo textos, fotos vídeos, documentos e *links* entre duas pessoas ou entre pessoas de um grupo, o WhatsApp se tornou bastante popular e pode ser tecnicamente considerado uma rede social. Ao proporcionar uma comunicação rápida e de baixo custo (basta ter acesso à internet), contribuiu para que consumidores e empreendimentos de menor estrutura o adotassem como meio de comunicação preferencial.

Os empreendimentos também utilizam bastante o contato telefônico direto e o e-mail como formas de contato para solicitação de agendamento de coleta. A cooperativa 2C explicou que alguns contatos são feitos através de outras redes sociais que eles possuem, como por exemplo a página da cooperativa no Facebook. Neste caso, eles solicitavam que o fornecedor refizesse a solicitação por e-mail, pois assim conseguiam concentrar e manter um melhor controle das solicitações, e estabelecer melhores rotas de coleta. As cooperativas 5C e 8C também redirecionam suas solicitações de coleta para o e-mail, para um melhor controle interno. O entrevistado 9E informou que recebia solicitações de coleta através de múltiplos canais: seu site institucional e suas redes sociais (Facebook, WhatsApp, Instagram, LinkedIn), visando facilitar ao máximo o acesso à empresa para solicitações de coleta. Em seu site

institucional, é possível preencher um formulário e enviar automaticamente uma solicitação de coleta. Todos os empreendimentos informaram não utilizar nenhum aplicativo próprio específico para solicitações de coleta. Dois empreendimentos (1C e 4E) informaram que também obtém material através de coletas previamente agendadas de acordo com a periodicidade determinada nos contratos de coleta com alguns geradores de resíduos.

De acordo com os entrevistados, quando as empresas, os órgãos públicos ou os consumidores de eletroeletrônicos que necessitam descartar seus produtos pós-consumo entram em contato com os empreendimentos para agendar as coletas, através dos canais mencionados anteriormente, dá-se o início de uma negociação que inclui não apenas a disponibilidade para a coleta, mas principalmente a verificação do valor dos REEE a serem coletados. Os estabelecimentos explicaram que precisam sempre solicitar algumas informações sobre os REEE, tais como local da coleta, volume ou peso dos resíduos e os tipos de equipamentos, para efetuar o planejamento logístico da coleta (estabelecer a melhor rota, tipo de veículo, disponibilidade de espaço no galpão e também o custo daquela coleta). A unidade 5C relatou que, caso uma coleta de materiais doados fosse comercialmente desvantajosa para sua instituição, era cobrado um valor pelo serviço, entre R\$ 50 e R\$ 80, de forma a torná-lo economicamente viável. Esta situação, no entanto, não era comum.

Por outro lado, em alguns casos torna-se interessante pagar pelos REEE. Três respondentes informaram que eventualmente aceitavam comprar lotes de resíduos eletroeletrônicos, pois sabiam que poderiam conseguir um valor ainda maior pelas partes e peças, após a desmontagem. Outros três relataram que seu modelo de negócio já incluía normalmente a aquisição dos REEE, sendo que dois deles (7E e 12E) compravam apenas partes e peças específicos, nunca equipamentos para desmontagem. Os outros sete entrevistados informaram que nunca compravam REEE.

E que tipos de resíduos eletroeletrônicos são coletados por cada um destes empreendimentos? Muitos empreendimentos relataram que, apesar de estarem aptos a receber diversos tipos de REEE, certos itens não são encaminhados para eles nas coletas. Ou seja, existem os itens que podem ser recebidos e os itens que efetivamente são recebidos. Como o foco deste estudo é identificar a estrutura disponível nas unidades operacionais envolvidas com tratamento de REEE no Rio de Janeiro, as respostas apresentadas na Figura 16 refletem quais tipos de REEE os empreendimentos estão aptos a receber e processar.

Dentre as diversas opções apresentadas neste ponto do questionário, o item “Eletroportáteis” referia-se a equipamentos elétricos pequenos, em geral utilizados nas

residências, tais como torradeira, *mixer* e ferro de passar roupas. Os equipamentos de informática, como, por exemplo, roteadores, modems e switches, foram agrupados como “Equipamentos de TI”. Equipamentos utilizados para comunicações, como telefones fixos, centrais de telefonia e faxes, foram agrupados como “Equipamentos de Telecom”. Estes exemplos eram apresentados aos entrevistados para deixar mais clara a pergunta. Televisores de tela plana incluíam as tecnologias de LCD, plasma e LED, e na mesma categoria de “Fogões” estavam incluídos outros eletrodomésticos de grande porte da Linha Branca, como lava-roupas e lava-louças. Brinquedos eletrônicos são todos aqueles que necessitam de pilhas ou baterias para acionar suas luzes, sons e movimentos. Como exemplo de “Equipamentos de construção”, o questionário citava uma furadeira.

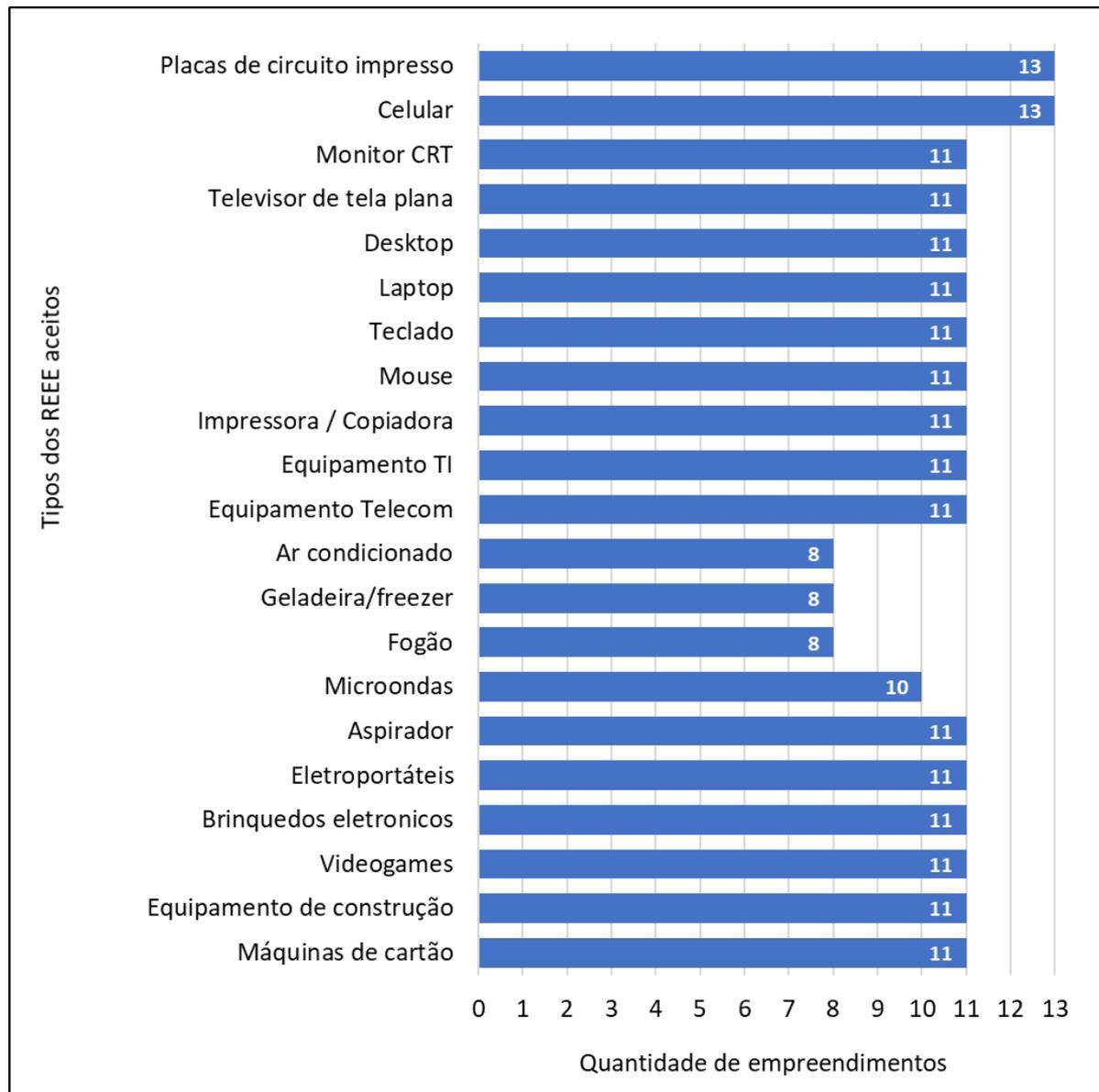


Figura 16 - Tipos de REEE recebidos pelos empreendimentos para processamento

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se observar, pelas respostas dos entrevistados, que todos os empreendimentos tinham interesse em receber placas de circuito impresso (PCI) e celulares (devido às suas PCIs), pois são itens que possuem alto valor de mercado, conforme mostrado no item 3.2. As respostas obtidas demonstram que as opções de locais de processamento de equipamentos grandes, como fogões, lava-roupas, lava-louças, geladeiras, freezers e aparelhos de ar condicionado eram mais restritas, comparativamente aos demais itens. Estes equipamentos demandam uma estrutura mais robusta no transporte e ocupam mais espaço no galpão. Além disso, no caso de aparelhos com sistemas de refrigeração, é preciso utilizar técnicas e maquinário específicos para retirar corretamente o óleo do motor e os gases refrigerantes. Durante as visitas, não foi observada a presença deste tipo de maquinário em nenhum dos empreendimentos. Quando questionados sobre como fariam a desmontagem dos mesmos, os entrevistados responderam que quando tais equipamento chegam às suas unidades já estão em condições bem ruins; em geral, já estão sem gás e sem os motores. A presença de equipamentos de caixas eletrônicos para desmontagem e destinação final foi observada apenas na unidade operacional 5C.

Duas unidades operacionais 7E e 12E informaram que só aceitavam receber PCIs e celulares. No entanto, durante a visita, foi comentado que recebem também HDs. Tanto os celulares quanto os HDs são desmontados para retirada das pequenas placas. Estas unidades captam as PCIs no Brasil e exportam, através de suas matrizes no país, para as grandes fundições (“*smelters*”) na América do Norte, Europa e Ásia. Antes de serem exportadas, as PCIs são triadas e separadas por tipo e valor, de acordo com os componentes e metais nela presentes. Os funcionários experientes determinavam facilmente, através do tamanho, cor, formato, design e componentes instalados, quais eram as placas mais valiosas. Alguns tipos de PCIs eram triturados previamente à exportação, para que o volume da carga fosse reduzido e, conseqüentemente, o custo de exportação.

Oito empreendimentos (61.5%) recebem todos os tipos de REEE. Apesar disso, 8C comentou que não efetuavam a desmontagem de monitores CRT nem LCD na própria unidade, devido aos resíduos perigosos que os mesmos contém. Eles eram comercializados inteiros, como monitores. As três outras instituições (4E, 6E e 11E) apenas rejeitavam os equipamentos grandes (fogão, geladeira, ar condicionado), sendo que 11E também não aceitava fornos de microondas, por questões de espaço para armazenamento.

Quanto à quantidade de resíduos recebida no ano de 2019, foi possível perceber que houve grande diferença entre os empreendimentos na capacidade de captação e processamento de REEE, conforme mostrado na Tabela 4. Estas informações, no entanto, devem ser analisadas

mais detalhada e separadamente, levando-se em consideração as particularidades de algumas instituições.

Tabela 4 – Quantidade média mensal de REEE recebida e processada pelos empreendimentos em 2019 (em toneladas/mês)

Empreendimentos	1C	2C	3C	4E	5C	6E	7E	8C	9E	10C	11E	12E	13E
Toneladas/mês	0,3	18	0,5	0,05	80	1,7	27	6	10	0,03	0,01	15	1

Fonte: Elaboração própria.

Por exemplo, todas as unidades informaram que comercializavam, direta ou indiretamente, suas PCIs com as unidades 7E e 12E (com uma, com a outra ou com ambas, dependendo de qual oferecesse as melhores condições comerciais no momento). Assim, enquanto as demais unidades pesquisadas coletam os diversos tipos de REEE, fazem a triagem, desmontam e comercializam as frações, estes dois empreendimentos (7E e 12E) se posicionam na parte final da cadeia, onde não disputam os REEE, mas atuam como compradores das PCIs dos demais. Neste contexto, dentro do âmbito dos empreendimentos pesquisados, e considerando os volumes de REEE correspondentes apenas aos atores que compram exclusivamente PCIs no Rio de Janeiro, tem-se que 7E detinha, em 2019, 64,3% deste mercado (Figura 17).

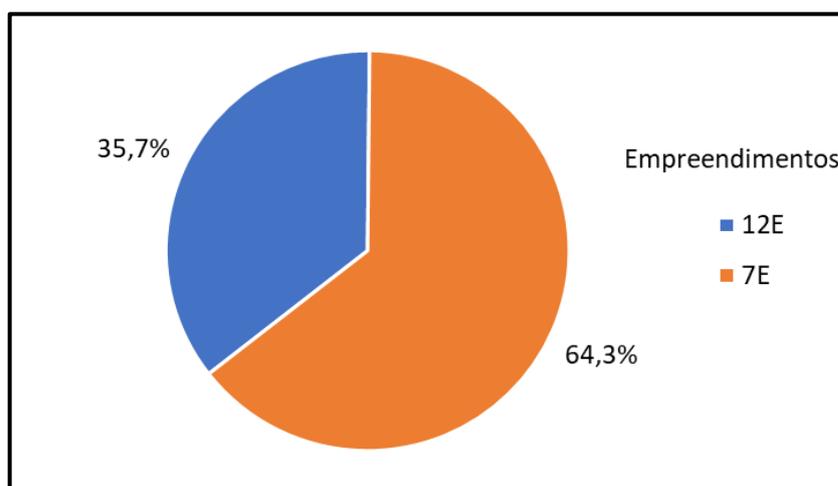


Figura 17 – Participação de mercado dos empreendimentos que compram exclusivamente PCIs no Rio de Janeiro – 2019.

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 18 mostra, então, como estão posicionadas as demais unidades operacionais pesquisadas (não faz sentido incluir 7E e 12E), ou seja, como está dividido o mercado de coleta e tratamento de variados tipos de REEE, no âmbito deste estudo. Vale ressaltar que 5C e 9E

eram unidades dedicadas exclusivamente ao tratamento de REEE. Além de receberem material eletroeletrônico de diversos órgãos públicos, 2C e 5C possuíam também contratos com grandes geradores de REEE, como redes de varejo de eletrodomésticos e administradoras de aeroportos.

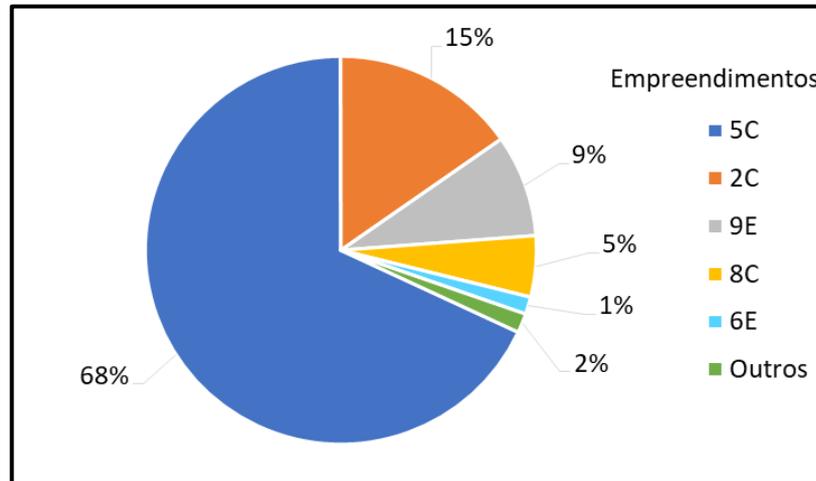


Figura 18 - Participação de mercado dos empreendimentos que recebem e processam variados tipos de REEE no Rio de Janeiro – 2019.

Fonte: Elaboração própria.

Neste ponto da pesquisa, portanto, já eram conhecidos os dados de cada empreendimento relativos a: mão de obra utilizada, tamanho da área disponível para o tratamento de REEE e quantidade média mensal que cada empreendimento conseguia receber e processar. Com base nestes dados, foi possível visualizar a eficiência de cada empreendimento na utilização de seus recursos humanos e físicos.

A Figura 19 mostra a produtividade por colaborador, ou seja, quantas toneladas cada trabalhador daquela unidade, voltado à atividade com REEE, consegue receber e processar.

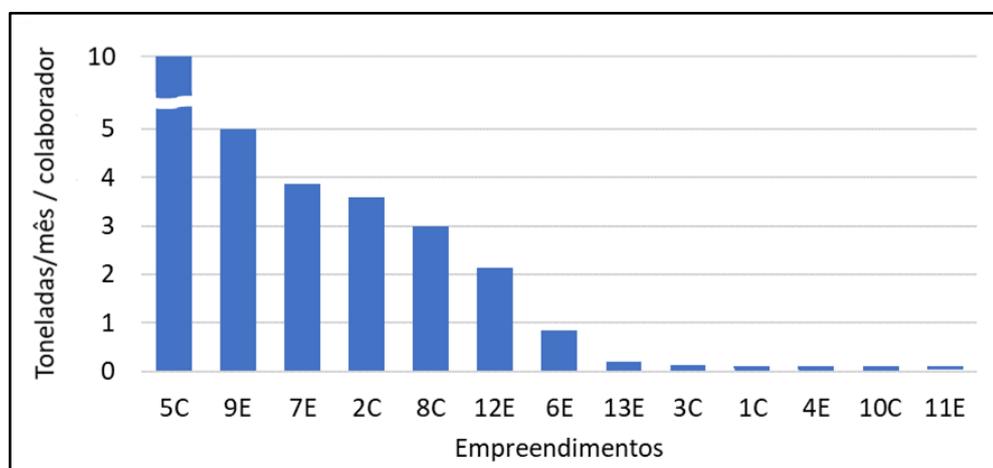


Figura 19 - Produtividade de cada empreendimento por colaborador.

Fonte: Elaboração própria.

E a Figura 20 mostra a produtividade por metro quadrado, isto é, a eficiência na utilização do espaço dedicado aos REEE⁸. Não se deve esquecer que outros fatores também influenciavam no desempenho dos empreendimentos, como por exemplo os processos adotados, o ferramental, os equipamentos e a frota disponíveis. Ambos os gráficos mostram que há muito espaço para melhorias nos empreendimentos.

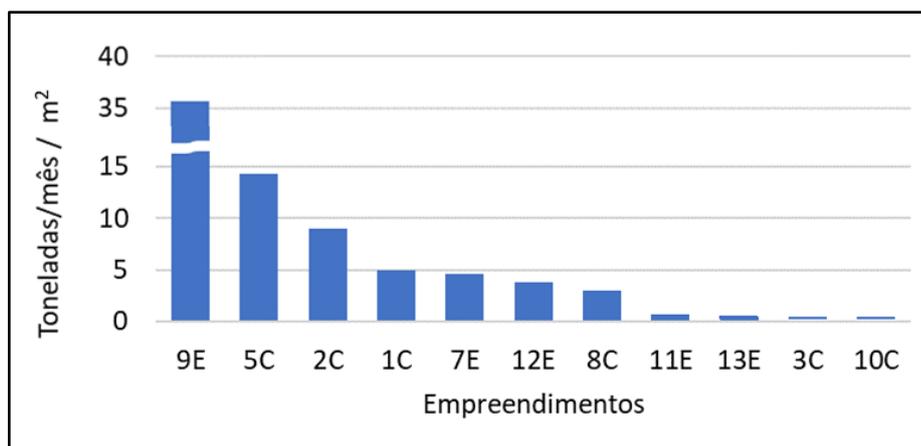


Figura 20 - Produtividade de cada empreendimento por m² disponível

Fonte: Elaboração própria.

O gráfico da Figura 21 permite avaliar ao mesmo tempo as 3 dimensões: mão de obra disponível, área disponível e quantidade média processada. Quanto mais à direita no gráfico, mais funcionários a unidade possui. Quanto mais acima no gráfico, maior é a sua área destinada a REEE. E quanto maior o círculo, maior foi a quantidade média mensal processada pelo empreendimento em 2019.

Podemos observar, por exemplo que há vários círculos bem pequenos espalhados por todo o gráfico. Ou seja, independente da estrutura – física ou de mão de obra – existente nestas unidades, o processamento delas é baixo.

Outra observação interessante é a comparação entre o círculo maior, relativo a 80 toneladas processadas por mês, em média, e o círculo próximo a ele, relativo a 27 toneladas/mês, em média. Ambos possuem quase o mesmo número de trabalhadores e áreas similares. No entanto, um processa praticamente 3 vezes a quantidade processada pelo outro. Essa diferença poderia ser reduzida com capacitação da mão de obra, melhorias no layout, investimento em ferramental adequado e introdução de processos mais eficientes.

⁸ Esta análise não se aplicava aos respondentes 4E, 6E, facilitadores de gestão de resíduos, sem estrutura física.

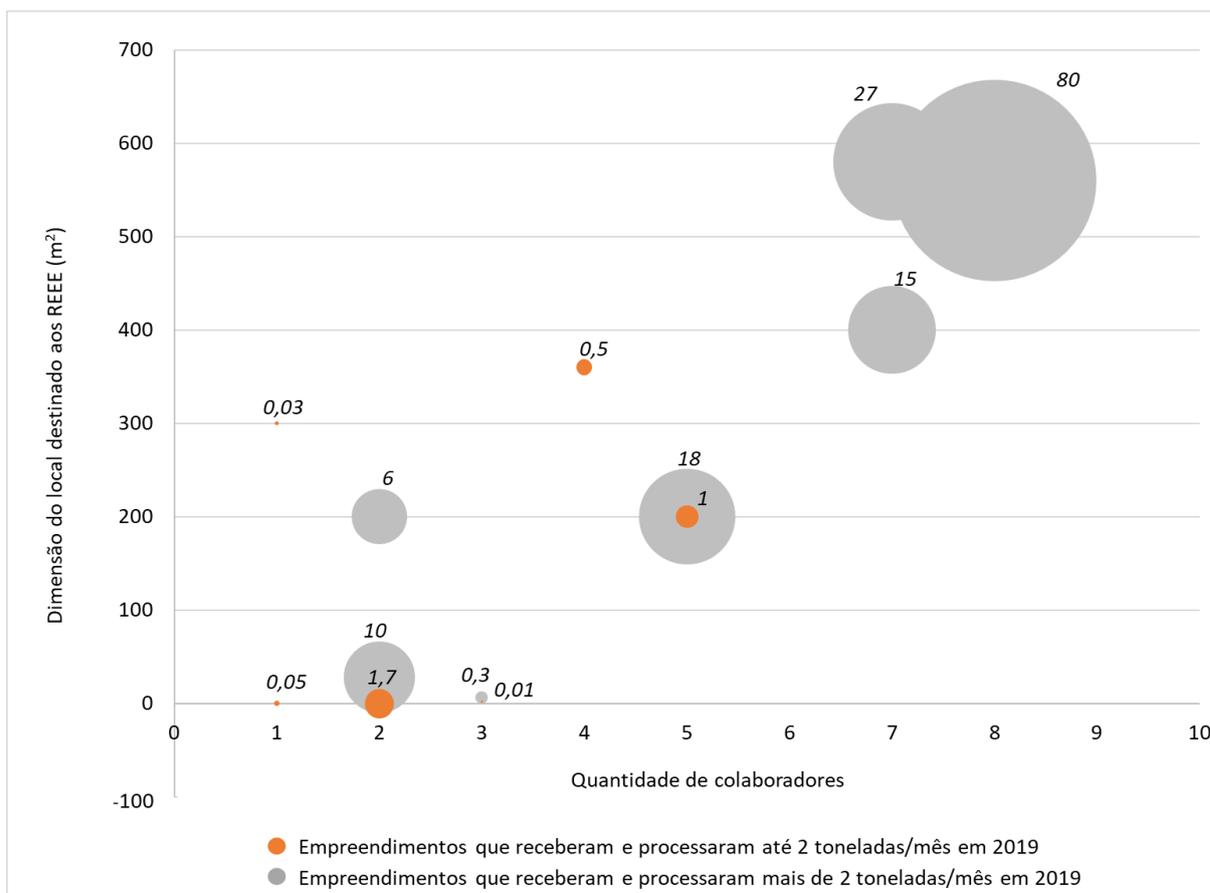


Figura 21 – Comparativo das performances dos empreendimentos de tratamento de REEE no Rio de Janeiro.

Fonte: Elaboração própria.

Os respondentes foram solicitados a informar também se seus empreendimentos trabalhavam, naquele momento, com capacidade ociosa de processamento de REEE, ou seja, qual a máxima quantidade mensal de resíduos que poderiam receber, processar e destinar utilizando-se da mesma estrutura e mão de obra disponíveis por ocasião das entrevistas. Com exceção de três respondentes (1C, 11E e 12E), todos os demais acreditavam ter capacidade de expansão imediata de seu processamento de REEE. A Figura 22 mostra um comparativo entre estas respostas sobre capacidade máxima e as quantidades médias mensais efetivamente recebidas (mostradas anteriormente na Tabela 4).

Neste ponto da entrevista, oito respondentes manifestaram o desejo de coletar um maior volume de REEE, deixando clara sua insatisfação com a limitada quantidade deste material disponível no mercado. Segundo eles, há muitos eletroeletrônicos pós-consumo sem uso ou danificado acumulado nos domicílios, pois a população desconhece as formas corretas de descarte deste tipo de resíduos.

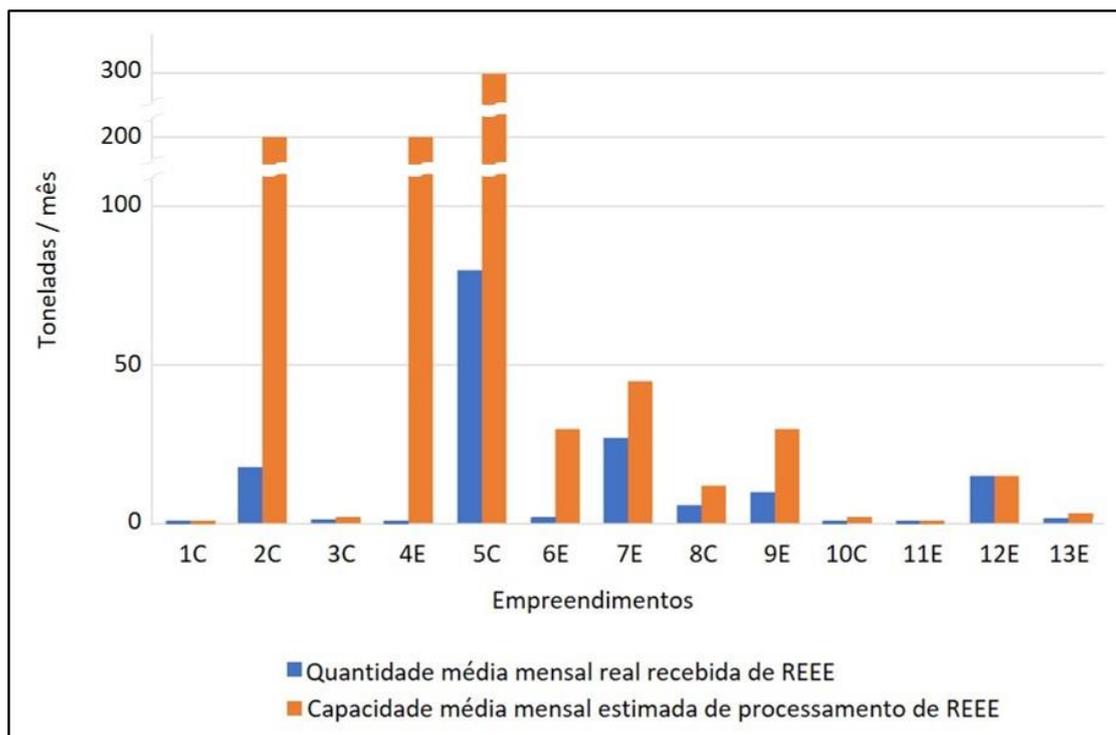


Figura 22 – Comparativo entre a Capacidade média mensal de recebimento de REEE (2019) e a Capacidade máxima estimada de processamento (toneladas/mês)

Fonte: Elaboração própria.

O empreendimento 2C informou que o espaço disponível e a mão de obra existente estavam muito subutilizados, ou seja, se houvesse aumento na coleta, poderiam rapidamente ampliar suas atividades para receber e processar dez vezes mais REEE. As empresas 4E e 6E utilizam outras cooperativas e empresas como parceiras no tratamento de REEE e, pelo conhecimento que têm da capacidade ociosa destes parceiros, estimaram ser possível receber muito mais REEE. A unidade 5C comentou que a falta de material era o fator limitante de sua capacidade de tratamento de REEE, ou seja, se houvesse mais material coletado, poderiam ampliar o processamento até o triplo do atual. A cooperativa 8C acreditava que com o ajuste de alguns processos internos poderia fazer um melhor uso da área e mão de obra disponíveis, e teria então condições de receber e processar o dobro de REEE. O respondente 9E comentou que os cooperados eram treinados para processar qualquer tipo de reciclável que fosse necessário, permitindo muita rotatividade de funções dentro da cooperativa. Desta forma, com os mesmos funcionários e estrutura, poderia ampliar sem dificuldade o volume de REEE processado.

Os entrevistados foram questionados sobre a qualidade do REEE recebido. Os respondentes 2C, 5C, 7E e 10C disseram não ter reclamações, apenas que gostariam de poder obter volumes maiores de REEE. A empresa 12E, que recebe apenas PCIs e componentes,

gostaria que seus fornecedores adotassem processos mais cuidadosos na etapa de desmontagem, reduzindo danos às peças valiosas. Uma característica dos REEE é a grande diversidade de tipos e modelos de equipamentos eletroeletrônicos existentes no mercado. Para 3C, essa diversidade é o que mais dificulta a gestão de REEE na cooperativa, pois muitas vezes o valor comercial do material coletado é inferior ao custo da coleta.

De acordo com 4E, 6E, 8C, 11E, 12E e 13E, a segregação na fonte precisa ser melhorada, pois os resíduos chegam muito sujos, misturados a outros resíduos, como roupas rasgadas, moveis quebrados e resíduos perigosos. Relataram também que alguns fornecedores de REEE armazenam os resíduos em salas úmidas e fechadas, geralmente abandonadas, sem higiene, atraindo vários vetores e expondo seus colaboradores a doenças. Acreditam que prover treinamentos na fonte geradora poderia mitigar o problema, causado pela falta de informação dos consumidores.

5.6 TRATAMENTO DO REEE

Neste bloco de questões, o objetivo foi identificar mais detalhadamente as atividades de tratamento de REEE nas unidades operacionais. Nesta seção, os empreendimentos 4E e 6E se abstiveram de responder pois, conforme explicitado anteriormente, não possuíam estrutura física própria, realizavam o tratamento de REEE através de outros parceiros. A empresa 9E também não respondeu neste bloco; informou realizar no Rio de Janeiro apenas a coleta, a triagem e a separação dos REEE por tipo de equipamento, sendo os resíduos enviados em seguida à matriz da empresa, em outro estado do país, para a realização dos processos de desmontagem e destinação final.

Dentre os 10 empreendimentos restantes, todos os entrevistados informaram efetuar manualmente a desmontagem dos resíduos e, em seguida, a separação manual das frações. Como já mencionado, a unidade 7E relatou realizar adicionalmente a trituração de PCIs, apenas por razões de logística para exportação.

As ferramentas e os equipamentos utilizados pelas unidades operacionais entrevistadas para realizar a desmontagem e separação manual de REEE são mostradas na Figura 23.

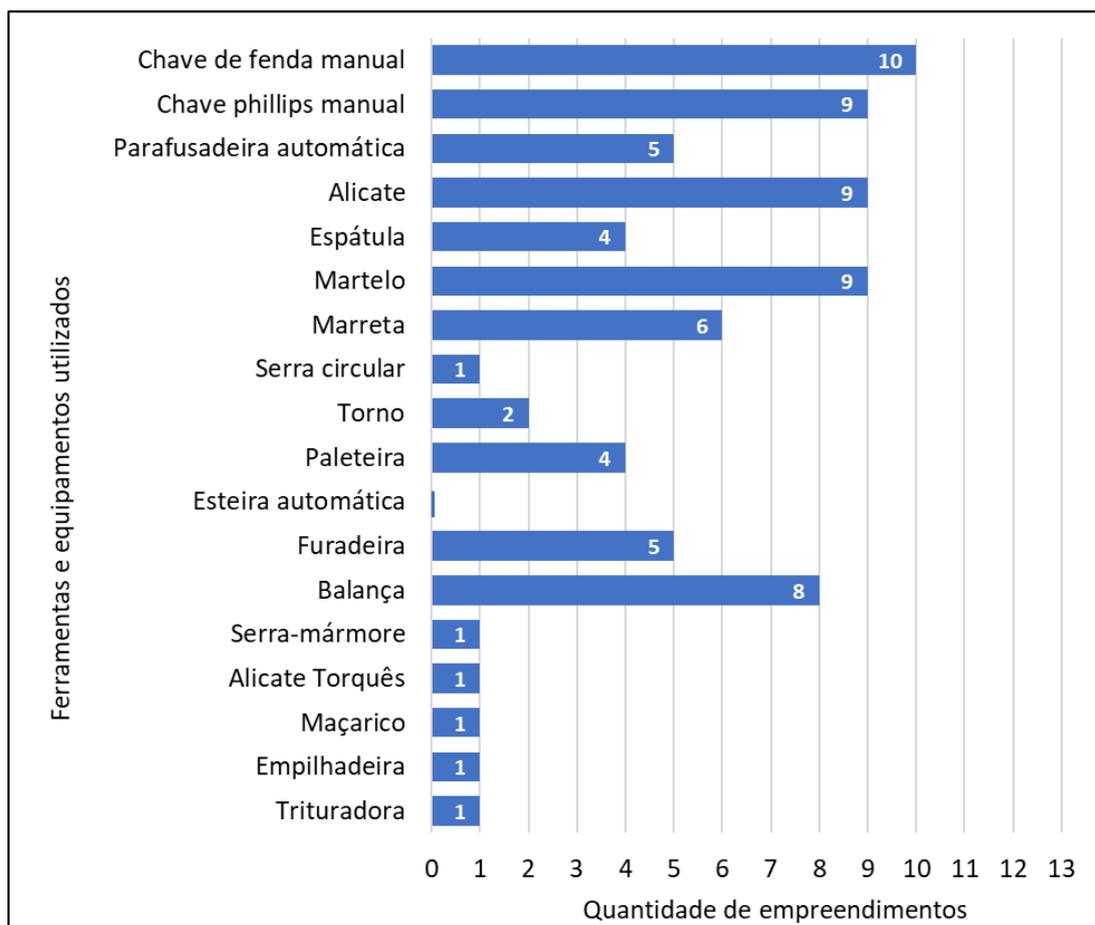


Figura 23 - Ferramentas e equipamentos utilizados na desmontagem de REEE pelos empreendimentos no Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria.

Os dados obtidos neste bloco confirmam, ao menos no âmbito do Rio de Janeiro, a seguinte afirmação de Mazon (2014):

“Em países em desenvolvimento, o processo de reciclagem se limita, majoritariamente, ao dismantelamento manual como tratamento primário para separar os materiais heterogêneos, com ferramentas simples, como martelos, chaves de fenda e formões, entre outras.” (MAZON, 2014)

Dentre as unidades entrevistadas, nenhuma adotava procedimentos de desmontagem e separação de frações através de técnicas automatizadas, tais como: trituração de pequenos eletrodomésticos, seguida de peneiramento mecanizado, separação magnética de metais ferrosos, separação por corrente Eddy de metais não ferrosos ou separação de plásticos e metais de cabos e fios por trituração associada a técnicas de separação por densidade, peneiramento ou bandejas vibratórias. Em empreendimentos de outros estados, no entanto, estas técnicas já são utilizadas.⁹

⁹ Como, por exemplo, as Indústrias Fox, no estado de São Paulo: <https://youtu.be/t7oTuF9UNu4>

As ferramentas mais utilizadas são as mais básicas, como chaves de fenda, alicates e martelos (Figura 24). Nota-se que apenas poucos empreendimentos (2C, 3C, 5C, 8C, 12E) investiram na aquisição de parafusadeiras automáticas para aumentar a eficiência, ou paleteiras para auxiliar na movimentação dos REEE e na organização do espaço (3C, 5C, 7E, 8C, 12E).



Figura 24 – Fotografias das ferramentas simples utilizadas nos empreendimentos 2C e 10C, respectivamente, para o processo de desmontagem de REEE

(Fotografias: Claudia Khair – Nov./2019 e Jan./2020)

Nos dados apresentados na Figura 23, também chama a atenção o fato de que nem todos os empreendimentos possuíam balanças para efetuar a pesagem dos resíduos e o controle de massa. De acordo com o item 4.5.1 – Monitoramento e medição, da NBR 16.156 (ABNT, 2004), uma unidade de manufatura reversa de REEE deve “realizar o balanço de massa de todas as entradas e saídas de equipamentos e produtos eletroeletrônicos e materiais resultantes em uma base mensal”. Os empreendimentos que não possuíam balanças (38%) estavam, provavelmente, em não-conformidade com esta norma.

Quando questionados sobre estes procedimentos de medição de REEE, na entrada, e de frações obtidas, na saída (Tabela 5), apenas oito respondentes informaram que pesavam o REEE coletado que entrava na unidade. Já no caso das frações resultantes, a situação é bem diferente pois, como são vendidas, há necessidade de se pesar cada fração para calcular o valor a receber. Onze empreendimentos confirmaram que mediam a massa de suas frações. No entanto, medem apenas a massa das frações que conseguem comercializar.

Tabela 5 – Empreendimentos que realizam procedimentos de pesagem dos REEE

Empreendimentos	1C	2C	3C	4E	5C	6E	7E	8C	9E	10C	11E	12E	13E
Medições													
Entrada (REEE)	X	X	X	X		X	X					X	X
Saída (Frações)	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X

Fonte: Elaboração própria.

As cooperativas 5C e 8C explicaram que, até o momento, não tinham necessidade de conhecer o peso de REEE recebido. Sua maior preocupação eram os valores obtidos na saída, com as frações. Quando um fornecedor de resíduos solicitava a formalização da documentação da coleta, através do preenchimento do “Manifesto de Resíduos” do INEA, era suficiente a descrição do material coletado, explicitando o tipo de REEE e a quantidade – por exemplo: 5 gabinetes de computador, 8 teclados, 8 mouses, 2 monitores CRT, etc. Se fosse necessário, ainda, formalizar a informação do peso do lote, esta poderia ser estimada com base nas quantidades de cada tipo de equipamento eletrônico e seus respectivos pesos médios. Ambos os empreendimentos, no entanto, efetuavam a pesagem das frações que seriam comercializadas.

A empresa 9E apenas coletava no Rio de Janeiro e armazenava em Niterói; a pesagem dos REEE era realizada na matriz, localizada no Estado de Minas Gerais, bem como das frações desmontadas e comercializadas por lá. Os estabelecimentos 10C e 11E não possuíam balanças ainda, e não pesavam os REEE recebidos, mas conseguiam a informação sobre o peso de suas frações através da medição realizada pelos compradores.

Os respondentes 4E e 6E – facilitadores na gestão de resíduos sólidos de pessoas jurídicas – explicaram que eram remunerados por volume (contêineres) e por peso de REEE, respectivamente. Como eles não tinham contato direto com os resíduos, a realização das pesagens ficava a cargo de seus operadores logísticos. Uma vez que os REEE eram entregues aos parceiros responsáveis pelo processamento dos resíduos, passava a ser destes o interesse em pesar e comercializar as frações. Então, a empresa 6E considerava sua participação encerrada. No entanto, a empresa 4E, além de repassar os REEE, remunerava as cooperativas parceiras pelo serviço de triagem, tratamento e destinação final do resíduo. Ela também efetuava um acompanhamento do trabalho realizado nos parceiros, pois provia relatórios socioambientais aos fornecedores dos resíduos, um diferencial neste mercado.

Os entrevistados foram questionados sobre como mantinham o controle de peso de REEE e de receitas das vendas – as opções eram: controle manual, planilha no computador ou sistema de gestão e controle. Apenas um respondente, 10C, utilizava um controle manual simples, através de anotações num caderno. Pode-se dizer que 69,2% dos empreendimentos adotava a

planilha como meio de controle, pois seis unidades registravam as informações diretamente em planilhas no computador e três cooperativas (1C, 2C e 5C) anotavam inicialmente os dados em papel, mas depois também os transferiam para uma planilha. As unidades 3C, 7E e 12E, por sua vez, já utilizavam sistemas de gestão para controle dessas informações.

5.7 FRAÇÕES OBTIDAS

Após a desmontagem de EEE, são geradas frações de diversos tipos de materiais, sendo que algumas têm valor de revenda no mercado como peças de reposição e algumas como matérias-primas secundárias. Em geral, as frações são comercializadas por peso (quilo ou tonelada). Alguns itens, como toners para condicionamento ou PCIs para reposição, são vendidos por unidade. De acordo com os depoimentos, era comum que tais itens fossem comercializados diretamente com pessoas físicas que trabalham com consertos de eletrônicos.

Os estabelecimentos visitados foram questionados sobre quais frações eram geralmente obtidas por eles após a desmontagem e classificação dos materiais. Por ser uma pergunta do tipo “aberta”, ou seja, sem respostas pré-definidas, os entrevistados puderam responder como desejassem, fornecendo respostas variadas e muitos comentários. Foram perguntados a seguir onde comercializavam estas frações (se na cidade do Rio de Janeiro ou outro município¹⁰).

A cooperativa 1C possuía conhecimento bem limitado do mercado comprador de frações de REEE. Devido a isso, realizava apenas a desmontagem simplificada de eletrodomésticos grandes como geladeiras e aparelhos de ar condicionado para retirada dos motores e cabos de cobre, que eram comercializados no próprio município. O material restante era vendido como sucata ferrosa. Todos os resíduos eram comercializado no próprio município do Rio de Janeiro. A cooperativa 10C vendia todas as suas frações de REEE para intermediários de seu próprio bairro, no Rio de Janeiro, aparentemente por também possuírem pouco conhecimento sobre outras opções de compradores. Estas pessoas acabam sendo exploradas por intermediários, que pagam muito pouco pelo resíduo e, em seguida, o revendem a preços maiores. A falta de capacitação fortalece esta cadeia informal de intermediários.

Segundo 2C, é difícil comercializar diretamente com as grandes indústrias recicladoras, pois elas exigem um volume muito grande de resíduos, e o pagamento demora de 45 a 60 dias. A unidade de manufatura reversa precisaria ter um capital de giro que a sustentasse financeiramente durante todo o período de acumulação mais o período do pagamento. Já os

¹⁰ As questões sobre frações de REEE não se aplicavam aos respondentes 4E, 6E – facilitadores de gestão de resíduos – e nem a 9E, cujos REEE são coletados no Rio e Janeiro mas desmontados em outro estado.

intermediários auxiliam aqueles empreendimentos que não tem capital de giro. Aceitam volumes menores e pagam praticamente à vista, ou às vezes oferecem adiantamentos pelo material, para que o empresário possa suportar o período de acúmulo. Neste contexto, os empreendimentos 7E e 12E, compradores de PCIs, poderiam ser considerados intermediários.

De acordo com os entrevistados, existem vários tipos de PCIs e componentes nos REEE, e seus valores no mercado são diferentes. Há as placas-mãe dos computadores tipo *desktop*, há as placas de *notebook*, as de celulares, as com ponteira e as sem ponteira, as verdes e as marrons, as com um único processador e as com múltiplos processadores, entre outras. A Figura 25 mostra alguns tipos de PCIs separadas, na unidade operacional 13E.



Figura 25 - Fotografia dos tipos de placas separadas em 13E.

(Fotografia: Claudia Khair - Nov./2019)

Os preços variam de acordo com a quantidade de metais contida em cada tipo de PCI. Placas de DVD podem valer R\$ 12/kg, enquanto placas de celular completas chegam a R\$ 70/kg. Os processadores e memórias também podem ser comercializados separadamente. Os processadores, por exemplo, concentram metais valiosos e tem valor no mercado de reciclagem. Os mais antigos, chamados de vintage, tem mais ouro e são também comercializados no mercado de colecionadores (CHIPS ETC, 2020). No Rio de Janeiro, os processadores apresentam preços de mercado entre R\$ 35/kg (processadores plásticos, mais modernos) e R\$ 500/kg (processadores cerâmicos, mais antigos, com mais metais)¹¹.

Os entrevistados que comercializavam placas procuravam fazer previamente a classificação e separação das mesmas. O respondente 2C relatou que separava ao menos 3 tipos de PCIs. A Figura 26 mostra, como exemplo, um documento de comercialização de placas e componentes, onde se pode ver alguns tipos de placas negociadas (certas informações foram hachuradas para preservar o anonimato das partes).

¹¹ Valores de dez/2019; fontes: empreendimentos 7E e 12E.

PEDIDO DE COMPRA Nº [REDACTED]									
[REDACTED]								Data [REDACTED]/09/2019	
-Rio de Janeiro-RJ									
BRASIL					Fantasia [REDACTED]				
Fornecedor [REDACTED]					Bairro [REDACTED]				
Endereço [REDACTED]					CEP [REDACTED]				
Cidade RIO DE JANEIRO			UF RJ						
CNPJ/CPF			Inscrição Estadual		[REDACTED]				
Fone 21			Contato		[REDACTED]				
Condições de pagto: 1			Transporte		[REDACTED]				
			Comprador		[REDACTED]				
Enviar XML:									
Recebimento: Seg/Sexta 08:00-11:30h e 13:00-16:00h									
Cód Prod.	Descrição	NCM	UN	Qtde	Valor Unit	% Desc	IPI	Valor Total	Entrega
PVE0013	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - P. MÃE DE NOTE	7112.99.00	KG	0,16	R\$ 24,00	0,00	0,00%	R\$ 3,84	[REDACTED]/09/2019
PMC0002	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - P. MÃE COLORIDA - SQ PEQUENO	7112.99.00	KG	2,92	R\$ 12,50	0,00	0,00%	R\$ 36,50	[REDACTED]/09/2019
PVE0004	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - PLACA LEVE SEM PONTA	7112.99.00	KG	71,2	R\$ 18,00	0,00	0,00%	R\$ 1.281,60	[REDACTED]/09/2019
PVE0003	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - PLACA LEVE COM PONTA	7112.99.00	KG	1,2	R\$ 19,00	0,00	0,00%	R\$ 22,80	[REDACTED]/09/2019
PMC0004	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - Placa Mãe Regular - Soq. Pequeno	7112.99.00	KG	1,2	R\$ 16,50	0,00	0,00%	R\$ 19,80	[REDACTED]/09/2019
HIG0001	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - PLACA DE CEL. COM COMPONENTES	7112.99.00	KG	3,8	R\$ 63,00	0,00	0,00%	R\$ 239,40	[REDACTED]/09/2019
HIG0008	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - MEMÓRIA DOURADA	7112.99.00	KG	1,04	R\$ 65,00	0,00	0,00%	R\$ 67,60	[REDACTED]/09/2019
HIG0017	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - MEMÓRIA PRATA	7112.99.00	KG	0,29	R\$ 38,00	0,00	0,00%	R\$ 11,02	[REDACTED]/09/2019
HDI0001	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - HD Alumínio	7112.99.00	KG	9,6	R\$ 5,00	0,00	0,00%	R\$ 48,00	[REDACTED]/09/2019
HDI0002	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - HD Notebook	7112.99.00	KG	0,12	R\$ 5,00	0,00	0,00%	R\$ 0,60	[REDACTED]/09/2019
PPE0003	Desp. e Resid. que contem Metais Preciosos - PLACA PESADA SEM PONTA	7112.99.00	KG	0,96	R\$ 4,00	0,00	0,00%	R\$ 3,84	[REDACTED]/09/2019
Descrição:									
[REDACTED]									
Observações:									
PESO BRUTO - 155,20 PESO LIQUIDO - 92,47									
"Acusamos o recebimento desde pedido e concordamos com as condições gerais da Compra deste fornecimento".									
Nome: _____					Subtotal R\$ 1.735,00				
Assinatura: _____					Outras Despesas				
Data: ____/____/____					Valor do IPI 0,00				
					V. ICMS S.T R\$ 0,00				
					Total Desconto				

Mencionar na Nota Fiscal o número desde Pedido.					Valor total R\$ 1.735,00				

Figura 26 - Documento de comercialização de PCIs e componentes de REEE.

Fonte: Empreendimento visitado.

Quanto ao plástico, o respondente 3C explicou que, como os REEE são muito diversos, e cada equipamento é composto de diferentes tipos de plásticos, era difícil reunir volumes homogêneos de um mesmo tipo, para tornar atraente a sua comercialização. De acordo com 5C, os compradores de frações de plásticos oriundos de REEE não costumavam cumprir os prazos de coleta, provocando frequentemente o acúmulo da fração de plásticos no galpão e prejudicando o fluxo interno. Além disso, o valor oferecido por estes compradores era muito baixo e, financeiramente, não valia a pena ficar com o espaço ocupado e impedido de receber novos lotes de REEE. Devido a isso, várias unidades operacionais (1C, 3C, 5C) preferiam enviar os plásticos de REEE de volta para a COMLURB como rejeito, destinado a aterro sanitário.

O respondente 13E informou que a maior parte dos plásticos que retira dos REEE é plástico preto que contém retardantes de chamas. São comercializados com uma empresa do Estado de São Paulo, pois é difícil a comercialização deste resíduo no Estado do Rio de Janeiro. Os plásticos com carga antichama são indesejados pelos compradores porque prejudicam os processos utilizados nos empreendimentos que beneficiam plásticos para a indústria de reciclagem, especificamente durante os estágios de separação por flotação.

Sobre vidro, 13E foi o único que comentou. Segundo eles, os compradores das grandes empresas fabricantes de embalagens deste material exigem que o vidro venha separado por cor, limpo e sem contaminantes, como rótulo e tampinhas. Por não terem interesse em investir neste processo de beneficiamento dos vidros, preferiam doar as frações para uma cooperativa parceira.

Os entrevistados relataram suas principais dificuldades de comercialização e, nestes casos, quais eram os destinos dados aos materiais mais difíceis¹². Os plásticos de REEE foram o item mais citado, por 70% dos respondentes (1C, 2C, 3C, 8C, 10C, 11E, 13E). As carcaças plásticas dos equipamentos (desktops, impressoras) eram o item plástico mais difícil de ser comercializado. Por serem compostas por plásticos misturados a aditivos que alteram suas propriedades, não possuíam mercado comprador no Rio de Janeiro e acabavam sendo encaminhadas para o aterro sanitário. Havia apenas um comprador para este material, sediado no município de Duque de Caxias-RJ, mas, segundo um dos entrevistados, este estabelecimento

¹² As questões sobre frações de REEE não se aplicavam aos respondentes 4E, 6E – facilitadores de gestão de resíduos – e nem a 9E, cujos REEE são coletados no Rio e Janeiro mas desmontados em outro estado.

adotava técnicas de tratamento e destinação ambientalmente questionáveis e prazos de pagamento duvidosos, e por isso alguns empreendimentos preferiam não negociar com ele.

Teclados e mouses também foram citados por 5C e 8C como itens de difícil comercialização, pois tem muitas partes plásticas, mas cada uma com uma composição diferente, e não são muito procuradas pelos compradores, o que torna a desmontagem destes itens financeiramente inviável. Eles acabam se acumulando e sendo vendidos como sucata.

Segundo a cooperativa 2C, há vários fatores que influenciam nas negociações comerciais, e com os resíduos plásticos isso se torna mais sensível pelo reduzido número de opções de compradores no estado. Dentre estes fatores, podemos citar:

- Muitos empreendimentos têm dificuldade em reunir quantidades significativas de um mesmo tipo de plástico, seja por não ter REEE suficiente ou por não ter espaço para armazenamento.
- O tempo de desmontagem para obter certo tipo de plástico pode não compensar financeiramente (o exemplo dado foi com relação às impressões de teclados e mouses, cuja carcaça plástica, em geral de ABS, leva mais tempo para desmontar).
- A sazonalidade do mercado comprador, pois muitas vezes a indústria recicladora reduz os pedidos, o comprador intermediário fica com certo tipo de plástico acumulado e o preço cai.

A unidade 2C relatou ainda que, no caso de impressoras, como sua desmontagem completa era lenta e demandava um ferramental mais específico, preferiam acumulá-las inteiras – pois tinham espaço – e vendê-las para outro beneficiador. Desta forma, podiam se concentrar na desmontagem de itens que geravam mais retorno financeiro, como notebooks e televisores.

Vale ressaltar, no entanto, que alguns empreendimentos conseguiam comercializar certos tipos de plásticos, pois eram capazes de reunir volume suficiente para garantir uma negociação comercial lucrativa.

A cooperativa 3C informou que estava iniciando uma parceria com uma ONG que poderia colaborar com a questão dos plásticos não comercializados. Com apoio de grandes multinacionais, o foco desta ONG era a redução do lixo plástico no mar através de uma ação social. Com o objetivo de evitar que o resíduo plástico chegasse até os corpos d'água, a ONG operava um sistema de compra de qualquer tipo de resíduos plásticos de catadores autônomos.

Com exceção de 1C, que desmonta somente geladeiras e aparelhos de ar condicionado para retirada dos motores e cabos de cobre, todos os demais empreendimentos que geram

frações a partir de REEE informaram basicamente os mesmos tipos de frações¹³, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Frações obtidas pelos empreendimentos após a desmontagem de REEE

Frações de Resíduos Valiosos	Frações de Resíduos Perigosos
<ul style="list-style-type: none"> • Plásticos • Sucata metálica (cobre, ferro, aço, alumínio) • Placas de circuito impresso • Drives (ex.: HD, CD ROM) • Fontes de energia • Componentes (ex.: memórias, processadores) • Cabos e fios • Celulares sem baterias • LEDs de televisores • Autofalantes de televisores • Motores da linha branca (ex.: geladeiras) • Ventoinhas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de monitores CRT • Toners e cartuchos de impressora • Pilhas • Baterias • Lâmpadas

Fonte: Elaboração própria.

A diversidade de informações sobre os fluxos comerciais, no entanto, resultaria em um complexo diagrama. A fim de facilitar o entendimento e obter uma melhor visualização destes fluxos, as frações foram divididas em Frações de Resíduos Valiosos e de Resíduos Perigosos, resultando em dois diagramas simplificados.

Com relação às “Frações de Resíduos Valiosos”, foi possível identificar padrões nas rotas de comércio para três grandes grupos de materiais, resumindo o fluxo comercial da seguinte forma:

Placas e componentes: Todos os demais empreendimentos comercializavam suas placas de circuito impresso, HDs e componentes eletrônicos (como processadores e memórias) com os compradores 7E ou 12E, sendo que um deles fica no município do Rio de Janeiro e o outro, fora do município. Ambos exportam o material para o exterior, para países como Alemanha, Bélgica, China, Israel e Lituânia.

Metais: Algumas unidades comercializavam suas sucatas de ferro, cobre, alumínio e aço fora do município do Rio de Janeiro. No entanto, a maioria dos empreendimentos consegue compradores locais já bem estabelecidos.

¹³ As questões sobre frações de REEE não se aplicavam aos respondentes 4E, 6E – facilitadores de gestão de resíduos – e nem a 9E, cujos REEE são coletados no Rio e Janeiro mas desmontados em outro estado.

Plásticos: Algumas unidades comercializavam suas frações de plásticos oriundos de REEE em outros municípios do Estado do Rio de Janeiro, com melhores condições comerciais. Um outro empreendimento vendia seus resíduos para uma empresa em outro Estado. Apenas dois estabelecimentos comercializavam com intermediários da cidade do Rio de Janeiro. As frações de plásticos de difícil comercialização eram consideradas rejeitos e enviadas para o Aterro Sanitário de Seropédica através da COMLURB.

A Figura 27 mostra, através de um diagrama simplificado, o fluxo desse mercado no âmbito do Rio de Janeiro.

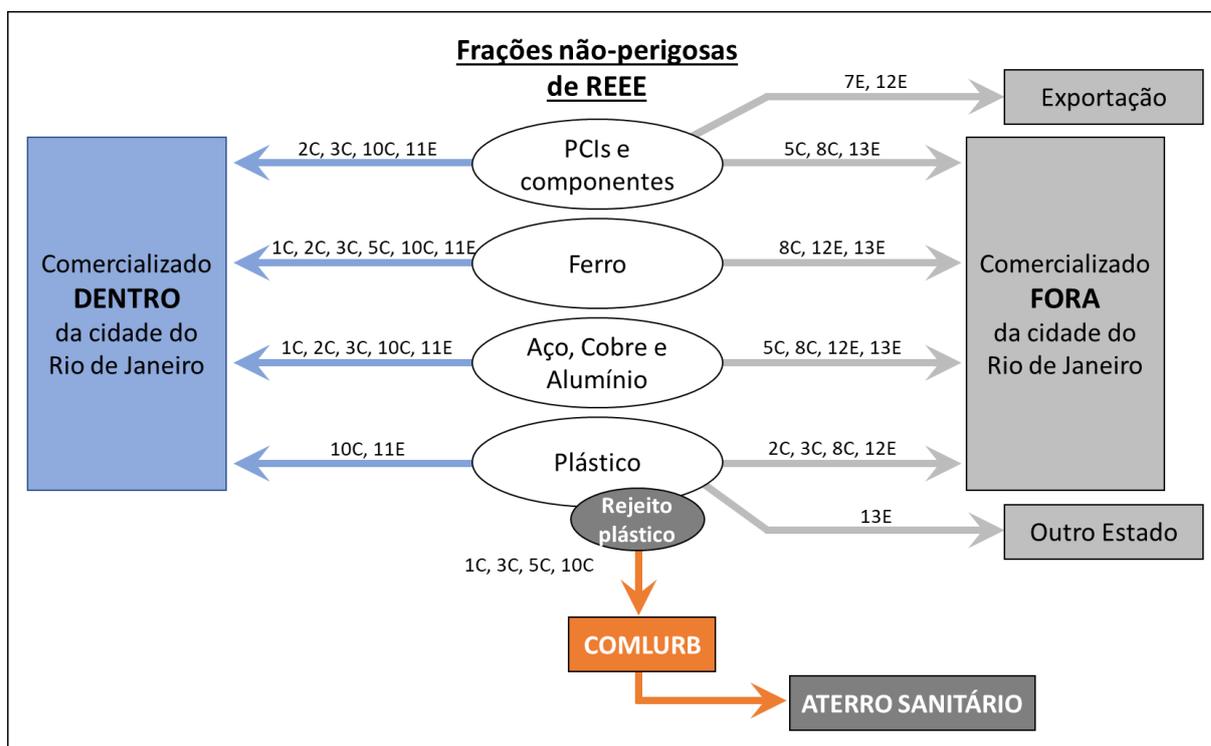


Figura 27 - Fluxo simplificado de comercialização de frações não perigosas de REEE no Rio de Janeiro.

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que as frações de REEE geradas na cidade do Rio de Janeiro eram apenas parcialmente absorvidas pela cadeia de intermediários local. Muitos empreendimentos acabavam por comercializar seus resíduos com compradores sediados no próprio Estado, mas fora da cidade do Rio de Janeiro, tendo sido citados principalmente os municípios de Duque de Caxias, Magé e Queimados.

Os resíduos plásticos não comercializados eram enviados para aterro sanitário misturados aos outros resíduos, sem tratamento adequado. Caso contivessem substâncias contaminantes, como retardantes de chama, podem representar um problema ambiental grave.

As “Frações de Resíduos Perigosos” de REEE (listadas na Tabela 6), obtidas após desmontagem ou recebidas de fornecedores, seguem, de acordo com os empreendimentos entrevistados, fluxos de comercialização ou destinação conforme o diagrama mostrado na Figura 28.

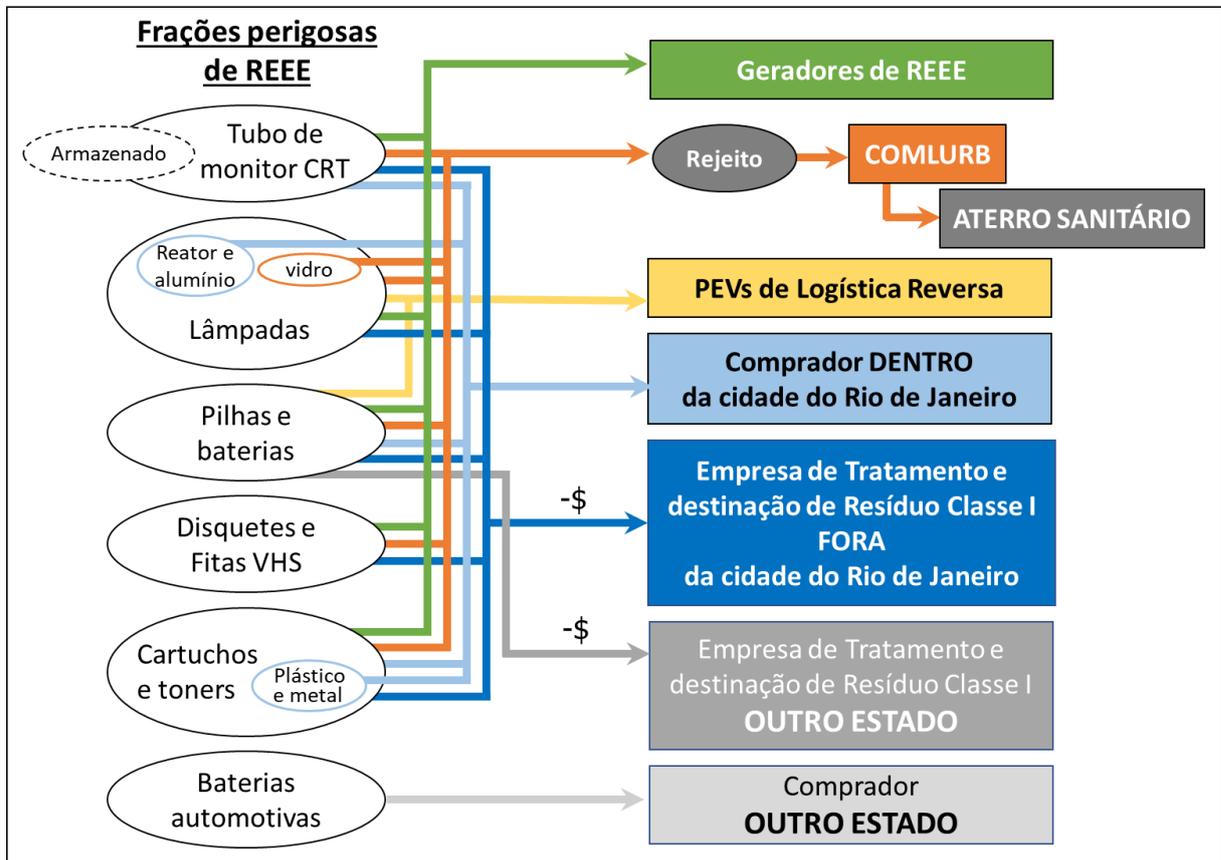


Figura 28 - Fluxo simplificado de comercialização de frações perigosas de REEE no Rio de Janeiro.

Fonte: Elaboração própria.

Os resíduos eletroeletrônicos são bastante atrativos devido aos valores obtidos no mercado por suas frações valiosas. No entanto, o custo representado pela destinação correta das frações perigosas costuma ser relegado a segundo plano, causando um impasse entre geradores e unidades de processamento de REEE. Muitos respondentes relataram que, apesar de informarem previamente aos geradores de resíduos que não aceitavam receber monitores CRT, pilhas, baterias, lâmpadas, disquetes, toners, etc., ainda assim os recebiam, misturados a outros REEE nos lotes coletados.

Os empreendimentos geralmente encaminhavam de volta os resíduos perigosos para os respectivos geradores. No entanto, as cooperativas que recebiam REEE junto à coleta seletiva da COMLURB não tinham esta opção. Elas então devolviam os resíduos perigosos para a

própria COMLURB (a empresa presta este serviço para as cooperativas que recebem os resíduos da coleta seletiva, pois este material, em geral, vem com muitos rejeitos que não podem ser reciclados¹⁴), que os encaminhava para o aterro sanitário. Cinco dos seis tipos de resíduos perigosos mencionados seguiam estes dois fluxos: gerador ou aterro. Esta situação denotava que: a) a população não tinha informação sobre o que deveria ser feito com este tipo de resíduo; b) havia resíduos perigosos sendo encaminhados ao aterro sanitário sem devido tratamento.

Percebe-se ainda que era feito um esforço para que nem todos os resíduos perigosos retornassem para o gerador ou seguissem para aterro. Os tubos CRT, por exemplo eram vendidos por 2C e 5C e armazenados por 8C e 13E, enquanto não conseguiam uma solução adequada para destiná-los. As lâmpadas, pilhas e baterias eram depositados por 2C e 3C em PEVs de gestoras de logística reversa destes materiais. A cooperativa 10C afirmou que separava o reator e as peças de alumínio das lâmpadas para comercialização, antes de encaminhar os vidros para aterro, como rejeito. A empresa 13E encaminhava pilhas e baterias para uma empresa de logística reversa destes materiais no Estado de São Paulo, mesmo pagando o custo do frete.

O empreendimento 2C conseguia separar alguns modelos de cartuchos e toners e os vendia para recondicionadores. Os componentes de plástico e metal dos toners eram separados e vendidos por 13E, que usava o pó dos toners em sua própria unidade de material para coprocessamento. Apenas 5C comentou sobre baterias automotivas, as quais vendia para um comprador no Estado do Rio Grande do Sul.

5.8 PERCEPÇÕES SOBRE A GESTÃO DE REEE

Neste bloco, as perguntas eram abertas e tinham o intuito de estimular os entrevistados a compartilhar suas percepções sobre os pontos positivos e negativos de se trabalhar com gestão de resíduos eletroeletrônicos no município do Rio de Janeiro, e o que poderia ser melhorado. Todos os empreendimentos visitados responderam às questões, pois todos, de alguma forma, interagem com o ambiente social, comercial, jurídico e político da cidade para realizar suas atividades.

De acordo com os entrevistados, o principal ponto positivo de se trabalhar com resíduos eletroeletrônicos é poder gerar emprego e renda através de um resíduo “mais limpo”, e do qual se pode obter um bom retorno, mesmo quando se tem um volume pequeno, pois possui maior

¹⁴ Dois respondentes mencionaram que no material de coleta seletiva doado pela COMLURB, aproximadamente, 30% é rejeito.

valor agregado. Cinco respondentes mencionaram também a satisfação de estar, ao mesmo tempo, contribuindo com o meio ambiente e a educação ambiental. Segundo 4E, é gratificante observar que tem havido um interesse crescente por parte do setor empresarial em buscar descarte correto deste tipo de resíduo.

A falta de educação ambiental para conscientizar a população sobre separação e descarte correto dos REEE foi citada como ponto negativo por 7 dos 13 respondentes (53,8%). As pessoas que lidam com resíduos tem muita consciência do custo ambiental e econômico causado pelo descarte incorreto. A autora percebeu, em vários momentos, a indignação e a tristeza na fala dos entrevistados, ao relatarem o descaso do poder público, de empresas e de consumidores em geral em relação aos resíduos.

Para eles, no fundo, a falta de educação ambiental da população era refletida indiretamente na má qualidade do material que chegava às suas unidades e, principalmente, no baixo volume de REEE disponibilizado para coleta. Esta questão do baixo volume de REEE foi inclusive citada diretamente por mais outros 3 respondentes, denotando que esta era a maior dificuldade encontrada pelos respondentes no Rio de Janeiro. Um dos entrevistados comentou que a gestão atual da COMLURB reduziu os custos com a coleta seletiva, causando, conseqüentemente a redução do volume doado às cooperativas.

Dois respondentes mencionaram a grande informalidade do setor. Um deles lembrou das “kombis de ferro-velho” que circulam livremente pela cidade comprando, entre outros itens, sucata eletrônica. O outro explicou que, em seu ponto de vista, o alto grau de informalidade no mercado de REEE no Rio de Janeiro seria resultado da falha do poder público em não fiscalizar a correta aplicação da legislação vigente, exigindo o descarte legal, ao menos por parte das empresas. Esta atitude já impulsionaria o mercado na direção da formalização. Reforçando este ponto, a autora acrescenta um comentário externo: o gestor de um dos empreendimentos relacionados na lista inicial dos que trabalhavam com REEE no Rio de Janeiro, ao ser contactado explicou que não poderia participar pois tinha desistido de trabalhar com REEE. Segundo ele, a falta de fiscalização sobre as empresas, no Rio de Janeiro, permitia que atores irregulares agissem livremente, desfavorecendo aqueles que atuavam dentro das normas. E que sem uma fiscalização atuante, seus potenciais clientes não sentiam necessidade de pagar por serviços mais caros, porém ambientalmente adequados, enquanto poderiam resolver seus problemas de resíduos de outras formas.

A autora pôde perceber que o termo “informalidade” foi utilizado em diversos momentos, com diferentes conotações. Por exemplo, os empreendimentos que atuavam sem registro

(CNPJ), eram ditos como “trabalhando na informalidade”. Os empreendimentos que compravam e vendiam resíduos sem a devida contabilização e emissão de notas fiscais – situação descrita como muito comum no mercado de resíduos – também eram considerados como “atuando, parcialmente, na informalidade”. Os empreendimentos que se diziam recicladores ou destinadores de resíduos mas que não seguiam corretamente a legislação e as normas aplicáveis, prejudicando o meio ambiente, eram chamados de “destinadores informais”. As corporações que contratavam estes “destinadores informais”, evitando cumprir a legislação enquanto não fossem autuadas, eram também consideradas como participantes do “esquema informal de reciclagem” dos resíduos.

Este sistema informal ainda é sustentado pela forte demanda por REEE, como Albuquerque já havia observado em 2013:

“...empresas recicladoras desses materiais estão exercendo uma forte demanda por REEE no mercado. Como existem apenas poucos projetos formais que buscam processar parte desses resíduos, eles não suprem por si a necessidade das empresas recicladoras, gerando assim um grande mercado que mescla práticas formais e informais no comércio e beneficiamento de resíduos eletroeletrônicos no município [do Rio de Janeiro] e adjacências.” (ALBUQUERQUE, 2013)

Outros problemas também foram relatados pelos entrevistados, como o fato dos preços pagos pelos intermediários serem muito baixos e dos constantes furtos de REEE descartados em PEVs. O respondente 9E comentou ainda que o trânsito intenso e os engarrafamentos, o alto preço da gasolina e as grandes distâncias entre os centros geradores de REEE, combinados à pouca quantidade de material, prejudicavam a logística de coleta. Dois empreendimentos comentaram ter muita dificuldade em manter seus setores de REEE financeiramente viáveis e ao mesmo tempo ambientalmente corretos pois, além dos custos logísticos, os custos para descarte dos resíduos perigosos eram muito altos. A unidade 1C relatou que sua maior dificuldade era o desconhecimento do mercado comprador de frações; que várias vezes já havia recusado o recebimento de REEE por não saber onde destinar. A falta de qualificação de mão de obra foi apontado por 8C como um dos entraves para o desenvolvimentos do setor.

As melhorias sugeridas pelos empreendimentos entrevistados foram:

- o aumento do volume de REEE destinado às cooperativas, passando a incluir também os grandes geradores;
- a realização de campanhas de conscientização sobre descarte de REEE na mídia, para que as empresas soubessem como destinar estes REEE;
- o aumento dos pontos de coleta;

- o aumento do número de compradores para os diferentes tipos de plásticos oriundos de REEE; e
- a capacitação dos intermediários (ferros-velhos) sobre os componentes valiosos dos REEE.

Segundo 7E, muitos ferros-velhos compram REEE como sucata, e os destinam também como se fossem simplesmente sucata metálica. Muitas placas de circuito impresso e componentes valiosos são perdidos neste processo, por pura falta de conhecimento sobre o valor do material.

Neste ponto da entrevista, a autora abordou o Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos, recentemente assinado. Os estabelecimentos entrevistados foram questionados se já tinham tomado conhecimento do teor do Acordo Setorial. Com base nas respostas recebidas (Figura 29), pode-se perceber que havia um interesse reduzido no assunto, pois apenas 2 empreendimentos – uma empresa (6E) e uma cooperativa (8C) – haviam se preocupado em tomar conhecimento do teor do Acordo Setorial. Dentre os demais onze respondentes, alguns ainda não tinham ouvido falar do assunto; outros já sabiam da assinatura do acordo, mas não tinham lido o documento; e outros tinham um conhecimento apenas superficial do teor do mesmo.

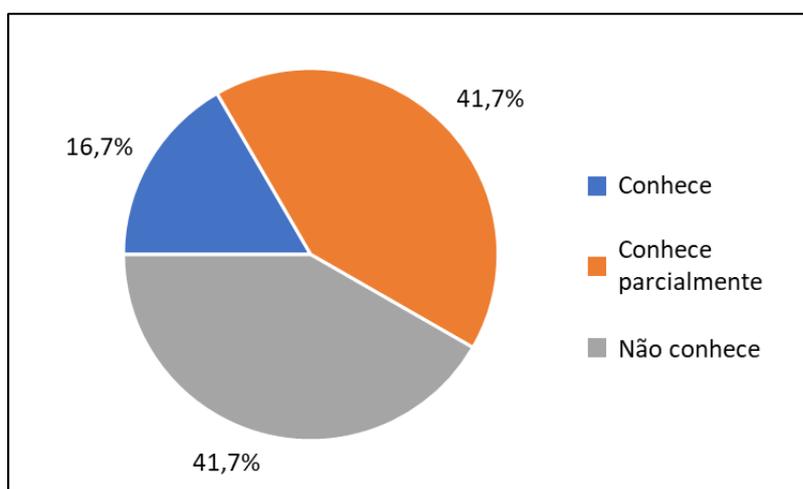


Figura 29 - Conhecimento dos empreendimentos sobre o Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos

Fonte: Elaboração própria.

A autora achou importante fazer uma pausa e explicar, de modo sucinto, a todos estes onze respondentes, sobre o que se tratava o Acordo Setorial: atores, objeto, metas, prazos e condições de homologação pelas gestoras. Em seguida, todos foram perguntados se

acreditavam que o Acordo Setorial afetaria, de alguma forma, o seu próprio empreendimento e, caso afirmativo, como isso se daria.

Todos foram unânimes em afirmar acreditar que o Acordo traria, futuramente, mudanças para o setor e para seu empreendimento. Segundo eles, as implicações seriam positivas e convergiriam para duas linhas:

- o aumento da conscientização da população sobre este tipo de resíduo, provocando mudança de atitude nos consumidores e o consequente aumento do volume de REEE disponibilizado.
- a homologação dos empreendimentos, pelas gestoras de logística reversa de REEE, para atuarem como parceiros locais em alguma das etapas da manufatura reversa deste material.

Por já realizarem um trabalho com REEE, todos acreditavam ter condições de participar da nova cadeia de LR de REEE domiciliar a ser implementada pelas gestoras de REEE. Mesmo se não atendessem as eventuais condições de homologação determinadas pelas gestoras, acreditavam poder participar como subcontratados, atuando nas etapas iniciais da logística reversa.

O empreendimento 4C considerou a possibilidade de ter as gestoras de REEE como clientes, realizando a coleta nos PEVs em determinadas rotas com volume maior e mais constante. O empreendimento 13E comentou ainda que a disseminação do conhecimento adquirido e dos processos já desenvolvidos em São Paulo, onde acontecem os projetos piloto das gestoras de REEE, traria benefícios à cadeia de REEE no Rio de Janeiro. A unidade 3C ressaltou que, com a chegada dos PEVs em maior número e com informação à população, provavelmente chegariam “resíduos eletroeletrônicos mais bem segregados e o volume seria ‘garantido’”, o que permitiria investimentos na unidade produtiva.

Segundo Mazon (2014), a entrada em operação de um modelo de coleta *consumer to business*, impulsionada pelo poder público, poderá resultar em aumento na quantidade de REEE disponível para processamento. Portanto, é possível que a expectativa dos respondentes venha a ser confirmada.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados na pesquisa de campo permitiram aprofundar os conhecimentos sobre vários aspectos da gestão de REEE na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e apresentar algumas conclusões, descritas a seguir.

Verificou-se que existem muitas empresas e cooperativas participando das etapas de coleta, transporte primário, armazenamento, tratamento e destinação deste tipo de resíduos. Muitas são novos entrantes neste mercado – começaram em 2015. Estes empreendimentos adotam diferentes modelos de negócios e inclusive possuem relações comerciais entre si. Há empreendimentos mais verticalizados – englobando várias etapas da cadeia: coleta, tratamento, separação, destinação. Outros atuam com mais foco na etapa de destinação das frações valiosas de REEE, como, por exemplo, compra e exportação de placas de circuito impresso. Foi identificado ainda o modelo de negócios no qual toda a gestão de resíduos de um grande gerador é terceirizada para um “facilitador”, uma empresa que apenas coordena as atividades de coleta, transporte, tratamento e destinação final de cada tipo de resíduo gerado, realizadas por seus parceiros habilitados.

A informalidade ainda está bastante presente no setor, muito mais por dificuldades econômicas em obter todas as licenças, do que por falta de conhecimento da legislação. Segundo as informações levantadas, praticamente não há fiscalização ambiental e nem estímulos tributários que pudessem mudar o cenário, incentivando a formalização e as melhores práticas por toda a cadeia de REEE. O mercado comprador e os geradores de resíduos raramente exigem qualquer tipo de certificação, por isso não há interesse em obtê-las. Por outro lado, já foi claramente percebido pelos atores o valor da presença online, seja em site na Internet ou nas redes sociais, como uma importante ferramenta de contato com os geradores de REEE, para aumentar captação de material. A maioria, no entanto, poderia utilizar melhor o potencial das redes sociais.

Da mesma forma, não há interesse em implementar melhorias no local de trabalho, a menos que possa gerar retorno financeiro. A maioria dos empreendimentos (84,6%) já possuem locais cobertos, trancados e iluminados mas alguns ainda precisam adotar layouts mais eficientes (61,5%); maior proteção contra incêndios (30,7%) e melhorar as formas de armazenamento dos REEE, especialmente dos resíduos perigosos (53,8%). O uso dos EPIs básicos (luva, botas e uniforme) pôde ser constatado em 76,9% dos locais pesquisados.

Apesar das funções ligadas a REEE serem mais bem remuneradas em alguns empreendimentos, há dificuldade de encontrar profissionais capacitados, especialmente na desmontagem dos REEE. Dada a enorme diversidade de equipamentos eletrônicos produzida, o conhecimento sobre quais equipamentos, partes, peças e componentes possuem maior valor no mercado tem resultado direto na entidade. A falta de capacitação dos profissionais envolvidos nas funções de comercialização também é considerada um entrave, pois ter conhecimento sobre os diversos compradores de REEE no mercado influencia diretamente os preços negociados.

A maioria dos empreendimentos entrevistados (84,6%) obtém REEE através de doações, provenientes de órgãos públicos, empresas e pessoas físicas, e possuem serviço próprio de coleta para buscar o material. O meio mais usado pelos geradores para contactar os estabelecimentos e solicitar a coleta é via WhatsApp. Tem início então uma negociação: dependendo do material a ser recolhido, a coleta pode ser gratuita, cobrada ou até mesmo paga, se valer a pena. Boa parte dos empreendimentos (53,8%) possui frota própria de veículos, enquanto outros alugam de terceiros. Os empreendimentos preferem receber itens mais nobres e valiosos, como placas de circuito impresso e celulares, mas 84,6% deles recebe também outros eletroeletrônicos. Poucos (61,5%) aceitam receber eletrodomésticos de grande porte (linha branca), que demandam veículos de transporte maiores, mais espaço no galpão e maquinário específico na desmontagem.

Os processos utilizados na desmontagem e separação dos REEE pelos empreendimentos entrevistados ainda são manuais e com uso de ferramentas básicas, o que limita a eficiência. Já há, no entanto, empreendimentos adotando parafusadeiras automáticas e paleteiras.

Há, em média, 56% de ociosidade nos empreendimentos entrevistados, ou seja, há potencial para receber e tratar muito mais REEE do que é tratado atualmente na RMRJ. A falta de material disponível para coleta é o fator limitante, mais uma vez apontando para a realização de campanhas de informação e conscientização dos consumidores.

Como o mercado não exige e a fiscalização não atua, não há muito interesse em mensurar e registrar as informações sobre quantidades de REEE coletadas para serem processadas. Os REEE que chegam ao empreendimento só são pesados e registrados quando os geradores solicitam relatórios. No entanto, na saída, as frações valiosas são pesadas e contabilizadas. Não há preocupação em realizar o balanço de massa. Dentre os treze empreendimentos, um registra as pesagens e os resultados das vendas manualmente em um caderno, dez registram em planilhas eletrônicas e dois em softwares de sistemas de gestão. Não há controle de desvios de

material, nem indicadores de eficiência de processos. Os gráficos de produtividade e performance gerados na pesquisa mostram que alguns empreendimentos vêm obtendo resultados muito superiores, e que portanto há muito espaço para melhorias nas demais unidades.

O nível de desmontagem executado nos empreendimentos de manufatura reversa do município do Rio de Janeiro é compatível com o que o mercado comprador vem exigindo. As PCIs são separadas em diversos tipos, com preços diferentes, sendo que processadores e memórias são retirados e comercializados à parte. Os compradores são intermediários que aceitam volumes menores e pagam praticamente à vista, ou às vezes oferecem adiantamentos pelo material, para que o empreendimento possa suportar o período de acúmulo.

Os REEE são gerados na cidade do Rio de Janeiro mas suas diversas frações valiosas (metais, PCIs, peças e componentes) são apenas parcialmente absorvidas pela cadeia de intermediários local. Muitos empreendimentos comercializam seus resíduos com compradores dos municípios de Duque de Caxias, Magé e Queimados. Além disso, sabe-se que as PCIs são exportadas para grandes fundições na América do Norte, Europa e Ásia, onde é feito o processamento do material e a extração dos metais.

Os plásticos oriundos de REEE são a fração mais complicada de se comercializar. Alguns tipos de plásticos são misturados a aditivos, o que os torna indesejados pelo já reduzido mercado comprador do Estado do RJ. São considerados como rejeito e enviados para aterro sanitário, sem tratamento adequado. Caso os aditivos sejam substâncias contaminantes, como retardantes de chama, podem representar um problema ambiental grave.

Os empreendimentos preferem não receber REEE perigosos, como tubos CRT, lâmpadas, pilhas, baterias, cartuchos e toners. No entanto, estes resíduos acabam chegando, misturados a outros resíduos. Sempre que possível, são devolvidos aos geradores originais. Do contrário, são encaminhadas como rejeito para aterro sanitário. As frações perigosas, recebidas diretamente dos geradores ou obtidas no processo de desmontagem de REEE, representam um custo para os empreendimentos. Os empreendimentos empreendem alguns esforços no sentido de evitar o envio destas frações para aterro sanitário, tais como: encaminhar certos resíduos para PEVs de gestoras de sistemas de logística reversa e comercializar partes metálicas e peças em bom estado para reparo e condicionamento. Alguns empreendimento encaminham, com custo, parte de seus resíduos perigosos para empresas de tratamento de resíduos Classe I. No entanto, o restante acaba sendo considerado rejeito e encaminhado para aterro sanitário. Este descarte incorreto não é inadvertido; os empreendimentos estão cientes dos procedimentos corretos, porém não

conseguem, no Estado do Rio de Janeiro, opções comerciais que permitam internalizar os custos de destinação final correta destas frações perigosas e, ao mesmo tempo, viabilizar seu equilíbrio financeiro. É necessário que o poder público crie mecanismos econômicos que possam apoiar o correto descarte destes resíduos.

O trabalho dentro da cadeia de gestão de REEE na região é visto positivamente pelos entrevistados, pois promove a geração de emprego e renda através de um resíduo “mais limpo”, e do qual se pode obter um bom retorno, mesmo quando se tem um volume pequeno, pois possui maior valor agregado. Os atores têm a satisfação de estar, ao mesmo tempo, contribuindo com o meio ambiente e a educação ambiental. Por outro lado, o alto grau de informalidade ainda existente inibe investimentos e o crescimento do setor na RMRJ.

Os atores envolvidos no tratamento de REEE não demonstraram inicialmente muito interesse no recente Acordo Setorial de REEE. No entanto, ao tomarem conhecimento de mais detalhes, vislumbraram algumas possibilidades e foram quase unânimes em afirmar que a entrada do sistema de logística reversa de REEE domiciliar poderia beneficiar seu negócio. A expectativa geral é que o volume de REEE disponível para a coleta venha a aumentar devido à maior conscientização dos consumidores quanto ao descarte correto deste resíduo.

Como considerações finais, pode-se dizer que a cadeia de logística reversa de REEE na Região Metropolitana do Rio de Janeiro vem fazendo lentos progressos em direção à sua estruturação. Já se observam pontos fortes em termos de eficiência no tratamento e a existência de bastante opções de comercialização de frações. Porém ainda há deficiências, como a informalidade e lacunas na comercialização de alguns tipos de resíduos oriundos dos REEE. É necessário que o poder público se envolva mais no fortalecimento do setor, promovendo a realização de campanhas de informação e conscientização dos consumidores, conforme definido na PNRS e no Acordo Setorial de REEE, o que permitiria o aumento do volume de material disponível, e melhoraria a qualidade do resíduo coletado, muito sujo e vandalizado. Além disso, são necessárias políticas públicas que promovam a economia circular, estimulando a entrada de mais usinas de reciclagem na região.

7 SUGESTÕES

Este estudo não teve a pretensão de esgotar a discussão de um tema tão vasto. Espera-se que os resultados obtidos e as conclusões das análises permitam sugerir ações de melhorias e embasar políticas públicas, contribuindo com avanços na gestão dos REEE no Estado do RJ.

Muitos pontos investigados, porém, podem ser aprofundados em futuras pesquisas. Em termos de formalização, é importante avaliar mais de perto a questão das licenças ambientais – quais são necessárias para se efetuar o processamento de REEE, quantos estabelecimentos são licenciados corretamente, etc.

No aspecto dos fluxos comerciais, por exemplo, é importante detalhar melhor quais são os tipos de frações oriundas de REEE que não se consegue comercializar no município do Rio de Janeiro ou nem mesmo no Estado do RJ. Além disso, é preciso trabalhar para quantificar estas frações, em toneladas/mês. No setor de resíduos há, infelizmente, muito receio por parte dos atores em fornecer informações mais sensíveis. No entanto, tais informações poderiam fortalecer o próprio setor, subsidiando possíveis políticas públicas de incentivo à entrada de indústrias recicladoras complementares no Estado ou no município, principalmente relacionadas a resíduos plásticos e perigosos.

REFERÊNCIAS

- ABDELBASIR, S. *et al.* **Status of electronic waste recycling techniques: a review.** Environmental Science and Pollution Research n. 25:16533–16547. 2018. DOI: 10.1007/s11356-018-2136-6.
- ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>. Acesso em: 2 de janeiro de 2020.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT NBR10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação.** 31.05.2004.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT NBR 16156:2013 - Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para a atividade de manufatura reversa.** 18.03.2013.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ABNT 15833:2018 – Manufatura reversa - Aparelhos de refrigeração.** 07.12.2018.
- ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos). **Associados.** 2020. Disponível em: <<http://abree.org.br/associados>>. Acessado em 20 de julho de 2020.
- ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019.** ABRELPE, 2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acessado em 20 de maio de 2020.
- ALBUQUERQUE, V. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro.** Dissertação de mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio, Departamento de Engenharia Civil, 2013
- ANDREOLA, F. *et al.* **Cathode ray tube glass recycling: an example of clean technology.** Waste Manage & Research 2005: 23: 314–321. DOI: 10.1177/0734242X05054422
- ANDREWS, D. **The circular economy, design thinking and education for sustainability.** Local Economy: The Journal of the Local Economy Policy Unit, Research Article. March 19, 2015. DOI:10.1177/0269094215578226.
- ASSUMPCÃO, L. **Obsolescência programada, práticas de consumo e design: uma sondagem sobre bens de consumo.** Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2017.
- BALDÉ, C.P. *et al.* **The Global E-waste Monitor – 2017,** United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. 2017.
- BAXTER, J. *et al.* **High-quality collection and disposal of WEEE: Environmental impacts and resultant issues.** Waste Management. 57, 17–26, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.02.005>

BIROCHI, R. **Metodologia de Estudo e de Pesquisa em Administração Pública**. Programa Nacional de Formação em Administração Pública (PNAP). Especialização em Gestão Pública, Módulo Básico. Florianópolis, 2015. ISBN: 978-85-7988-262-3

BOCKEN, N. *et al.* **Taking the Circularity to the Next Level; A Special Issue on the Circular Economy**. Journal of Industrial Ecology, Volume 21, Number 3, Yale University, 2017. DOI: 10.1111/jiec.12606

BRASIL. **Decreto Nº 5.940/, de 25 de outubro de 2006**. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 26 out. 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5940.htm>. Acessado em 02 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acessado em 22 de março de 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017**. Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 23 dez. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acessado em 25 de março de 2019.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 13 fev. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm>. Acessado em 22 de março de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 13 fev. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9177.htm>. Acessado em 05 de dezembro de 2017.

BRASIL. **Portaria nº 25, de 29 de dezembro de 1994**. Aprova a Norma Regulamentadora n.º 9 - Riscos Ambientais; altera as Normas Regulamentadoras n.º 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA; altera a Norma Regulamentadora n.º 16 - Atividades e operações perigosas; e dá outras providências. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 30 dez. 1994. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Portaria+n.+25+SSST+MTb+29+dezembro+1994+Aprova+a+NR+9+sobre+o+Programa+de+Prevencao+e+riscos+ambientais_000gvp114yq02wx7ha0g934vgrnn5ero.PDF>. Acessado em 29 de julho de 2020.

BUEKENS, A.; YANG, J. **Recycling of WEEE plastics: a review**. Journal of Material Cycles and Waste Management, volume 16, p. 415–434, 2014. DOI 10.1007/s10163-014-0241-2

CALLEFI, M. H. B. M.; BARBOSA, W. P. **Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em Maringá/PR**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 13, nº 2, abr-jun/2018, p. 112-131. DOI: 10.15675/gepros.v13i2.1848

CAMARGO, H. **Como obter as certificações ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e ABNT 16001**. Revista Pequenas Empresas Grandes Negócios, Edição 256, Seção Mundo Legal, Poder no Mercado, Ago. 2010. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,EMI161127-17195,00-COMO+OBTER+AS+CERTIFICACOES+ISO+ISO+OHSAS+E+ABNT.html#:~:text=Os%20valores%20cobrados%20pelas%20certificadoras,vanzolini.org.br%2F>>. Acessado em 21 de julho de 2020.

CAMILO, G. F. **Requisitos para Homologação de Operadores Green Eletron**. Green Eletron – Gestora de Logística Reversa de Eletroeletrônicos. Arquivo tipo .docx anexado em e-mail, 2020. Correspondência pessoal eletrônica (*e-mail*), acessada em 10 de janeiro de 2020, às 10:00 h.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Decisão de Diretoria Nº 120/2016/C, de 01 de junho de 2016**. Estabelece os “Procedimentos para o licenciamento ambiental de estabelecimentos envolvidos no sistema de logística reversa, para a dispensa do CADRI e para o gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo”, e dá outras providências. Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), ed. nº 126 (101), 03/06/2016, p. 58. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/documents/91370/9fd753d0-5106-4f6f-970d-d0bfb2f78291>>. Acessado em 16 de fevereiro de 2020.

CHIPS ETC. **Gold value in CPUs & Computer Chips**. Chips Etc. – Vintage Computer Chip Collectibles, Memorabilia & Jewelry. 2020. Disponível em: <<https://www.chipsetc.com/gold-value-in-computer-chips.html>>. Acessado em 11 de julho de 2020.

COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana). **Folder Coleta Seletiva 1 (lamina a5 coleta seletiva ok.pdf)**. 2020a. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/documents/91370/1017211/lamina+a5+coleta+seletiva+ok.pdf>>. Acessado em 10 de Fevereiro de 2020.

COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana). **Onde descartar materiais que não são coletados pela coleta seletiva da COMLURB**. 2020b. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/documents/91370/9fd753d0-5106-4f6f-970d-d0bfb2f78291>>. Acessado em 10 de fevereiro de 2020.

CONEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente). **Resolução CONEMA Nº 56, de 13 de Dezembro de 2013**. Estabelece critérios para a inexigibilidade de licenciamento ambiental para associações e cooperativas de catadores para atividade de recebimento, prensagem,

enfardamento e armazenamento temporário de resíduos sólidos recicláveis não perigosos, inertes, oriundos de coleta seletiva. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, nº 241, p. 87. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/cs/idcplg?IdcService=DOC_INFO_BY_NAME&dDocName=INEA0013900>. Acessado em 15 de fevereiro de 2020.

DEHGHAN, F; REZVANI, R.; FAZELI, S. **Social networks and their effectiveness in learning foreign language vocabulary: A comparative study using WhatsApp**. CALL-EJ, 18(2), 1-13. 2017. Disponível em: <http://www.callej.org/journal/18-2/Dehghan-Rezvani-Fazeli2017.pdf>. Acessado em 15 de Janeiro de 2020.

DIAS, P. *et al.* **Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes**. Journal of Cleaner Production 174, 7 – 16, Elsevier, 2018.

DIAS, P. **Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Management in Australia and Brazil**. Tese de Doutorado em Engenharia de Minas, PPGE3M, UFRGS, 2019a.

DIAS, P. **REEE_Brasil_Dados_2016_2017.xlsx**. Arquivo formato Excel. Correspondência pessoal eletrônica (*e-mail*): “Artigo sobre REEE”, enviada em 29 de outubro de 2019, às 02:48 h. 2019b.

DIEDLER, S.; KUCHTA, K. **Gaps and needs within the WEEE management in Brazil**. Pehlken A., Kalverkamp M., Wittstock R. (eds) Cascade Use in Technologies 2018. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-57886-5_4. Acessado em 08 de agosto de 2019.

EC - EUROPEAN COMMISSION. **Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and Sustainability**. Brussels, 2020. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>>. Acessado em: 25 de julho de 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy**. Economic and business rationale for an accelerated transition. Vol.1, 2013. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>>. Acessado em 15 de agosto de 2019.

FORTI, V. *et al.* **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential**. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & Intern’l Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. 2020. ISBN Digital: 978-92-808-9114-0, ISBN Print: 978-92-808-9115-7

GREEN ELETRON. **Associados**. Green Eletron – Gestora para Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. 2020. Disponível em: <<https://www.greeneletron.org.br/associados>>. Acessado em 20 de julho de 2020.

GSMA (Group Speciale Mobile Associates). **eWaste in Latin America: Statistical analysis and policy recommendations**. November, 2015. Disponível em: <https://www.gsma.com/publicpolicy/resources/ewaste-latin-america-statistical-analysis-policy-recommendations>>. Acessado em 20 de julho de 2020.

HAGELÜKEN, C.; CORTI, C.W. **Recycling of gold from electronics: Cost-effective use through ‘Design for Recycling’**. Gold Bulletin 43 (3), 209–220. 2010.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Instrução Normativa 24, de 21 de novembro de 2019**. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=138653>>. Acessado em 23 de fevereiro de 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **População residente estimada (tabela)**. Portal do IBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, Estimativas da População, 2016b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acessado em 25 de maio de 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Projeção da População (gráfico)**. Portal do IBGE, Cidades e Estados, Estado do Rio de Janeiro, População, 2016a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/panorama>. Acessado em 24 de maio de 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Projeções da população por sexo e idades**. Portal do IBGE, Estatísticas, Sociais, População. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=resultados>>. Acessado em 10 de julho de 2020.

IDEC; Instituto Market Analysis. **Ciclo de vida de eletroeletrônicos**. Pesquisa, 2013. Disponível em: https://www.idec.org.br/uploads/testes_pesquisas/pdfs/market_analysis.pdf. Acessado em 06 de maio de 2019.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Norma Operacional NOP-INEA-26, de 08 de maio de 2015**. Instituto Estadual do Ambiente, 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/NOP-INEA-26-CORRETA.pdf>>. Acessado em 18 de julho de 2020.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Resolução INEA Nº 183, de 12 de julho de 2019**. Instituto Estadual do Ambiente, 2019. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/RESOLU%C3%87%C3%83O-INEA-N%C2%BA-183.pdf>>. Acessado em 21 de julho de 2020.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Metodologia Científica**. 6a ed. Editora Atlas, São Paulo, 2011

MAZON, M. **Inserção Brasileira na Cadeia Global de Reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)**. Unicamp, 2014. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287737/1/Mazon_MariliaTunes_M.pdf. Acessado em 06 de março de 2020.

NASCIMENTO, H. ;XAVIER, L. **Cenário Atual da Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: o estudo de caso do Rio de Janeiro**. Seminário Brasileiro de Gestão Integrada de Resíduos – SEMBRAGIRES. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 22 a 24 de novembro de 2017.

OLIVEIRA, J. C.; GUEDES, P. **Resíduos eletroeletrônicos: conceito, tipos, características, procedimentos de descarte e reaproveitamento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica ou de Telecomunicações) – Universidade Estácio de Sá, RJ, 2019.

OTTONI, M.; DIAS, P.; XAVIER, L. H. **A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil.** *Journal of Cleaner Production* 261 (2020). DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120990

PARLAMENTO EUROPEU, “Diretiva 2002/95/CE,” *Jornal Oficial da União Europeia*, 27 de Janeiro de 2003.

PARLAMENTO EUROPEU, “Diretiva 2012/27/UE,” *Jornal Oficial da União Europeia*, 04 de Julho de 2012.

PASCHOARELLI, L.; MEDOLA, F.; BONFIM G. **Características Qualitativas, Quantitativas e Quali-quantitativas de Abordagens Científicas: estudos de caso na subárea do Design Ergonômico.** *Revista de Design, Tecnologia e Sociedade*, v.2, n.1, 2015. Disponível em: < <https://periodicos.unb.br/index.php/design-tecnologia-sociedade/article/view/15699>>. Acessado em 22 de julho de 2020.

PROGRAMANDO O FUTURO. Relatório Anual 2017. Brasília, 2017. Disponível em: <https://issuu.com/ongprogramandoofuturo/docs/relatorio_2017_web>. Acessado em 10 de junho de 2020.

QUINTAES, B. R. **Tabela 20 – Gravimetria dos Resíduos Sólidos Domiciliares do município do Rio de Janeiro (% em massa): Série Histórica.** Gerência de Pesquisa e Controle de Vetores da Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB. Correspondência pessoal eletrônica (*e-mail*), “Análises gravimétricas de 2016”, acessada em 08 de junho de 2020, às 14:18 h.

RAMALHO, A. M. C.; MARQUES, F. L. M. Classificação da pesquisa científica. UFRN/UEPB, Apostila. Paraíba, 2009.

RIEDERER, A.; ADRIAN, S.; KUEHR, R. **Assessing the Health Effects of Informal E-Waste Processing.** *Journal of Health Pollution* 4: 1-3 (2013). DOI: 10.5696/2156-9614-3.4.1

RODRIGUES, A. 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.** 2012. 247 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SALADO, G.; SICHIERI, E. **Metodologias para Avaliação da Estabilização/Solidificação (Encapsulação) de Resíduos Industriais para Uso em Matrizes Cimentícias, Poliméricas e Cerâmicas e para Desenvolvimento de Produtos para a Construção Civil.** Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas. inovadoras: materiais e sustentabilidade. ANTAC /Editora Scienza. Porto Alegre, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/978-85-5953-005-6.2016B001>

SALHOFER, S; SPITZBART, M; MAURER, K. Recycling of flat screens as a new challenge. *Waste and Resource Management* 165, February 2012, Issue WR1, p. 37–43 <http://dx.doi.org/10.1680/warm.2012.165.1.37>

SALHOFER, S. *et al.* **WEEE management in Europe and China - A comparison.** *Waste Management* 57, November 2015, p. 27-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.014>

SBC (Secretariat of the Basel Convention). **Basel Convention**. United Nations Environment Programme, UNEP/BRS/2014/3/Rev.2, Geneva, 2020. Disponível em: <<http://www.basel.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1275/Default.aspx>>. Acessado em: 12 de julho de 2020.

SCHLUEP, M.; SPITZBART, M.; BLASER, F. **Dismantling Guide for IT Equipment**. Sustainable Recycling Industries – SRI, State Secretariat of Economic Affairs – SECO. 2015. Disponível em: <<https://open.unido.org/api/documents/5105914/download/Dismantling%20Guide%20for%20IT%20Equipment>>. Acessado em: 05 de março de 2020.

SINIR (Sistema Nacional de Informações Sobre Resíduos Sólidos). **Eletroeletrônicos e Seus Componentes**. Ministério do Meio Ambiente. Logística Reversa / Acordos Setoriais / Eletroeletrônicos de uso doméstico, 2020. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/component/content/article/63-logistica-reversa/474-acordo-setorial-de-eletroeletronicos>>. Acessado em: 15 de julho de 2020.

SLADE, G. **Made to break : technology and obsolescence in America**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, United States of America. 2007

TAQUETTE, S.; BORGES, L. Pesquisa Qualitativa para Todos. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2020.

WIDMER, R. *et al.* **Global perspectives on e-waste**. Environmental Impact Assessment Review 25 (2005) p. 436-458. DOI: 10.1016/j.eiar.2005.04.001

WU, Q. *et al.* **Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: Implications for dissemination of heavy metals**. Science of the Total Environment 506–507 (2015) p. 217–225. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.10.121

XAVIER, L.H. *et al.* **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos no Estado do Rio de Janeiro: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM, 2018.

XAVIER, L.H. *et al.* **Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining**. Resources Policy, 2019. DOI: 10.1016/j.resourpol.2019.101467

YUAN, W. *et al.* **Lead recovery from cathode ray tube funnel glass with mechanical activation**, Journal of the Air & Waste Management Association, 63:1, 2-10, 2013. DOI: 10.1080/10962247.2012.711796

ANEXOS

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO

Dissertação

1. Data

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

1 - Identificação

2. Nome do Respondente

3. Nome do empreendimento

4. Bairro

2 - Situação Institucional

5. Tipo de empreendimento

Marcar apenas uma oval.

Cooperativa

Empresa

Outro: _____

6. Desde quando opera com REEE?

7. CNPJ:

8. Possui licença ambiental para operar com REEE?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Situação de Inexigibilidade

9. Possui alguma certificação?

Marque todas que se aplicam.

- Não
- ISO 9001
- ISO 14001
- Certificação LEAD
- Certificação ABNT NBR 16156

Outro: _____

10. Possui site na Internet?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

11. Dentro das funções da cadeia de reciclagem de REEE no Rio de Janeiro, como você enxerga a atuação da sua instituição?

3 - Local de Trabalho

12. Caracterização da área de trabalho de REEE.

Marque todas que se aplicam.

- Galpão de REEE é coberto
- Galpão de REEE é fechado
- Há proteções para o solo sob os REEE (pallets ou gaiolas com pés)?
- Disposição das seções (layout) é eficiente
- A iluminação no local é adequada.
- Há local adequado para armazenamento de pilhas, baterias, lâmpadas
- Não se aplica

13. Há EPCs (Equipamentos de Proteção Coletiva) no local?

Marque todas que se aplicam.

- Não
- Extintores
- Sinalização de rotas de fuga
- Sinalização nos quadros de energia

14. Dimensão do local destinado aos REEE (m2)

4 - Mão de Obra

15. Quantos trabalhadores atuam dedicados à gestão de REEE?

16. Quais são os postos de trabalho ligados à REEE?

17. Caracterização dos EPIs utilizados

Marque todas que se aplicam.

- Óculos de proteção
- Luvas
- Botas
- Uniforme
- Avental
- Protetores de ouvido

18. Como é o cálculo da remuneração dos funcionários?

19. Recebe algum tipo de patrocínio financeiro de prefeitura, associação, sindicato ou ONG?

5 - Obtenção de REEE

20. Como os resíduos eletroeletrônicos chegam até sua instituição?

Marque todas que se aplicam.

- Catadores autônomos
- Doação de empresas, órgãos públicos e/ou consumidores
- Contratos com empresas
- Pontos de entrega voluntária
- Campanhas de coleta
- Serviço próprio de coleta

21. Possui veículo de coleta próprio?

Marque todas que se aplicam.

- Não
- Utilitário, kombi ou van
- Caminhão

22. Como as coletas são agendadas?

Marque todas que se aplicam.

- Via telefone
- Via email
- Via site
- Via aplicativo próprio
- Via redes sociais (Facebook, Instagram, WhatsApp, Telegram, etc.)
- Agendamento prévio, por contrato

23. Os REEE são comprados dos fornecedores?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não
- Algumas vezes

24. Que tipo de equipamentos recebe?

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim
Placas de Circuito Impresso (PCI)	<input type="radio"/>
Celular	<input type="radio"/>
Monitor / TV CRT	<input type="radio"/>
TV Plasma / LED	<input type="radio"/>
Desktop	<input type="radio"/>
Laptop	<input type="radio"/>
Teclado	<input type="radio"/>
Mouse	<input type="radio"/>
Impressora / Copiadora	<input type="radio"/>
Equipamentos de TI (switch, router)	<input type="radio"/>
Equipamento de Telecom (telefones, PABX, fax)	<input type="radio"/>
Ar condicionado	<input type="radio"/>
Geladeira / freezer	<input type="radio"/>
Fogão	<input type="radio"/>
Microondas	<input type="radio"/>
Aspirador	<input type="radio"/>
Eletroportátil (torradeira, mixer, ferro de passar)	<input type="radio"/>
Brinquedos eletrônicos	<input type="radio"/>
Videogames	<input type="radio"/>
Equipamentos de construção (furadeira)	<input type="radio"/>
Máquinas de cartão de crédito	<input type="radio"/>

25. Qual a quantidade total média mensal de REEE recebida (toneladas/mês)?

26. Há capacidade ociosa diária?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

27. Qual seria capacidade máxima diária de processamento de REEE (toneladas/mês)?

28. Quais são as principais dificuldades quanto à qualidade do material recebido?

6 - Tratamento de REEE

29. Que tipo de processamento é executado nos resíduos?

Marque todas que se aplicam.

- Desmontagem manual
- Desmontagem automatizada
- Separação manual
- Separação automatizada
- Trituração
- Peneiramento
- Separação por corrente Eddy
- Separação magnética
- Separação por densidade
- Separação por peneira vibratória
- Fundição
- Filtração
- Eletrodeposição de metais

30. Quais equipamentos e ferramentas são utilizados nos processamento de REEE no empreendimento?

Marque todas que se aplicam.

- Chave de fenda manual
- Chave phillips manual
- parafusadeira automática
- Alicate
- Espátula
- Martelo
- Marreta
- Serra circular
- Torno
- Paleteira
- Esteira automática
- Furadeira
- Balança
- Carreto manual

Outro: _____

31. Os REEE coletados são medidos na chegada?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

32. Os subprodutos são medidos separadamente na saída?

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

33. Como é realizado o controle do balanço de massa e das vendas?

Marque todas que se aplicam.

Controle manual

Uso de planilha no computador

Uso de sistema de gestão e controle

7 - Subprodutos obtidos

34. Após a desmontagem e separação, quais subprodutos comercializáveis são gerados? (tipos de plástico, metais, componentes)

35. Como estes subprodutos são comercializados?

Marque todas que se aplicam.

- Por peso (kg ou tonelada)
- Por unidade
- Por volume (m3)

36. Quais destes subprodutos são comercializados no próprio município do Rio de Janeiro?

37. Quais subprodutos comercializa fora do município? Onde?

38. Quais materiais há dificuldade de comercialização?

39. Qual o destino destes materiais de difícil comercialização?

40. Quais resíduos perigosos gera?

Marque todas que se aplicam.

- cartuchos e toners
 tubos CRT
 pilhas
 baterias
 lâmpadas
 Disquetes / Fitas VHS

Outro: _____

41. Qual a destinação dos resíduos perigosos?

8 - Gestão de REEE no Rio de Janeiro

42. De uma maneira geral, quais são as principais dificuldades para se trabalhar com gestão de REEE no Rio de Janeiro e o que poderia ser melhorado?

43. E quais são os pontos positivos?

44. Recentemente foi aprovado o Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos (ASLRE). Já tomou conhecimento do conteúdo do Acordo?

45. O ASLRE poderá influenciar na forma de atuação da sua instituição?
