

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DAS ETAPAS DO
PROCESSO DE DESCOMISSIONAMENTO DE
RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS EM COOPERATIVA DE
CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Ana Paula da Costa da Silva

Yasmin de Fátima Chaves Lima

2020



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO DE
DESCOMISSIONAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS EM COOPERATIVA DE CATADORES DE
MATERIAIS RECICLÁVEIS

Ana Paula da Costa da Silva

Yasmin de Fátima Chaves Lima

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira.

Orientador(a): Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

RIO DE JANEIRO

JUNHO de 2020

AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO DE
DESCOMISSIONAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS EM COOPERATIVA DE CATADORES DE
MATERIAIS RECICLÁVEIS

Ana Paula da Costa da Silva

Yasmin de Fátima Chaves Lima

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof.^a Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, D. Sc.

Prof.^a Maria Claudia Barbosa, D. Sc.

Fátima de Castro Clemente

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO de 2020

Silva, Ana Paula da Costa da
Lima, Yasmin de Fátima Chaves

Avaliação da Organização das Etapas do Processo de Descomissionamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos em Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis/ Ana Paula da Costa da Silva/Yasmin de Fátima Chaves Lima. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2020.

IX, 69 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco
Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Ambiental 2020.

Referências Bibliográficas: p. 65-69.

1. REEE, Logística Reversa, Cadeia de Reciclagem, Mapeamento de Processos, Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, Planilha de Controle. I. Pacheco, Elen. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Avaliação da Organização das Etapas do Processo de Descomissionamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos em Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos que me concedeu até o presente momento, pela oportunidade de ingressar em uma Instituição de excelência em ensino como a UFRJ, por me dar forças em meio a tantas dificuldades para não desistir e, por fim, chegar ao fim do curso de Engenharia Ambiental.

Gratifico minha orientadora, professora Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, pelas contribuições, ensinamentos e paciência. Agradeço a todos os cooperativados pela colaboração na condução do presente trabalho.

Sou grata a todos os integrantes da minha família, que sempre torceram e oraram para que eu alcançasse o sonho de tornar-me engenheira, sobretudo, a minha avó Joana Laura, minha mãe Claudinéia Costa e minha irmã Gabriela Costa, por serem pessoas essenciais na minha vida, vocês foram e são o meu norte nos momentos mais difíceis. Obrigada a todos por toda paciência, dedicação e carinho.

Lembro com afeto de todos os amigos que a vida me proporcionou, desde a infância à graduação, agradeço a todos pela parceria, sempre me lembrarei de vocês com muito apreço. Agradeço às minhas queridas amigas, Raissa Barbosa Pereira e Raíssa Araujo, pelos conhecimentos e ideias que contribuíram para a pesquisa ao longo deste trabalho.

Ao grande amigo Eduardo Joaquim, cito-o com carinho, agradeço todos os conselhos sábios que levarei para toda a vida, pelo apoio, atenção e paciência. Agradeço por toda ajuda nos estudos de provas, apresentações e trabalhos, sua ajuda foi de extrema importância para que esse grande momento chegasse.

Por fim, uma menção especial a minha grande amiga e engenheira ambiental Yasmin Lima, por todos esses anos de amizade e cumplicidade. Muito obrigada por ter aceito ser a minha principal parceria na elaboração deste trabalho. Ademais, meu grande amigo e futuro engenheiro químico Cristian Brito, por nossa linda amizade, baseada em muito companheirismo e amor. A minha grande e mais legal amiga, Beatriz Raquel, por estar sempre presente, independentemente da situação, lembro que em momentos de muita tristeza, sempre conseguimos encontrar em nós mesmas a alegria.

Ana Paula Costa

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da vida e da graduação.

A todos os meus familiares, meus pais, primos, tios e tias, pelo apoio incondicional. Especialmente, agradeço à minha avozinha Maria, que me acolheu em sua casa durante os anos de graduação. À minha amada mãe, pela compreensão, permitindo que eu buscasse a realização deste sonho embora precisássemos ficar distantes. E, agradeço à minha querida irmã por todas as conversas que me ajudaram a superar os momentos difíceis e a imensa saudade.

A todos os amigos que conquistei nesta caminhada, os quais tornaram os dias mais alegres, os trabalhos e os compromissos acadêmicos mais fáceis, sem a parceria de vocês eu não seria a mesma pessoa, lembro com carinho de muitos momentos que passamos juntos.

A minha querida amiga Ana Paula, a quem agradeço imensamente pela amizade, por estar desde o início da graduação ao meu lado e por compartilhar comigo a autoria deste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos professores pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso, em especial à professora Elen, por aceitar o convite para nos orientar e ter desempenhado tal função com dedicação e paciência.

Agradeço ainda aos entrevistados e a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Yasmin Lima

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

AVALIAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO DE
DESCOMISSIONAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS EM COOPERATIVA DE CATADORES DE MATERIAIS
RECICLÁVEIS

Ana Paula da Costa da Silva

Yasmin de Fátima Chaves Lima

Junho/2020

Orientador: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Curso: Engenharia Ambiental

Hoje, o percentual de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) que são coletados e encaminhados à reciclagem ainda é pequeno. As cooperativas de catadores de materiais recicláveis, pautadas nas convicções da economia solidária, surgem como uma alternativa para amenizar essa problemática com importante atuação na cadeia de reciclagem dos REEE. Contudo, ainda funcionam de forma precária e, portanto, necessitam de ferramentas para a aprimoração da gestão de seus processos. Diante deste contexto, o presente trabalho, através do estudo de caso do descomissionamento de aparelhos televisores, realizado em cooperativa localizada na cidade do Rio de Janeiro, tem como objetivo ilustrar, descrever e discutir este processo. Então, foi elaborado e proposto um modelo de organização das etapas do processo de descomissionamento de REEE e organização do arranjo físico da instalação produtiva. Para isto, foram realizadas visitas à cooperativa, entrevistas com os cooperativados e utilizou-se técnicas de mapeamento de processos como diagrama SIPOC, Fluxograma de processos e Mapofluxograma de processos. Por meio do fluxograma do processo proposto, sugere-se a inclusão das etapas de separação dos REEE por categoria, pesagem e registro de entradas e saídas na Ferramenta de Controle que foi adaptada

pelas autoras a partir da simplificação da Ferramenta de Cálculos do Plano de Negócios-StEP. As técnicas de mapeamento de processo, juntamente com a utilização de Ferramenta de Controle, podem permitir à cooperativa a realização do descomissionamento de REEE de forma mais eficiente, ou seja, com o aumento do fluxo de materiais e melhorias nas condições de trabalho dos cooperativados.

Palavras-chave: REEE, Logística Reversa, Cadeia de Reciclagem, Mapeamento de Processos, Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, Planilha de Controle.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

EVALUATION OF THE ORGANIZATION OF THE STEPS OF THE
ELECTRONIC EQUIPMENT WASTE DECOMMISSIONING PROCESS IN A
COOPERATIVE OF RECYCLABLE MATERIALS COLLECTORS

Ana Paula da Costa da Silva

Yasmin de Fátima Chaves Lima

June/2020

Advisor: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Course: Environmental Engineering

Today, the percentage of waste from electronic equipment (WEEE) that is collected and sent for recycling is still small. The cooperatives of recyclable material collectors, based on the convictions of the solidary economy, appear as an alternative to alleviate this problem with an important role in the WEEE recycling chain. However, they still work poorly and, therefore, need tools to improve the management of their processes. In this context, the present study, through the case study of decommissioning television sets, carried out in a cooperative located in the city of Rio de Janeiro, aims to illustrate, describe and discuss this process. Then, a model for organizing the stages of the WEEE decommissioning process and organization of the physical arrangement of the production facility was developed and proposed. For this, visits were made to the cooperative, interviews with the cooperative members and process mapping techniques were used, such as the SIPOC diagram, the process flowchart and the process mapofluxogram. Through the flowchart of the proposed process, it is suggested to include the steps for separating WEEE by category, weighing and recording entries and exits in the Control Tool that was adapted by the authors from the simplification of the Business Plan Calculation Tool-StEP. The process mapping techniques, together with

the use of the Control Tool, can allow the cooperative to perform the WEEE decommissioning more efficiently, that is, with the increase of the material flow and improvements in the working conditions of the cooperative members.

Keywords: WEEE, Reverse Logistics, Recycling Chain, Process Mapping, Recyclable Material Collectors Cooperative, Control Worksheet.

Keywords: WEEE, Reverse Logistics, Recycling Chain, Process Mapping, Recyclable Material Collectors Cooperative, Control Worksheet.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS	14
3.2. LEGISLAÇÃO E NORMAS PERTINENTES	20
3.3. LOGÍSTICA REVERSA DE REEE	21
3.4. CADEIA DE RECICLAGEM DE REEE	23
3.5. ORGANIZAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO	26
4. METODOLOGIA.....	32
5. RESULTADOS E SUGESTÕES.....	37
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA COOPERATIVA COM O USO DO SIPOC.....	37
5.1.1. DESCRIÇÃO DA COOPERATIVA.....	37
5.1.2. IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL DAS ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO DA COOPERATIVA.....	40
5.2. PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DE PROCESSOS CONSIDERANDO O FLUXOGRAMA.....	42
5.3. PROPOSTAS DE ALTERAÇÕES NO LAYOUT PARA O DESCOMISSIONAMENTO DE REEE.....	44
5.4. PROPOSTA DE ORGANIZAÇÃO DE MAPEAMENTO DE PROCESSOS POR MAPOFLUXOGRAMA	45
5.5. FERRAMENTA DE CONTROLE.....	50
5.6. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE CONTROLE PARA O CASO DE TELEVISORES	53
5.7. ASPECTOS SOCIAIS PARA O CONTROLE DO DESCOMISSIONAMENTO DE REEE.	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

Assuntos intrínsecos aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) destacam-se na sociedade e decorrem principalmente do acelerado desenvolvimento tecnológico ocasionado pelas intensas mudanças no modo de produção e consumo dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Estes possuem vida útil cada vez menor, atrelado, principalmente, à obsolescência introduzida pelo fabricante e ao desejo por parte do consumidor, de um produto mais moderno, o que gera um descarte mais rápido dos EEE, fato que eleva a taxa de geração de REEE, os quais são majoritariamente descartados de forma ambientalmente inadequada.

Dado o exposto, muitos empreendimentos econômicos solidários têm sido criados como alternativas para a diminuição de interferência prejudicial dos REEE ao meio ambiente, oriundos da geração e descarte inadequados. Estes empreendimentos são estimulados pela formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, corroborada pela Lei 12.305/10 que compõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

As cooperativas de catadores de materiais recicláveis são uma iniciativa coletiva, composta por colaboradores autogestionários, denominando-se, no Brasil, Economia Solidária (GUTIERREZ & ZANIN, 2013). Caracterizam-se por empreendimentos que trabalham com o conceito de auto responsabilidade por parte de seus integrantes (SINGER 2002). No Brasil, são responsáveis pela realização das operações de coleta e triagem de materiais recicláveis, e utilizam os resíduos recicláveis como meio para obtenção de renda (RODRIGUES, 2017). As coletas são realizadas de maneira tradicional, ou sob demanda, promovendo o desmonte do equipamento e venda das peças para comerciantes ou empresas interessadas. (VILAÇA, 2016).

O objetivo principal das cooperativas, além da geração de renda para os cooperativados, é a fundamentação da promoção efetiva de proteção do meio ambiente. As consequências ambientais promovidas pela proteção são perceptíveis, começando pela voluptuosa quantidade de materiais que deixam de ser dispostos em aterros sanitários e passam a ser reutilizados ou reconicionados, o que diminui a sobrecarga sobre o meio ambiente para obtenção de matéria-prima. Ademais, esses empreendimentos introduzem os cooperativados tanto no processo de coleta como no processo de logística reversa dos REEE, uma vez que os catadores de materiais recicláveis são os principais responsáveis pelo retorno desses resíduos ao setor produtivo (CARVALHO, 2015). Entretanto, as cooperativas em geral, enfrentam grandes

dificuldades na organização de suas atividades, do gerenciamento do empreendimento e, portanto, necessitam de ferramentas para aprimoramento da gestão de seus processos.

Desta forma, pretende-se com este trabalho, através de técnicas de mapeamento de processos, propor uma nova organização do espaço físico da unidade produtiva para o descomissionamento de REEE em uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis, utilizando técnicas de mapeamento de processos juntamente com um sistema de controle de entradas e saídas, o qual foi denominado de Ferramenta de Controle. Sendo esta última, uma adaptação da Ferramenta para o Cálculo de Plano de Negócios-StEP, que consiste em uma planilha eletrônica utilizada por cooperativas de catadores de materiais recicláveis para auxiliar no planejamento da instalação de desmontagem de REEE, portanto, direcionada a cooperativas que ainda não trabalham, mas pretendem trabalhar com REEE. Ambas as ferramentas são planilhas eletrônicas, porém, o objetivo da Ferramenta de Controle é quantificar as entradas e saídas do processo de descomissionamento de REEE, assim como os lucros provenientes deste processo de modo que é direcionada a cooperativas que já operam na desmontagem de REEE.

A implementação destas propostas poderá acarretar benefícios para as cooperativas de catadores de materiais recicláveis, como o aumento do fluxo de REEE descomissionados e, conseqüentemente, aumento dos lucros para a cooperativa e seus cooperativados, possibilitando ainda a entrega de materiais em maior quantidade e melhor qualidade para seus clientes e, conseqüentemente, maior reciclagem de REEE.

2. OBJETIVO

Tendo em vista as dificuldades enfrentadas pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, principalmente no que se refere à organização de seu processo de descomissionamento, o presente trabalho tem como objetivo geral ilustrar, descrever e discutir as etapas desse processo, e como objetivo específico, propor melhorias para sua execução com a sugestão do uso de um modelo de organização de seu processo de descomissionamento por meio do mapeamento de processos, aplicação de ferramenta de controle e modelo de organização do espaço físico da unidade produtiva.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para um melhor gerenciamento do processo de REEE em cooperativas de catadores de materiais recicláveis, faz-se necessário a compreensão de conceitos relacionados ao tema como: resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; legislação e normas pertinentes; logística reversa; cadeia de reciclagem; organização do processo produtivo, entre outros.

3.1. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

Os Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) são bens muito utilizados no dia a dia devido ao bem-estar que podem ocasionar na vida dos seres humanos (DAMACENO, 2014). Os EEE podem ser definidos como: “aqueles que dependem de corrente elétrica ou campo eletromagnético para funcionar, bem como aqueles que geram, transferem ou medem correntes e campos magnéticos” (CARVALHO; XAVIER, 2014). Eles são categorizados em quatro grupos pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Como mostra a Figura 1, as quatro linhas são: Linha branca, que é designada pelos equipamentos eletrodomésticos de grande porte, com peso variando entre 30kg-70kg, são produtos de necessidade básica, possuem pouca diversidade em seus componentes, sendo o principal composto o metal. A Linha marrom é caracterizada por aparelhos eletrônicos de médio porte, entre 1kg-35kg, utilizados para informação e entretenimento audiovisuais, esses equipamentos são compostos na maior parte por plástico e vidro. A Linha verde, considerados equipamentos de pequeno porte com seu peso variando entre 0,009kg-30kg, são equipamentos de tecnologia da informação e comunicação, possui grande diversidade em sua composição, destaque para os metais e plásticos. E a Linha azul, que se identifica por equipamentos eletrodomésticos de pequeno porte entre 0,5kg-5kg, composto essencialmente por metais e plásticos (ESPINOSA, 2002, CARVALHO; XAVIER, 2014).

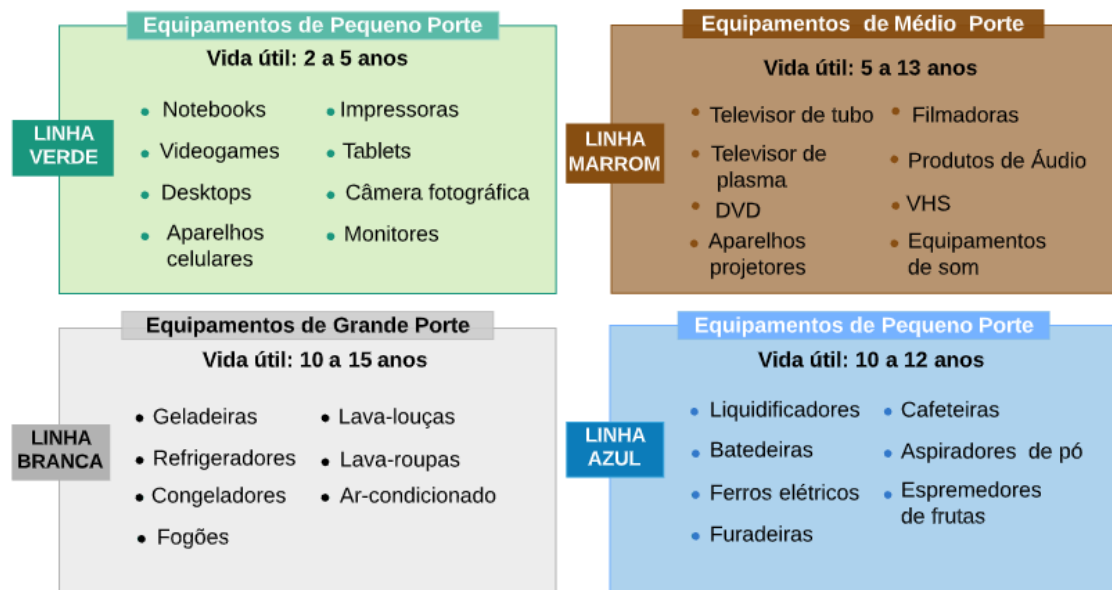


Figura 1: Linha dos Equipamentos Eletroeletrônicos.

Fonte: Elaboração Própria.

Quando os EEE atingem a vida útil projetada pelos fabricantes ou não atendem mais a necessidade do usuário, seja por problemas de funcionamento ou sua substituição por um modelo mais recente, ocasionada pela obsolescência programada introduzida em sua estruturação, esses produtos passam a ser tratados como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, também conhecidos como e-lixo, (*e-waste*). Ademais, devido ao custo de reparo dos equipamentos ou à indisponibilidade de peças para reparo, muitos EEE acabam sendo substituídos. Seja pelos fatores expostos ou pelo avanço tecnológico, os equipamentos acabam sendo descartados mais aceleradamente. (ABDI, 2013).

Os REEE possuem uma composição de alta qualidade, diversos materiais são consideravelmente resistentes e caracterizam uma enorme fonte de recursos que possuem alto valor agregado como ouro, prata, paládio e platina (DAMACENO, 2014). Geralmente os REEE são divididos em materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos que podem ser encontrados em diferentes proporções de acordo com o equipamento, período de fabricação e marca do produto. Além disso, este tipo de resíduo é conhecido por conter materiais críticos, que são os metais de alta periculosidade como mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio e antimônio (SANTOS, 2014). Além destes, possuem os metais como cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco, ferro, entre outros (SANTOS, 2014). Já os materiais cerâmicos presentes nos REEE constituem principalmente os capacitores dos equipamentos eletrônicos (SHINKUMA; HUONG, 2009).

Segundo Oliveira (2012), os REEE são categorizados em mais de 15 tipos de polímeros, como Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS), policloreto de vinila (PVC), policarbonetos (PC), polipropileno (PP), politereftalato de etileno (PET), entre outros, podendo ser encontrados nas carcaças de aparelhos, teclados, mouses, monitores e gabinetes de computadores, componentes que são de fácil separação. Além dos polímeros mais comuns, destacam-se os polímeros presentes nas placas de circuito impresso (PCI), compostos por resina epóxi. As proporções plásticas dos REEE podem representar em média 25% em massa, enquanto 5% dessa proporção possui retardantes de chama (BROUGH, 1991 apud CARVALHO; XAVIER, 2014).

Como alguns dos componentes utilizados na fabricação dos EEE possuem metais tóxicos, quando descartados de maneira inapropriada, são capazes de poluir o solo, corpos hídricos superficiais e subterrâneos, ocasionando danos à saúde humana e ao meio ambiente. De acordo com a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), componente da Organização Mundial da Saúde, algumas dessas substâncias são cancerígenas. A presença de componentes tóxicos e cancerígenos nos EEE reforça a importância da destinação adequada.

Entre as formas de disposição dos REEE em aterros sanitários, temos a distribuição de forma direta dos resíduos ou a disposição das cinzas oriundas do tratamento térmico, ambos métodos geram riscos ao ambiente aquático, terrestre e atmosférico. Ademais, de acordo com (Akcil et al., 2015), partindo do tratamento térmico, gera-se uma série de dificuldades no tratamento dos gases poluentes gerados durante a queima, como dioxinas, furanos e outros. Gases que promovem uma ampla gama de doenças irreversíveis ao sistema respiratório e nervoso. Além disso, as cinzas oriundas da incineração ou os resíduos dispostos de maneira direta no aterro sanitário, não são biodegradáveis, sendo assim, mesmo que estejam em baixas quantidades, sua degradação pode biomagnificar no meio ambiente e bioacumular no organismo (CHENG et al., 2014).

Devido à grande quantidade e pluralidade dos componentes envolvidos na fabricação dos EEE, alguns destes resíduos possuem certas peculiaridades, como por exemplo, a extração dos distintos componentes, que acaba exigindo um método diversificado quando comparado a extração de outros tipos de resíduos. Deste modo, sua fragmentação para processamento e possivelmente reciclagem, promovem uma maior complexidade nas etapas de recolhimento e tratamento, quando comparados a outros resíduos recicláveis, como as latas de alumínio, garrafas de vidro, papelão entre outros

(ABDI, 2013). Assim, as características específicas dos REEE causadas por suas peculiaridades justificam a exigência de procedimentos específicos de desmontagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos fomenta e sugere algumas iniciativas apropriadas para os resíduos, ressaltando que os resíduos sólidos e os REEE devem ser destinados de forma segura, levando em consideração sua natureza e periculosidade, gerando a necessidade de uma destinação ambientalmente adequada. Várias etapas estão entre o fim da vida útil e a disposição final, começando pelo correto descarte de REEE, por parte do consumidor. As etapas de reutilização, recuperação (ou manufatura), reciclagem e incineração para aproveitamento energético, entre outras, são fundamentais para que ocorra a destinação final ambientalmente adequada. Somente os materiais sem possibilidade de tratamento economicamente viável são denominados de rejeitos pela PNRS Brasil (2010), ou seja, aqueles que não são passíveis de revalorização econômica, devem ser dispostos em aterros sanitários. Ainda assim, a distribuição dos rejeitos nos aterros sanitários deve ser desempenhada de forma adequada, analisando as normas funcionais específicas para impedir anomalias ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando a degradação ambiental.

No âmbito da destinação ambientalmente correta dos REEE, enfatiza-se que é necessário estabelecer alguns critérios coerentes e específicos, entre eles, destacam-se, a tecnologia que será aplicada no tratamento dos resíduos para a obtenção de matérias primas secundárias, lembrando que o objetivo é integrá-las nas linhas de produção de novos produtos e equipamentos, ademais, o interesse dos consumidores em descartar em lugares apropriados os resíduos no pós-consumo, para que possam retornar ao ciclo produtivo. Nesse sentido, de acordo com Carvalho e Xavier (2014) é necessário que a etapa de viabilização do reaproveitamento dos REEE seja iniciada ainda no processo produtivo, entretanto, faz-se necessário que as empresas fabricantes busquem otimizar os materiais de composição dos produtos e, ao mesmo tempo, promovam etapas de reaproveitamento dos componentes e sua reciclagem. Além disso, é necessário que as empresas fabricantes de EEE invistam em escolhas de componentes menos tóxicos e criem ações com o intuito de facilitar a desmontagem dos equipamentos.

Esse trabalho dará um foco maior em um tipo de REEE, os televisores e, por essa razão, esse tipo de REEE será mais detalhado. Dentre os equipamentos mais tradicionais da indústria de eletroeletrônicos, encontram-se os televisores, equipamento utilizado no cotidiano da sociedade brasileira como fonte de entretenimento áudio visual e

informação. No decorrer dos anos, devido aos avanços tecnológicos, as TVs tornaram-se equipamentos aprimorados, como os casos de antenas e tubos catódicos para as telas planas com sinais digitais e imagem de melhor qualidade, trazendo consigo redução de seu peso e volume, tornando-se cada vez mais modernas em seu design e ganhando novas funções como é o caso das TVs SMART. Atualmente, os televisores estão com as telas mais finas e mais maleáveis e os monitores de Tubos de Raios Catódicos (CRT) estão sendo substituídos por telas de Display de Cristal Líquido (LCD). Essa mudança pode ser observada na (Figura 2a e 2b) que mostra um televisor de CTR e um de tela de LCD. Os novos monitores são mais leves e finos, não emitem radiação, e consomem menos energia se comparados as telas de CRT (GABRIEL; SANTANA; VEIT, 2014).



Figura 2: a) Televisor de tubo (CTR) e b) televisor de tela de LCD.

Fonte: Ana Paula da Costa da Silva e Yasmin de Fátima Chaves Lima (2020).

O funcionamento de uma tela LCD ocorre através da inibição da luz procedente de trás da tela. A luz de fundo passa pelos vidros polarizados, mediante as correntes elétricas que fazem com que as moléculas de cristal líquido se ordenem para formar modificações alterando as luzes, sucedendo a formação das cores e imagens (MURUGAN *et al.*, 2008; VEIT, 2001). De acordo com Juchneski (2013), os monitores de LCD possuem em sua composição fragmentos não metálicos como resina epóxidica, os termoplásticos como policarbonato (PC), poli(tereftalato de etileno) (PET), copolímero de acrilonitrila butadieno estireno (ABS), poli(acrilato de metila), além destes, também possuem vidro, componentes eletrônicos e componentes metálicos não valiosos, totalizando em 70% de sua massa total. Os 30% restantes correspondem a metais valiosos como ouro, prata, ferro, chumbo, cobre e níquel.

Embora a tecnologia de transmissão de imagens tenha evoluído durante os últimos anos, seus componentes e composição permanecem praticamente os mesmos (FRANCO, 2008). A Tabela 1 mostra os materiais que compõem os televisores, observa-se que os plásticos representam 22,9% da massa dos aparelhos.

Tabela 1: Materiais usados na fabricação de televisores.

Material	% Em Massa
Metais ferrosos	5,3
Metais não-ferrosos	5,4
Vidro	62,0
Plásticos	22,9
Componentes eletrônicos	0,9
Outros	3,5
TOTAL	100,0

Fonte: Crowe *et al*, 2003.

Os televisores de tela de LCD são equipamentos bastante diversificados em relação a sua estruturação. Sua estrutura é composta por moldura plástica presente nas carcaças onde possuem identificação na própria peça, as tampas posteriores e superiores são uma mistura de policarbonato (PC), acrilonitrila butadieno estireno (ABS), poli(metacrilato de metila) (PMMA), também possui tela de cristal líquido, placas poliméricas e PCI, suporte de lâmpadas e lâmpadas fluorescentes, além de cabos e parafusos (HASHIMOTO, 2015). Já na estrutura das telas de LCD, encontra-se além do cristal líquido, lâminas de vidro, polarizadores e folha difusora dispostos em formato que lembra a conformação de um “sanduíche” (GABRIEL; SANTANA; VEIT, 2014).

A placa de circuito impresso é formada por materiais plásticos e por uma fina película contendo substâncias metálicas. É a peça com maior viabilidade econômica de aproveitamento, conseqüentemente, o componente que mais desperta interesse, por ser uma fonte de metais nobres como ouro, prata e platina. Portanto, possui em sua composição elementos metálicos preciosos potencialmente recicláveis, que podem ser recuperados por refinarias especializadas em metais (OLIVEIRA, 2012).

Assim como ocorre para os outros REEE, o descomissionamento de televisores envolve a desmontagem manual e, para isso, a utilização de ferramentas básicas de apoio como chave de fendas, chave Philips, alicate, entre outros, visando a segurança das pessoas envolvidas nesse procedimento. Outrossim, para a realização desta atividade é necessário o uso de equipamentos de proteção individual, como calça comprida,

avental, luvas antiderrapantes, máscara descartável, óculos de proteção e sapatos fechados (XAVIER *et al.*, 2020). Devido à periculosidade de alguns componentes dos televisores, os responsáveis pela desmontagem devem estar capacitados de forma correta, para realizá-la sem riscos para sua saúde ou meio ambiente.

3.2. Legislação e Normas pertinentes

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída e regulamentada pela Lei nº 12.305 de 2010 Brasil. Estabelece em seu Art. 33º que os REEE devem retornar à sua origem de forma independente mediante o Sistema de Logística Reversa (SLR), trazendo uma visão inovadora para a sociedade brasileira sobre os resíduos urbanos gerados. Destaca-se ao antepor e partilhar com todos os processos relacionadas ao ciclo de operação do produto, bem como, a diretrizes para gestão integrada e para controle e preservação ambiental oriundas dos resíduos sólidos.

Dessa forma, soma-se o esforço do setor público, da iniciativa privada e da população, promovendo o incentivo à integralização dos produtos às indústrias após a sua utilização, ademais, impondo aos legisladores o delineamento de uma efetiva política pública adequada à gestão de resíduo urbano, lembrando que no âmbito socioeconômico, a PNRS ainda estimula o desenvolvimento formal de associação de catadores (BRASIL, 2010).

A PNRS ressalta a importância da sequência hierárquica de não geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final. Além disso, a Lei nº 12.305 define uma imposição para estruturação e inserção de um SLR, por intermédio da volta dos produtos após o proveito do usuário, para todos os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010). Essa imposição influencia diretamente nos impactos negativos gerados pelos REEE no Brasil. Segundo Sadalla (2015), estes impactos tendem a diminuir devido à pressão por parte do governo sobre todos os indivíduos que participam, direta e indiretamente, da produção ou consumo desses resíduos.

No que tange à legislação do Estado do Rio de Janeiro, referente aos REEE, em 31 de outubro de 2019, foi assinado o Acordo Setorial para a efetivação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus constituintes. Passados cinco meses, foi publicado o Decreto nº 10.240 de 12 de fevereiro de 2020, que estabelece protocolos para a diligência de sistema de logística reversa fundamentais de EEE de

uso doméstico e seus constituintes, exceto os REEE de grande porte utilizados em indústrias, ambos no Estado do Rio de Janeiro.

Anteriormente à PNRS, o município do Rio de Janeiro contava com a Lei municipal n.º 3.273/01 sobre a Gestão do Sistema de Limpeza Urbana no Município do Rio de Janeiro, na qual, o REEE era considerado um Resíduo Sólido Urbano (RSU) para fins de coleta pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb). Assim, os REEE ou semelhantes, cuja dimensão ou peso os impediam de serem removidos pela companhia de coleta de lixo estadual, assim deveriam ser recolhidos pelo serviço de coleta programada da própria instituição.

3.3. Logística Reversa de REEE

A evolução do conceito de Logística Reversa (LR), tornou-se indispensável nos espaços de discussão sobre o tema entre pesquisadores acadêmicos e profissionais do setor. Refere-se ao reaproveitamento dos materiais ou dos componentes integrantes dos REEE, para a promoção de uma reintegração dos produtos ao ciclo produtivo.

Pode-se apontar a acessão e a normatização da PNRS como um dos fatores que motivaram o crescimento dessa discussão. Além destes, outros fatores contribuem para essa discussão como os curtos ciclos de vida dos produtos, a busca constante pelo desenvolvimento sustentável, uma vez que há escassez de fontes de matéria-prima primária e o destaque dos impactos da destinação inadequada, entre outros fatores.

De acordo com a PNRS, a LR surge como um instrumento que irá promover o desenvolvimento através das etapas de coleta e retorno dos resíduos ao setor empresarial, para que os fabricantes possam reinseri-los em seu próprio ou outro ciclo produtivo, para isto, a PNRS em seu Art. 33º exige que os fabricantes, comerciantes e distribuidores desenvolvam e apliquem planos de ação para que sejam implementados a LR aos REEE, com isso, contribui para que os REEE não sejam descartados no lixo comum. Na concepção de Carvalho e Xavier (2014), a PNRS possui duas vertentes principais. Sendo o progresso de elaborações de planos de gestão para a gestão pública e integrada de resíduos, e a proposta de Sistemas de Logística Reversa que tenham como prioridade o recolhimento e destinação dos resíduos considerados especiais, ou seja, os resíduos que potencialmente podem ocasionar danos ao meio ambiente e a saúde humana.

O Sistema de LR deve ser implementado por meio de leis, decretos ou normas, além de termos de compromisso e acordos setoriais. Sendo este último, de acordo com a PNRS o modelo adotado a nível nacional, onde o poder público, juntamente aos fabricantes, distribuidores, comerciantes, possuem a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. A LR torna-se obrigatória para empresas fabricantes de produtos que geram resíduos que possam colocar a saúde pública em risco, como os setores de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes lâmpadas (fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio, e de luz mista) e produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

A LR pode ser considerada uma estrutura de planejamento que visa somar os processos envolvidos no projeto (MONTEIRO, 2013), sendo assim, a LR possui um conjunto de procedimentos, informações, controles, monitoramentos de eficiência, que englobam o processo desde sua origem, até seu consumo final. O principal objetivo é a reagregação de valor e uma destinação para o tratamento e disposição final mais adequada, fato que gera benefícios no âmbito social e ambiental (DE BRITO, 2004). Pode-se dizer que a LR fomenta o regresso dos materiais ao ciclo produtivo e agrega valor aos produtos.

Para dar início ao ciclo de LR, faz-se necessário que os consumidores devolvam seus produtos após o uso em Pontos de Entrega Voluntária (PEV), ou diretamente nos estabelecimentos comerciais. Depois de coletados, os produtos retornam para a empresa de origem, entrando novamente na cadeia produtiva, onde devem ser reutilizados, reconicionados, remanufaturados, reprocessados ou reciclados (OTTONI *et al.*, 2018). Garantindo assim que o sistema seja eficaz e mais rentável possível, além de gerar benefícios, como a diminuição do consumo de matéria prima durante a fabricação dos novos produtos (CNI, 2017).

No Brasil, algumas diligências têm sido tomadas para garantir a criação de regulamentações associadas a LR e, posteriormente, sua implementação, principalmente para fortalecer o mercado de reciclagem, como a criação da Gestora para LR de Produtos do Setor Eletroeletrônicos pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2015).

A inserção da LR concebe inúmeros benefícios associados aos EEE, como a redução do descarte incorreto de REEE, diminui os problemas de saúde relacionados ao manuseamento indevido de REEE, reduz custos associados à matéria prima primária, auxilia o retorno dos produtos à cadeia de reciclagem e limita gastos energéticos durante a reciclagem, entre outros (ABDI, 2013).

3.4. Cadeia de reciclagem de REEE

O setor de REEE, impulsionado pela inovação da tecnologia, contribui para que este seja o tipo de resíduo que mais cresce em todo o globo (AFONSO, 2018). A produção mundial de REEE aumenta em uma taxa de 20 a 25 milhões de toneladas por ano, e com uma taxa anual de crescimento de 3% a 5% (AFONSO, 2018). Devido à criação de produtos cada vez mais modernos e programados para uma vida útil reduzida, gera-se cada vez mais REEE, tornando-se fundamental o fortalecimento desta cadeia de reciclagem, a fim de evitar o desperdício e minimizar os impactos negativos. No entanto, devido à heterogeneidade dos componentes na fabricação dos EEE, os REEE demandam certas singularidades nos processos de coleta e reciclagem (CARVALHO; XAVIER, 2014). Em muitos casos, esses processos são ineficientes, resultando na destinação inadequada.

Diante do exposto, é necessário a intensificação da cadeia produtiva de reciclagem dos REEE. A cadeia de reciclagem é realizada por organizações que atuam nas atividades de coleta, separação (triagem), fracionamento, recuperação, armazenamento e processamento desses materiais, tornando-se cada vez mais importante, principalmente nas grandes cidades, onde ocorre maior geração de resíduos. Devido à diversidade de materiais, os quais são economicamente interessantes, podem tornar a cadeia de reciclagem complexa (KUNRATH; VEIT, 2015), durante essas atividades, ocorrem várias interações entre as empresas, cooperativados e a sociedade, acarretando diversos impactos sociais, econômicos e ambientais.

No Brasil, a maior parte das empresas que atuam na cadeia de resíduos eletroeletrônicos, atuam apenas nas primeiras etapas, ou seja, na coleta e no pré-processamento Albuquerque (2013), etapas de processamento normalmente são desempenhadas em outros países por indústrias especializadas, que utilizam tecnologias avançadas para realizar a extração dos materiais mais complexos (KUNRATH; VEIT, 2015). Em uma perspectiva efetiva, a cadeia de reciclagem dos REEE é estruturada pelas seguintes etapas sequenciais: coleta, pré-processamento, condicionamento, processamento e destinação conforme a Figura 3 (RODRIGUES, 2017).

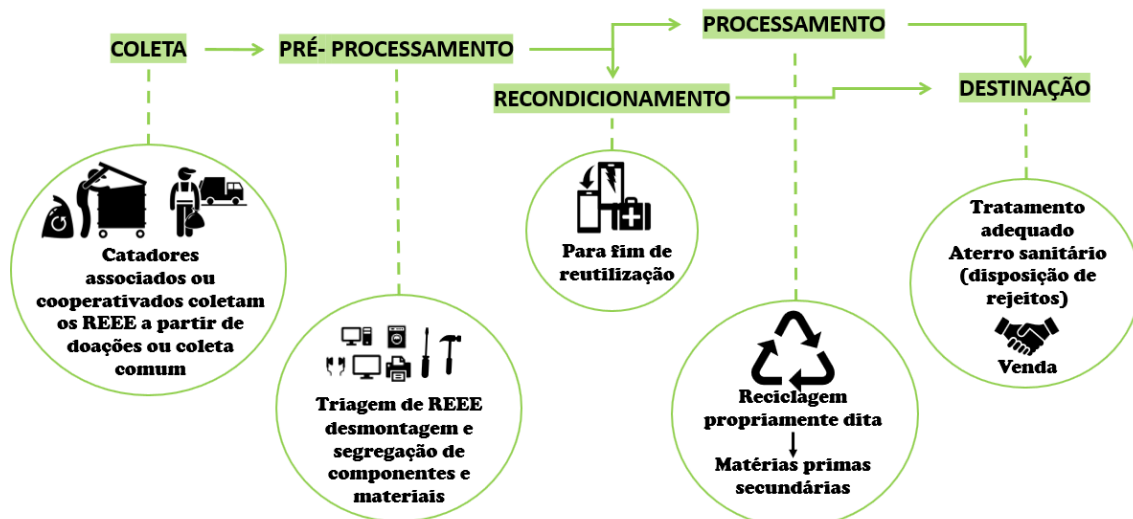


Figura 3: Sequência das etapas da cadeia de reciclagem de REEE.
Fonte: Elaboração própria.

A etapa de coleta inicia-se logo após o produto ser descartado pelo consumidor, seja por defeitos estruturais ou por obsolescência estética ou tecnológica. Essa etapa torna-se determinante para o bom desempenho das etapas posteriores da reciclagem (ALBUQUERQUE, 2013). Ademais, de acordo com o Decreto-Lei nº73/2011, a coleta deve ocorrer a partir da ação de recolhimento e de separação dos resíduos, considerando o transporte. Nessa etapa, os principais agentes são os catadores associados ou cooperativados, como os sucateiros e as indústrias de reciclagem (RODRIGUES, 2017). Nesse momento, eles coletam os materiais a partir da coleta comum ou através de doações, que podem ser desempenhados por empresas ou por cidadãos comuns.

Um sistema de coleta apropriado favorece a execução dos elos seguintes da cadeia, tanto para recuperação com a finalidade de reutilização, como para reciclagem propriamente dita, portanto, faz-se necessário planejar de maneira eficiente as atividades de coleta (CARVALHO, 2015).

Após a coleta, a etapa de pré-processamento consiste na triagem, ou seja, a verificação se o equipamento apresenta alguma funcionalidade, posteriormente, seguirá para as etapas de reuso ou remanufatura. Em caso de não conformidade, seguirá para o desmanche, onde transcorrerá a separação dos componentes dos REEE que possuam valor agregado, geralmente, acontece de forma manual e com auxílio de algumas ferramentas a fim de otimizar as etapas subsequentes da cadeia. Além de agregar valor no momento da venda, essa etapa é realizada por empresas especializadas ou por cooperativas que já têm experiência e treinamento no descomissionamento dos REEE Santos (2018).

A separação dos materiais ocorre de acordo com algumas características como tamanho, capacidade de reaproveitamento e toxicidade, e por tipo de material, como plástico, metais, vidros, borrachas, placas de circuito impresso. Após esta tarefa, os materiais são enviados para empresas que realizarão o próximo passo da cadeia da reciclagem.

Após a etapa de pré-processamento, os componentes de REEE podem seguir para o condicionamento ou para a etapa de processamento. O condicionamento pode ser compreendido como um dos processos de destinação e é caracterizado pela recuperação do equipamento para fins de reutilização. A recuperação possui por finalidade a diminuição da capacidade de geração de danos das substâncias que possuem potencial de toxicidade a fim de reduzir o risco para a saúde humana e meio ambiente (SANTOS, 2018).

Se o condicionamento não for mais possível, os materiais com características comuns são desmembrados, compactados e triturados para facilitar o envio para etapa de processamento, que é a etapa onde ocorre a reciclagem propriamente dita (RODRIGUES, 2017). Os materiais extraídos e fragmentados dos equipamentos são devidamente tratados e transformados em matérias-primas secundárias, que serão reinseridos na cadeia produtiva (KUNRATH; VEIT, 2015). Existem muitas técnicas utilizadas no processamento de materiais, elas são realizadas por empresas especializadas, nas áreas de pirometalurgia, hidrometalurgia e biometalurgia (D'AGUIAR et al., 2018).

A destinação ambientalmente sustentável dos REEE é a etapa final da cadeia de reciclagem que visa dar um destino adequado de acordo com a PNRS (Lei 12.305/2010). No Brasil, ela ocorre logo após a etapa de pré-processamento podendo ser destinada para a etapa de condicionamento (que também é um tipo de destinação), ou ainda ser enviada para outros países que possuem uma tecnologia mais avançada e realizam a etapa de processamento (RODRIGUES, 2017). No entanto, algumas iniciativas estão sendo planejadas para que a etapa de processamento seja realizada no Brasil, o que fecharia o ciclo de todo o processo dentro do território (ALBUQUERQUE, 2013). Em países com base tecnológica mais avançada, essa etapa ocorre posteriormente ao processamento, podendo ser matérias primas secundarias reutilizadas em novos ciclos produtivos e os rejeitos tratados e dispostos em aterros sanitários.

Assim, observa-se que para que ocorra cada etapa é necessário ter uma estrutura física e mão de obra específica ou especializada. No Brasil, as cooperativas de catadores exercem um papel importante dentro dessa cadeia, já que o sistema de coleta seletiva municipal ainda não é autossuficiente (ALBUQUERQUE, 2013). Ademais, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, no Brasil, as cooperativas de catadores de materiais recicláveis operam em todas as etapas da cadeia de reciclagem de REEE, trazendo benefícios nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais.

Um dos instrumentos da PNRS é o incentivo à expansão, amplificação e modernização de cooperativas, fortalecendo o desenvolvimento de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. No entanto, é notório que algumas cooperativas que trabalham com os REEE no Brasil ainda enfrentam diversas dificuldades, como infraestrutura, gestão, organização dos processos produtivos e outras.

Por fim, dificuldades culminam na diminuição da produtividade e eficiência na realização das atividades. Além disso, pelo fato de os REEE possuírem componentes potencialmente nocivos à saúde humana, é essencial que os cooperativados sejam capacitados e possam trabalhar com esses resíduos de forma responsável e segura, para que isso ocorra, é necessário conhecimento técnico, e aplicação de normas de segurança.

3.5. Organização de processo produtivo

As etapas envolvidas desde a geração dos REEE até sua acomodação final ambientalmente adequada, dentro do processo de descomissionamento dos REEE realizado por cooperativas de catadores de materiais recicláveis, consistem nas etapas de coleta de materiais, descarga e disposição por tipo de REEE (aparelho televisor, computador, impressoras etc), teste dos equipamentos para avaliação da funcionalidade, desmontagem, triagem, conserto e armazenamento dos componentes triados para posterior comercialização (LOBATO; LIMA, 2010).

De acordo com Batista *et al.* (2006), antes que se busque informações detalhadas sobre uma determinada etapa do processo produtivo, é necessário entendê-lo globalmente. Assim, Gonçalves *et al.* (2006) entendem que o processo é “qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma um *input*, adiciona valor a ele e fornece um *output* a um cliente específico”. Baldam *et al.* (2007) complementam, afirmando que o processo é como “um encadeamento de atividades executadas dentro de uma companhia ou organização, que transformam entradas em saídas”. Para que uma organização

obtenha bons resultados, se faz necessário gerir suas atividades de forma organizada, utilizando técnicas de gestão por processos, a fim de identificar gargalos e buscar eficiência na produtividade. Deste modo, a análise do processo produtivo em uma organização possibilita a melhoria do gerenciamento das etapas envolvidas, resultando em um fluxo produtivo mais eficiente (PINHO *et al.*, 2007). Para isto, Hunt (1996) recomenda a técnica de mapeamento de processos.

O mapeamento de processos, segundo Cheung e Bal (1998), é uma técnica fundamentada no processo, promovendo organizações por meio de diagramas, de forma a orientar as fases de avaliação e desenvolvimento do processo. Com o mapeamento de processos, as ações que aumentam a eficiência dos processos podem ser diagnosticadas, como a criação de sinalizadores de desempenho e a efetivação das melhorias sugeridas (OTTOBONI; PAGNI, 2003).

Para gerenciar as etapas de um processo produtivo, é preciso, primeiramente, visualizá-lo (MELLO; SALGADO, 2005). Nesse sentido, a técnica de mapeamento de processos mostra-se adequada, uma vez que possibilita a representação das diversas atividades realizadas sequencialmente, para que ocorra a entrega de um produto ou serviço. Outrossim, permite uma apresentação em linguagem gráfica, de forma clara, compacta e precisa, a qual descreve detalhadamente o processo e suas interfaces (TSENG *et al.*, 1999).

Existem diversas técnicas de mapeamento com inúmeros desdobramentos. Neste trabalho serão aplicadas a técnica de fluxograma e a técnica de mapofluxograma, duas das principais técnicas apontadas por Leal (2003) e Mello e Salgado (2005) em suas pesquisas.









Por Fluxograma

O fluxograma é uma ferramenta economicamente viável, que permite analisar os fluxos de trabalho e identificar pontos a serem aperfeiçoados, após sua análise, podemos maximizar as etapas que agregam valor e garantem sua execução, considerando as atividades indispensáveis ao processo. A partir do momento da criação de um fluxograma de processos, sua utilização será sugerida, sempre que houver modificações nas etapas do processo (SCARTEZINI, 2009).

Com a técnica de mapeamento, podemos ilustrar o fluxo de materiais, levando em conta as etapas da operação e, por meio de linhas e setas, demonstrar a sequência das

diversas atividades que podem ocorrer no processo. A técnica ilustra as linhas de fluxo, na área em que a atividade se desenvolve, as linhas evidenciam o sentido e a direção de deslocamento e os símbolos do fluxo do processo estão inseridos nas linhas para indicarem o que está sendo operacionalizado (CORREIA, 2012), como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Simbologia utilizada no fluxograma de processos.

Símbolo	Descrição
	Representa o início ou fim do processo.
	Representa a ocorrência de uma operação ou tarefa de trabalho.
	Representa transporte de materiais ou produtos.
	Representa espera, materiais aguardando para serem trabalhados.
	Representa Inspeção, verificação ou exame de materiais ou produtos.
	Representa armazenagem ou estocagem de materiais ou produtos.
	Representa o sentido do fluxo do processo.
	Representa tomada de decisão.

Fonte: Yamanaka (2013) e Peinaldo e Graml (2007).

Por Mapofluxograma

O mapofluxograma é a técnica que representa o fluxograma de processos em um espaço físico, processo que se desenvolve seguindo uma sequência, usualmente construído sobre a planta baixa da área de trabalho em escala (PINHO, 2007). Alinhado ao fluxograma de processos, além de possibilitar a identificação da movimentação física das atividades inerentes ao processo no interior da área de trabalho, a técnica de mapeamento auxilia a análise dos postos de processos inseridos no layout do processo (BATISTA *et al.*, 2006).

Assim, a técnica de mapofluxograma permite uma visão espacial do processo produtivo, existente ou proposto, auxiliando na análise da disposição de equipamentos, e dos

postos de processos no espaço físico na área de trabalho, possibilitando a identificação de pontos a serem melhorados na composição do arranjo físico da instalação produtiva (CAMAROTTO, 2006). Em geral, os possíveis ajustes identificados através da análise do mapofluxograma são: pontos de cruzamentos de fluxos, localização dos pontos de armazenamento em relação aos postos de operação e expedição, direção do fluxo de materiais em relação à sua frequência e longos transportes entre atividades que pertencem às etapas sequenciais (BATISTA *et al.*, 2006).

Pelo controle de entradas e saídas

Além das técnicas de mapeamento de processo apresentada, existe o *Supplier Input Process Output Customers* (SIPOC), ora traduzido, significa *Fornecedor, Entrada, Processo, Saída e Clientes*. No entendimento de Yamanaka (2013), a constituição do SIPOC é útil para apontar as interfaces que ocorrem entre as áreas distintas, como identificar os encarregados pelas etapas, e de que maneira, atuam para que o processo seja operacionalizado. O fornecedor é o responsável por iniciar o processo, provendo as entradas que correspondem a cada insumo utilizado no processo, que serão transformados. Processos são métodos utilizados para converter entradas em saídas. As saídas são os produtos, serviços ou solicitações, de maneira geral, feitas por parte dos clientes (MELLO *et al.*, 2002).

A utilização do SIPOC caracteriza os componentes do projeto de melhoria de processos de maneira antecipada, sendo imprescindível para o funcionamento da organização (HADDAD, 2013). Fazer o mapeamento do processo, segundo Scartezini (2009), é extremamente importante para as organizações, deste modo, podem-se analisar os problemas e aprimorar suas rotinas de trabalho. Contudo, para que uma unidade produtiva realize o trabalho de forma eficiente, após realizado o mapeamento do processo, deve-se aplicar o fluxograma elaborado a um bom arranjo físico. Ou seja, o layout deve ser capaz de comportar o fluxo de processos sem causar perda de eficiência.

De acordo com Slack *et al.* (2006), o planejamento das disposições físicas é bastante eficaz e suas peculiaridades são evidentes no meio produtivo, ou seja, organização, estruturação das máquinas, equipamentos e pessoas. Assim, os mesmos autores apontam quatro tipos de disposições físicas:

- ✓ Arranjo físico posicional: conformação em que os insumos transformados, permanecem fixados, enquanto os agentes transformadores (máquinas,

pessoas, instalações, equipamentos etc) movimentam-se para o local onde o processo é realizado;

- ✓ Arranjo físico por processo: conformação física, no qual os processos com nuances semelhantes são posicionados próximos uns dos outros;
- ✓ Arranjo físico celular: arranjo físico cujo material ou insumo transformados movimentam-se entre os locais de operação onde equipamentos, maquinário, pessoal, instalações se encontram à disposição para a realização da operação;
- ✓ Arranjo físico por produto: é o arranjo físico em linha, os insumos percorrem os diversos postos de operação que estão disposto de acordo com a sequência das atividades requeridas para a elaboração do serviço.

Por mecanismos de monitoramento e controle

Atrelado às técnicas mencionadas para gerir as etapas do processo produtivo em uma unidade, encontram-se os mecanismos de monitoramento e controle. Que por sua vez, referem-se ao que se conhece como tecnologias de processos. Segundo Slack *et al.* (2006), toda operação utiliza alguma tecnologia de processo e, de acordo com os mesmos autores, as tecnologias de processos podem ser entendidas como equipamentos e dispositivos habilitados para assessorar os processos transformadores de insumos de forma a agregar valor e atingir objetivos de produção. As tecnologias de processos são então, máquinas, computadores, aparelhos telefônicos etc.

Assim, os mecanismos de monitoramento e controle podem auxiliar o fluxo de processos de diversas formas, como o registro em um banco de dados das entradas e saídas do processo, a quantidade de material a ser laborado, a produtividade, entre outros aspectos, contribuindo para que as metas da produção sejam alcançadas e superadas. Exemplificando, tem-se a Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP, esta trata-se de uma planilha eletrônica que auxilia as cooperativas de catadores de REEE na realização de suas atividades produtivas, ou seja, auxilia no planejamento e na implementação do processo de desmontagem dos REEE (StEP INITIATIVE, 2019).

Esta ferramenta foi utilizada em uma campanha de descomissionamento realizada em 2013 pelo Centro de Desmontagem e Reciclagem DRZ, que faz parte de uma organização formada por membros da Universidade das Nações Unidas, denominada *Solving the E-wast Problem* (StEP) que em português quer dizer “*Resolvendo o problema do lixo eletrônico*” (StEP INITIATIVE, 2019).

A Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP é um modelo de negócios baseado em uma planilha eletrônica, que calcula os fluxos financeiros relevantes através de um modelo de negócio e um fluxo de massa. Basicamente, os cálculos são baseados nos dados de entrada que são: o volume e a composição dos REEE, a composição do material e o esforço para descomissionar o REEE, além do investimento necessário e os custos de funcionamento, como custo de coleta e transporte (UNIDO, 2014). A ferramenta também leva em consideração os tempos médios para desmontar os REEE de acordo com três níveis de desmontagem distintos (superficial, médio e profundo), assim poder estimar a produtividade dos cooperativados (STEP INITIATIVE, 2016).

Níveis de desmontagem aplicados:

A) Desmontagem superficial: Componentes perigosos e componentes de alto valor, como placas de circuito impresso, são removidos apenas e as demais peças são destinadas à separação / reciclagem mecânica.

B) Desmontagem de nível médio: Além de remover componentes perigosos, a desmontagem manual de componentes em materiais mais ou menos puros e frações recicláveis é realizada sempre que possível com esforço razoável.

C) Desmontagem profunda: os aparelhos são desmontados até um ponto em que é impossível uma separação adicional em materiais puros sem trituração mecânica.

A Ferramenta foi aplicada em uma instalação de tratamento de resíduo eletroeletrônico localizada em Kampala, capital da Uganda, a fim de verificar a viabilidade econômica do empreendimento. Os resultados indicaram o nível de desmontagem mais apropriado para cada tipo de REEE os quais garantiram a manutenção do negócio. Além disso, demonstraram que alguns materiais valiosos, como placas de circuito impresso (PCI), processadores, baterias e outros, só podem ser vendidos quando coletados em um volume mínimo útil (tamanhos mínimos de lote), uma vez que esses materiais quando não vendidos tornam-se onerosos para o processo (UNIDO, 2014).

Em síntese, a utilização de planilhas eletrônicas em empreendimentos que trabalham com a desmontagem de REEE, mostrou-se exitosa, uma vez que foi possível observar, diagnosticar e identificar diferentes cenários para favorecer o fluxo de materiais nos processos.

4. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa exploratória por proporcionar, segundo Gil (1998), “maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. Caracteriza-se também como pesquisa descritiva por apresentar a descrição das características do fenômeno de estudo, conduzida sob a forma de um estudo de caso que consiste no estudo aprofundado de um ou poucos objetos, possibilitando, dessa maneira, a análise detalhada de suas características (GIL, 2010).

Neste estudo, foi feita uma análise detalhada da organização do processo como objeto de estudo de caso de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis, localizada na Cidade do Rio de Janeiro. A pesquisa desenvolvida explorou ferramentas estratégicas como: o Mapeamento de processos, através da elaboração do SIPOC, do Fluxograma, do Mapofluxograma e a aplicação da Ferramenta de Controle, conforme a figura 4.

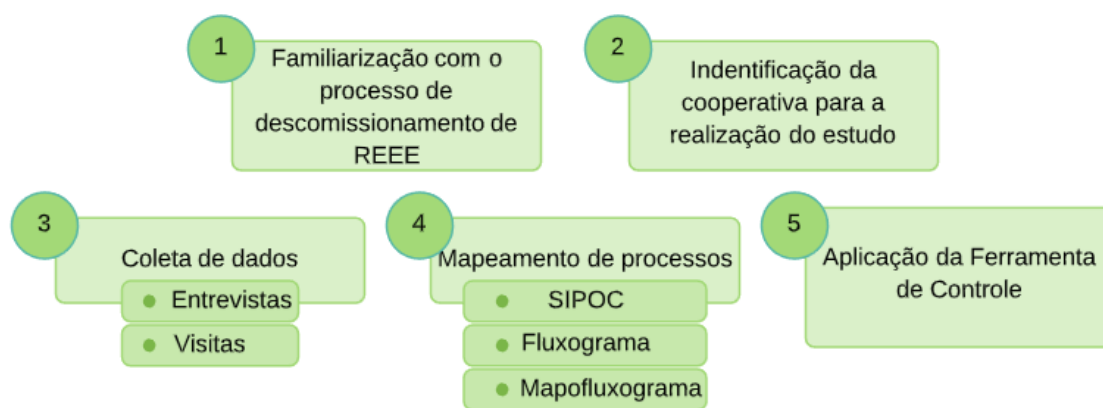


Figura 4: Etapas da metodologia de estudo.
Fonte: Elaboração própria.

A familiarização com o processo de descomissionamento de REEE (etapa 1) foi possível através da realização de curso oferecido pelo projeto LaWEEEda na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2019, intitulado “Reciclagem de Eletroeletrônicos: Desmontagem e Manutenção”, o minicurso foi ministrado em carga horária de 32 horas, as quais foram vivenciadas em aulas práticas e teóricas. As aulas teóricas abrangeram assuntos gerais relacionados aos REEE como: geração de REEE, economia solidária, a teoria sobre os componentes de REEE, coleta e reciclagem de REEE, uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPI), entre outros. Nas aulas práticas, foram ensinadas técnicas de desmontagem e manutenção de REEE e fora introduzido o

conceito de planilhas eletrônicas, base para a Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP.

Dado o exposto, buscou-se desenvolver um estudo com base na capacitação ofertada pelo curso e, para isso, seria necessário a identificação de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis (etapa 2), no Rio de Janeiro, que trabalhem com REEE para avaliar o seu processo de descomissionamento. A cooperativa de catadores de materiais recicláveis identificada, está localizada no subúrbio da zona norte da cidade do Rio de Janeiro, trabalha há 16 anos com resíduos sólidos urbanos em geral e conta com um setor exclusivo para os REEE. Esta cooperativa foi escolhida por apresentar um déficit de organização considerável no processo de descomissionamento de REEE, por ser de fácil localização e por possuir cooperativados disponíveis para auxiliar durante as visitas presenciais.

A coleta de dados primários (etapa 3) foi realizada por meio de visitas e entrevistas informais com os cooperativados e com o diretor geral da cooperativa. As visitas técnicas foram realizadas entre os meses de julho de 2019 e fevereiro de 2020, na primeira visita foi realizada a entrevista com os cooperativados e com o diretor geral. As entrevistas foram em caráter semiestruturado, com perguntas elaboradas pelas próprias autoras, que podem ser consultadas no ANEXO I, sendo extraídas e compiladas todas as informações necessárias por meio de contato direto. Isto permitiu a compreensão mais detalhada do processo de descomissionamento, através da concepção das características situacionais apresentadas pelos entrevistados. As respostas, obtidas a partir das entrevistas com os cooperados e com o diretor geral da cooperativa, estão descritas no decorrer da apresentação dos resultados deste estudo de caso.

As visitas subsequentes foram feitas a fim de observar e compreender na prática o funcionamento do setor de REEE, em termos de organização e gestão, assim como o processo de descomissionamento dos REEE. Ademais, foi possível obter informações sobre as condições e modo de trabalho dos cooperativados. No decorrer das visitas, acompanhou-se a desmontagem de dois aparelhos televisores, de tamanhos distintos, 32" e 50", ambos de tela de LCD, optou-se pelo aparelho televisor por ser o equipamento recebido em maior quantidade pela cooperativa nos dias das visitas técnicas. Além disso, devido à grande quantidade de aparelhos televisores no galpão, estes estavam sendo desmontados com frequência, facilitando a coleta de dados. As visitas de campo permitiram aos pesquisadores contato direto com o fenômeno em estudo (RICHARDSON, 1999).

Em posse dos dados coletados foi possível desenvolver o mapeamento de processos, apresentado junto aos resultados deste trabalho, que corresponde a etapa 4 da metodologia. O SIPOC então foi criado para facilitar a identificação dos elementos chave (fornecedores, entradas, processos, saídas, clientes) do processo realizado no setor de REEE da cooperativa. A partir do SIPOC e dos dados primários, foi elaborado o fluxograma do processo existente, desde que o REEE é coletado até sua chegada no galpão da cooperativa e a sua disposição final. Em seguida, foi elaborado o fluxograma do processo proposto no qual se encontram etapas complementares, sugeridas para tornar o fluxo de processos mais eficiente. Essas etapas foram baseadas em conceitos sobre organização do layout em cooperativas, abordados no curso de “Reciclagem de Eletroeletrônicos: Desmontagem e Manutenção” oferecido pelo projeto LaWEEEda.

Para o detalhamento do processo proposto e o melhor entendimento de como o fluxo do processo de descomissionamento proposto pode ocorrer, este fluxograma foi dividido em três macroprocessos e são apresentados em mapofluxogramas. O macroprocesso pode ser entendido como um processo que envolve uma atividade ou mais, e que impacta significativamente as atividades subsequentes (REIS E BLATTMANN 2004). Nos mapofluxogramas também foi apresentada a proposta de arranjo físico dos equipamentos, postos de processos e armazenamento dos REEE.

Por fim, na etapa 5, mostrada nos procedimentos metodológicos (Figura 4), foi realizada a aplicação da Ferramenta de Controle. A Ferramenta de Controle foi uma adaptação (feita pelas autoras do presente trabalho) da Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP que consiste em uma planilha eletrônica utilizada para auxiliar no planejamento de instalações de desmontagem de REEE, que foi apresentada no curso ofertado pelo LaWEEEda e elaborada pela iniciativa StEP (STEP INITIATIVE, 2019).

A Ferramenta de Controle adaptada pelas autoras, assim como a Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP, é essencialmente uma planilha eletrônica construída no editor de planilhas Microsoft Excel. A fim de facilitar sua utilização, a Ferramenta de Controle foi elaborada de maneira a torná-la adequada às necessidades da cooperativa estudada, portanto, ela é mais simples, na qual se pode trabalhar de forma objetiva, através de uma interface intuitiva. A Ferramenta de Controle pode ser observada integralmente no ANEXO II e baseia-se nos dados de entrada que são o volume, a composição dos REEE, os custos de coleta e o transporte. Esta ferramenta permite quantificar as entradas e saídas mensais, como o lucro potencial por tipo de REEE, calculado do balanço de massa e do lucro por cliente.

As adaptações da Ferramenta de Controle constaram da retirada do cálculo dos custos de operação e implantação da cooperativa, além da retirada da quantificação do nível e o tempo de desmontagem. A tabela 3 mostra os cálculos que são realizados pelo Plano de Negócios StEP e pela Ferramenta adaptada. Como a cooperativa em estudo já opera na desmontagem de REEE, esta já possui uma instalação produtiva contendo os equipamentos necessários ao processo de descomissionamento e, portanto, não há necessidade de quantificar estes custos. Ademais, na Ferramenta de Cálculo de Plano de Negócios StEP, a cada nível de desmontagem está associado um tempo de desmontagem, esses dados em conjunto auxiliam a tomada de decisão sobre qual nível de desmontagem será mais vantajoso para cada tipo de REEE e para a cooperativa, de forma a obter o processo com o maior nível de produtividade possível. Assim, na Ferramenta de Controle adaptada, estes cálculos não foram considerados, visto que apenas um nível de desmontagem é praticado na cooperativa em estudo, que é o nível B, nível para o qual os componentes se tornam interessantes para os compradores. Considerando ainda a dificuldade que os cooperativados enfrentam para o uso de planilhas eletrônicas, a Ferramenta de Controle possui uma interface intuitiva, contendo instruções específicas solicitando os dados a serem preenchidos, facilitando a entrada de dados e a consulta dos resultados.

Tabela 3. Cálculos realizados pelo Plano de Negócios StEP e pela Ferramenta Adaptada

Cálculos Realizados pela Ferramenta	Ferramenta de Controle	
	StEP	Adaptada pelas Autoras
Entradas Mensais		✓
Saídas Mensais		✓
Lucro Potencial por REEE	✓	✓
Lucro Mensal por Cliente		✓
Lucro Mensal Total		✓
Custo com Transporte	✓	✓
Balanço de Massa	✓	✓
Custos de Operação	✓	
Custos de Implantação	✓	
Nível de Desmontagem	✓	
Tempo de Desmontagem	✓	

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos cálculos, todas as equações utilizadas foram baseadas em equações encontradas na Ferramenta para o Cálculo de Plano de Negócios-StEP. Sendo assim, as Entradas mensais foram calculadas pela Equação 1; As Saídas mensais foram calculadas pela Equação 2; Lucro potencial por REEE foi calculado pela Equação 3; o Lucro mensal por cliente foi calculado pela Equação 4; Lucro mensal total foi calculado pela Equação 5; Ct: Custo com transporte (R\$) foi calculado pela Equação 6; Balanço de massa foi calculado pela Equação 7.

$$E_m = \sum Pl \quad \text{Eq. 1}$$

Em que, E_m : entrada mensal (kg) e Pl : peso dos lotes de entrada no mês que se deseja calcular (kg).

$$S_m = \sum Pc \quad \text{Eq. 2}$$

Em que, S_m : saída mensal (kg) e Pc : peso dos componentes vendidos no mês que se deseja calcular (kg).

$$LREEE = \sum(Pv \times Pc) \quad \text{Eq. 3}$$

Em que, LREEE: lucro por tipo de REEE (R\$); Pv : preço de venda do componente (R\$); Pc : peso do componente (kg).

$$LC = \sum(Qv \times Pv) \quad \text{Eq. 4}$$

Em que, LC: Lucro mensal por cliente (R\$); Qv : Quantidade do componente vendida para este cliente (kg); Pv : = preço de venda do quilograma do componente vendido para o mesmo cliente (R\$).

$$LM = \sum(S_{mc} \times Pv) - Ct \quad \text{Eq. 5}$$

Em que, LM: lucro mensal total (R\$); S_{mc} : saída mensal por componente (kg) Pv : preço de venda do quilograma do componente (R\$); Ct: custos com o transporte (R\$).

$$Ct = Pc \times Cc \times D \quad \text{Eq. 6}$$

Em que, Ct: custo com transporte (R\$); Pco : preço do combustível (R\$/L); Cc : combustível consumido (L/km); D: deslocamento (Km).

$$BM = \frac{Pco}{Pt} \quad \text{Eq. 7}$$

Em que, BM: balanço de massa (%); Pc: peso do componente (kg); Pt: peso total do REEE (kg).

A decisão de criar e aplicar a Ferramenta de Controle para o caso da cooperativa, foi decorrência das observações durante as visitas, demonstrando uma carência de dados de controle (entradas e saídas) e baixas estimativas dos potenciais lucros associados a cada tipo de equipamento. Portanto, o presente estudo norteia-se também em função da criação e aplicação da Ferramenta de Controle para o descomissionamento de dois aparelhos televisores de tela LCD de diferentes marcas e tamanhos a fim de demonstrar sua aplicabilidade para os REEE. Vale ressaltar que haverá um esforço por parte das autoras, para que a Ferramenta de Controle fique disponível no site do Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável (NERDES-IMA) da UFRJ, e no site do projeto LaWEEEda, para consulta podendo ser aplicada em outras cooperativas.

5. RESULTADOS E SUGESTÕES

5.1. Caracterização da Cooperativa com o uso do SIPOC

5.1.1. Descrição da cooperativa

Localizada no subúrbio da zona norte da cidade do Rio de Janeiro, a cooperativa de catadores de materiais recicláveis estudada atua na coleta e triagem de resíduos sólidos urbanos (RSU) desde 2004. A partir de 2012, iniciou suas atividades no setor de REEE, desde então, embora a cooperativa trabalhe com resíduos sólidos urbanos em geral, ela possui um setor direcionado exclusivamente para as atividades relacionadas aos REEE. É uma cooperativa licenciada e não possui imóvel próprio, porém, este é alugado por um valor simbólico.

Estruturalmente, é constituída por dois galpões cobertos, que comportam um escritório administrativo, um banheiro, uma copa onde os cooperativados realizam suas refeições e um espaço de arte elaborado por um dos cooperativados, onde são expostas peças de artesanato feitas com materiais doados e reciclados. A área aproximada da cooperativa é de 3.128m², destes, 1.737m² correspondem a área do galpão de RSU e 1.391m² correspondem a área do galpão de REEE. Para auxiliar na coleta dos resíduos, a cooperativa possui um caminhão de pequeno porte com capacidade de carga útil de 3.880Kg.

Atualmente, a cooperativa é formada por 57 cooperativados, destes, apenas 5 trabalham exclusivamente no setor de REEE. Em fevereiro de 2020, possuíam jornada de trabalho de 40h semanais de segunda a sexta. O lucro oriundo do setor REEE é dividido de forma igualitária e individual entre os cooperativados, o mesmo acontece no setor de RSU.

Ademais, um aspecto importante identificado e que influencia diretamente a produtividade do processo de descomissionamento de REEE realizado na cooperativa em estudo é o déficit em capacitação dos cooperativados. Grande parte deles desconhece os riscos de se trabalhar com REEE, a forma correta de desmontar os REEE e a importância de se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI). No entanto, demonstraram interesse em se capacitar no assunto e assim obterem conhecimentos específicos sobre os REEE. Apenas um cooperativado possui conhecimentos técnicos capaz de diagnosticar os defeitos dos REEE e realizar os reparos quando necessário e isso pode acarretar atraso no fluxo ou perda de produtividade decorrente da insuficiência de mão de obra capacitada. Outra dificuldade é a falta de familiarização com o uso de computador e internet. Essas deficiências interferem de forma negativa nas etapas nas quais é necessária a utilização da Ferramenta de Controle e nas etapas de teste e reparo dos REEE.

Sendo assim, para a realização do descomissionamento dos REEE, os cooperativados contam com:

- Galpão totalmente coberto;
- Equipamentos de proteção individual (sapatos fechados, aventais, calça comprida, óculos de proteção, luvas antiderrapantes);
- Duas mesas de trabalho onde são realizadas as desmontagens dos REEE;
- Um carro armazém, utilizado para transportar os REEE no interior do galpão;
- Uma balança industrial, que auxilia na pesagem dos REEE que chegam e dos componentes que são encaminhados para a venda;
- Ferramentas de diversos tipos (chave de fenda de tamanhos variados, tesoura, alicate universal, chave Philips, cortador etc.), que auxiliam a desmontagem dos REEE;

A área do galpão para o REEE é cerca de 1.391m², como já comentado, no entanto, metade desta é utilizada para armazenamento de outros tipos de resíduos onde acumulam-se resíduos não comercializados, denominados de mistos (como móveis de madeira, cadeiras giratórias, isopor etc.). Estes não são recuperados ou vendidos pela

cooperativa. Com as visitas, foi possível perceber que mesmo com a utilização de apenas metade desta área, ainda há espaço suficiente para que ocorra de forma eficiente os processos necessários ao descomissionamento dos REEE realizados pela cooperativa.

A Figura 5 retrata a atual situação em que se encontra o setor destinado aos REEE da cooperativa, a maneira que estão dispostos os resíduos no espaço (Figura 5a e 5b) e localização e organização das mesas de trabalho (Figura 5c e 5d) não possibilitam a execução da atividade produtiva do setor de REEE de modo eficiente e organizado. Além destes, foram identificadas outras dificuldades, as quais referem-se à presença de apenas um carro armazém para o transporte dos REEE (Figura 5f) e à iluminação insuficiente, contornada pela utilização improvisada das lâmpadas de LED retiradas dos resíduos de televisores (Figura 5e).

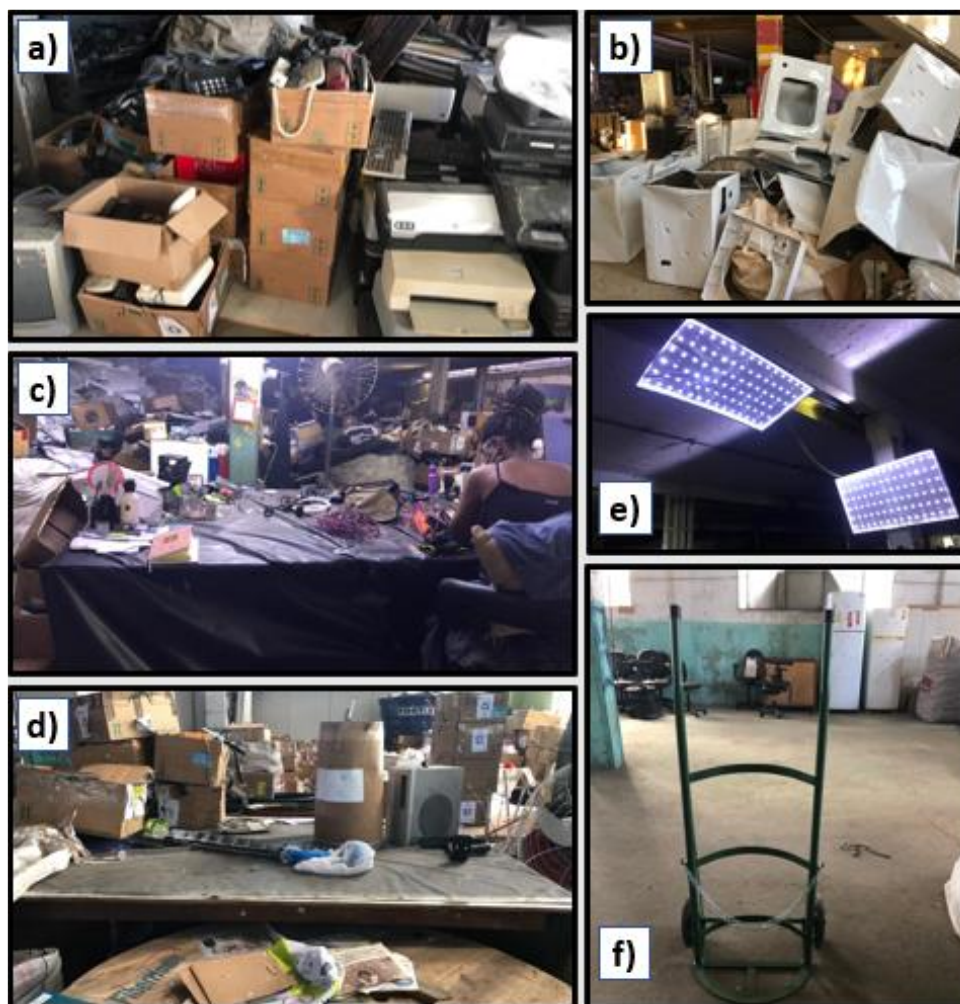


Figura 5: Fotografias da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis estudada (a) Disposição do armazenamento dos REEE. (b) Sucatas metálicas de REEE. (c) Mesa de trabalho principal. (d) Mesa de trabalho secundária. (e) Lâmpadas LED de aparelhos televisores. (f) Carro armazém.

Fonte: Ana Paula da Costa da Silva e Yasmin de Fátima Chaves Lima (2020).

Esta cooperativa, assim como boa parte das cooperativas presentes no Brasil, não faz reciclagem de REEE, apenas realiza a etapa de pré-processamento e comercialização dos componentes dos resíduos para recicladores, sucateiros e outras empresas que possuem interesse. Os materiais que não são susceptíveis à reciclagem, ou seja, os rejeitos dos processos de desmontagem, são encaminhados para a coleta municipal e, portanto, dispostos no aterro sanitário junto com os RSU.

Outro aspecto importante, é a inexistência de um sistema de controle de entradas e saídas para o gerenciamento do negócio, a cooperativa não faz uso de banco de dados eletrônico ou meio digital para o setor de REEE, apenas as saídas são registradas em uma caderneta de papel e apenas uma cooperativada é responsável por exercer essa função.

5.1.2. Identificação da situação atual das etapas do processo produtivo da cooperativa

Identificou-se os principais atores envolvidos no descomissionamento de REEE, os fornecedores estão relacionados às entradas (REEE), os cooperativados estão relacionados aos processos e os clientes estão relacionados às saídas (componentes dos REEE). Isto possibilitou a elaboração do SIPOC (Figura 6), que reúne todos esses atores e os apresenta por meio de uma linguagem clara e objetiva.

Fornecedores S	Entradas I	Processos P	Saídas O	Clientes C
<ul style="list-style-type: none"> • Empresas • Escritórios • Comércio • Residências • Catadores • Parceiros 	<ul style="list-style-type: none"> • Televisores • Aparelhos telefônicos • Controles remotos • Impressoras • Estabilizadores • Lavadoras • Geladeiras • Cafeteiras • Computadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Receber/ Coletar • Separar por categorias • Pesar e registrar • Armazenar • Testar • Reparar • Desmontar • Triar • Pesar e registrar • Vender/ destinar 	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de Circuito Impresso (PCI) • Fios • Cabos • Auto- falantes • Alumínio • Sucata de ferro • Equipamentos consertados, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas de Reciclagem • Empresas de Tecnologia • Sucateiros

Figura 6: SIPOC da cooperativa em estudo.
Fonte: Elaboração própria.

a) Entrada

Constatou-se que a cooperativa possui diversos fornecedores de REEE, são empresas, outros catadores, comércio, escritórios, parceiros e doadores residenciais. Esses

fornecedores tornam-se atrativos para a cooperativa quando acumulam REEE em uma quantidade que compensem o deslocamento para a sua coleta. Outrossim, a entrega do resíduo na própria cooperativa ocorre quando o volume acumulado é pequeno, no entanto, na maioria das vezes a cooperativa envia um caminhão próprio ao local de doação para coletar o resíduo.

Em relação aos materiais recebidos ou coletados (entradas), eles são variados em tipo e quantidades. Os resíduos mais comuns recebidos pela cooperativa são:

- Televisores LCD;
- Controles remotos;
- Computadores (monitores, teclados, CPU, mouses);
- Impressoras;
- Máquinas de lavar roupas;
- Geladeiras;
- Aparelhos telefônicos;
- Cafeteiras.

b) Processo

O processo inicia-se com recebimento ou a coleta dos REEE. Na cooperativa, os REEE são descarregados no galpão no setor de REEE, onde ocorre o descomissionamento. Após o descarregamento, os REEE ficam armazenados, geralmente em caixas de papelão dispostas no interior do galpão ou livremente no chão do galpão. No momento da desmontagem, o REEE é transportado manualmente ou com a utilização de um carro armazém (Figura 5f) para a mesa de trabalho (Figura 5c e 5d). Uma vez na mesa de trabalho, o REEE é desmontado manualmente e seus componentes são testados. Paralelamente, os componentes passíveis de reparo ou reaproveitamento são separados para posteriormente serem consertados. Os demais componentes são separados por tipo (cabos, placas eletrônicas, plástico etc.) e armazenados em bags, no momento da venda, os componentes de REEE são pesados e entregues aos compradores. O fluxograma do processo descrito pode ser observado na Figura 7.

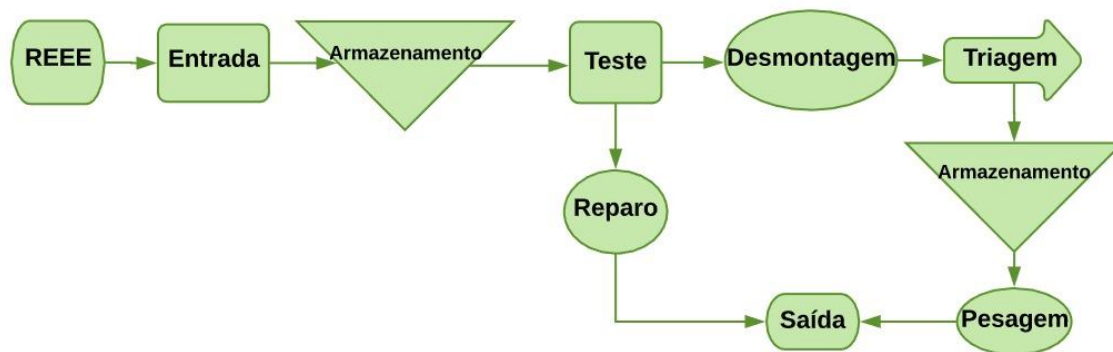


Figura 7: Fluxograma de processo descomissionamento de REEE realizado na cooperativa em estudo.
Fonte: Elaboração própria.

c) Saída

A saída é constituída por componentes segregados desses equipamentos ou o próprio equipamento consertado. São em geral, placas de circuito impresso, cabos, plásticos, alto-falantes, sucata de ferro, alumínio, fios, entre outros. Esses componentes são vendidos para os clientes que, em geral, são sucateiros, empresas de reciclagem e empresas de tecnologia.

5.2. Proposta de organização do mapeamento de processos considerando o fluxograma

Diante das dificuldades enfrentadas, citadas em 5.1.1, se fez necessário a inclusão de algumas etapas no processo de descomissionamento. Após a identificação dos principais atores e processo, as entradas e saídas envolvidos por SIPOC, foi elaborado o Fluxograma e, assim, foram incluídas etapas no processo para sua maior organização na execução das atividades.

O fluxograma apresentado na Figura 8 foi projetado para facilitar a execução das atividades dentro do galpão, tornando-o mais eficiente. Nele é possível observar as etapas que foram incluídas ao fluxo existente, cujos esquemas estão pontilhados.

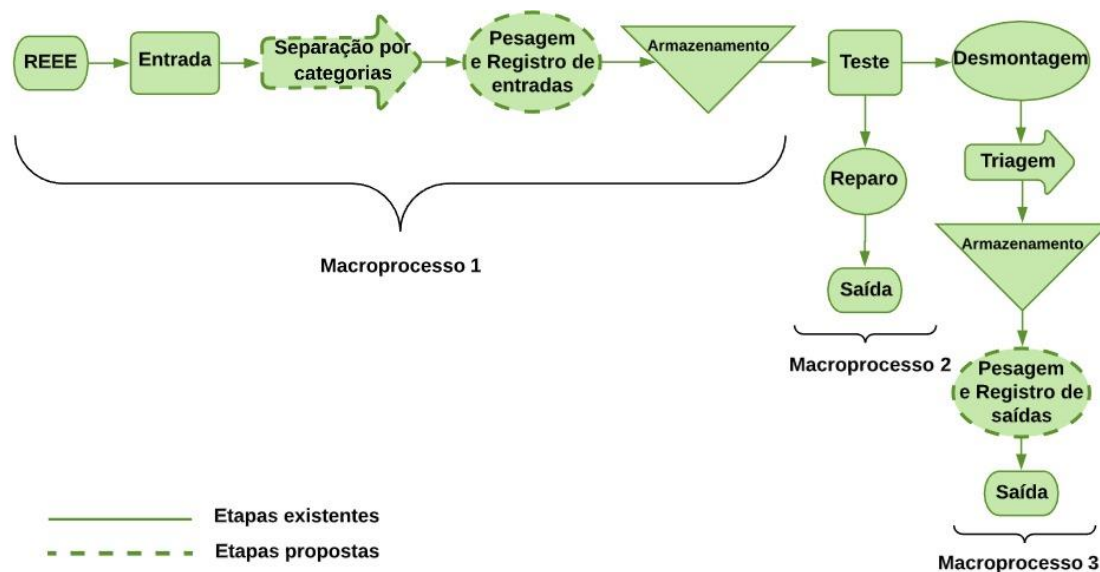


Figura 8: Fluxograma proposto para o processo de descomissionamento de REEE.

Fonte: Elaboração própria.

Este fluxograma compreende todas as etapas, desde a coleta ou recebimento dos REEE até a venda ou disposição final ambientalmente adequada. Observa-se na Figura 8 que as etapas acrescentadas (propostas) ao fluxograma do processo são referentes à organização das etapas do processo de descomissionamento (separação por tipo de REEE) e à implementação de um sistema de controle de entradas e saídas através do registro dos dados na Ferramenta de Controle.

A etapa de separação por categorias é importante para a etapa de pesagem, onde os lotes de REEE poderão ser pesados por tipo, além disso, otimiza o processo de desmontagem. Os REEE devem ser segregados com auxílio de ferramentas que variam conforme as categorias dos REEE a serem desmontados, ademais, facilita a etapa de armazenamento, visto que os REEE poderão também armazenados separadamente de acordo com sua categoria (televisores, impressoras etc.). Essas etapas em conjunto, contribuem com a organização do espaço físico de modo que não haverá REEE dispostos inadequadamente no interior do galpão, facilitando a visualização dos REEE ainda não desmontados e tornando o ambiente de trabalho mais agradável.

As etapas referentes ao registro de entradas e saídas são importantes para a implementação do uso da Ferramenta de Controle, possibilitando o controle das entradas e saídas do processo de descomissionamento de REEE realizado pela cooperativa e a realização das estimativas de lucro.

5.3. Propostas de alterações no layout para o descomissionamento de REEE.

Considerando a grande diversidade de REEE que chegam à cooperativa, a variedade de modelos de EEE existentes e o fluxograma de processo que atualmente é praticado, verifica-se a necessidade de organização do layout do galpão. Ou seja, uma melhor distribuição espacial das mesas de trabalho, dos bags, dos computadores e dos equipamentos para o descomissionamento. A nova organização do layout pode ser observada na Figura 9. Com isso, pretende-se otimizar a utilização do espaço físico do galpão e a execução das atividades inerentes às etapas do processo produtivo.

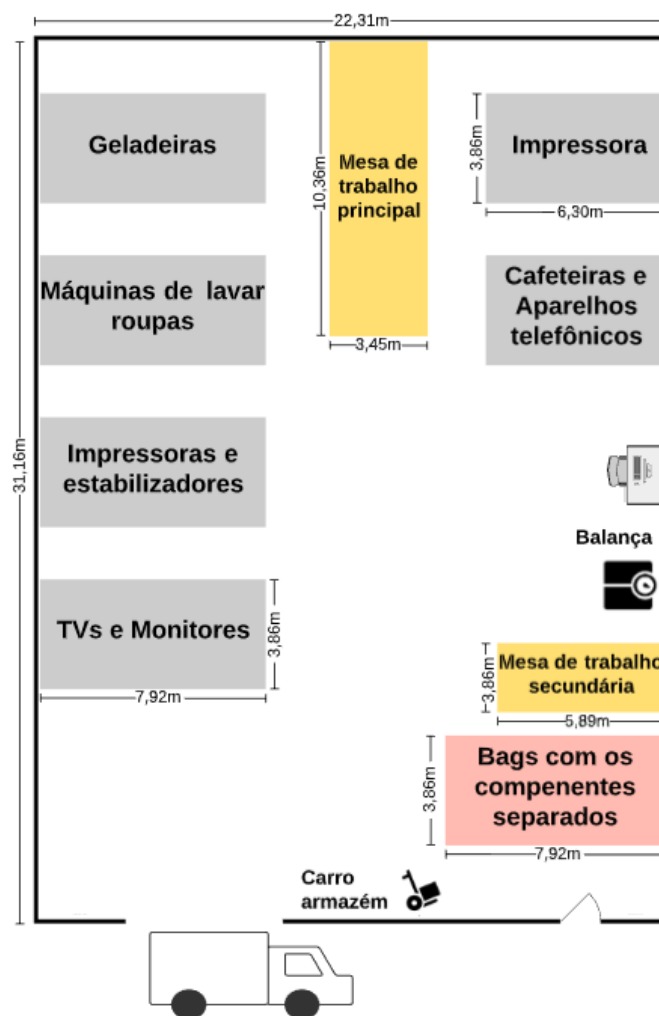


Figura 9: Proposta de organização do layout.
Fonte: Elaboração própria.

Uma boa organização torna mais fácil o deslocamento dos cooperativados e a manipulação dos materiais no interior do galpão, melhora a visualização dos REEE ainda não descomissionados e contribui para uma boa distribuição das atividades subsequentes. O arranjo físico utilizado para esta proposta de layout foi o arranjo físico celular, ou seja, propõe-se que os REEE se movimentem entre os locais de operação

onde equipamentos, maquinário, pessoas, instalações se encontram à disposição para a realização da operação no interior do galpão. Recomenda-se que os cooperativados mantenham o galpão organizado em tempo integral, uma vez que facilita a organização e a efetiva implementação do processo de descomissionamento.

Os REEE podem ser armazenados em gaiolas aramadas para posterior teste e desmontagem. As ferramentas devem ser acomodadas e organizadas no final da utilização, de preferência, perto das mesas de trabalho, otimizando o processo da próxima desmontagem, além de evitar a perda de ferramentas, mantendo as mesas de trabalho livres para a próxima operação. Sugere-se que as mesas de trabalho tenham, preferencialmente, aproximadamente 1,10m de altura, contribuindo para a melhor manipulação dos REEE conforme conteúdo apresentado no curso de “Reciclagem de Eletroeletrônicos: Desmontagem e Manutenção” oferecido pelo projeto LaWEEEda. As atividades que envolvem o deslocamento de REEE devem ser realizadas preferencialmente por carros de armazém para REEE de pequeno porte e por empilhadeiras mecânicas para REEE pesado e/ou de grande porte.

5.4. Proposta de organização de mapeamento de processos por mapofluxograma

Para melhor compreensão da proposta de organização das etapas do processo de descomissionamento dos REEE, utilizou-se a técnica de mapofluxograma. Para a aplicação desta metodologia, foram sugeridos três macroprocessos, que são:

- Macroprocesso 1 - Chegada do REEE no galpão;
- Macroprocesso 2 – Reparo dos REEE;
- Macroprocesso 3 - Desmontagem e Triagem dos Componentes

A Figura 8 mostra a divisão do fluxograma em os três macroprocessos. O primeiro é referente a entrada dos REEE na cooperativa sendo considerado até a etapa de armazenamento. O segundo macroprocesso é caracterizado pelas etapas de teste e reparo dos REEE, tendo como última etapa a venda dos REEE reparados. No terceiro macroprocesso, ocorre a desmontagem e segregação dos componentes, sendo a última etapa a venda dos componentes segregados. Na elaboração dos mapofluxogramas, foram considerados os macroprocessos, que ocorrem no espaço físico da unidade produtiva. Os mapofluxogramas mostram como as etapas do processo proposto ocorrem dentro do espaço físico do galpão, assim como a proposta de organização do

Layout. A seguir são detalhados os macroprocessos e apresentados, respectivamente, os mapofluxogramas:

Macroprocesso 1 - Chegada do REEE no galpão

O primeiro macroprocesso compreende as etapas de chegada dos resíduos ao galpão no setor de REEE da cooperativa, separação por tipo de REEE (aparelho televisor, impressoras, computador etc.), registro da entrada na Ferramenta de Controle e armazenamento do equipamento no local determinado. O mapofluxograma correspondente a esse macroprocesso pode ser observado na Figura 10.

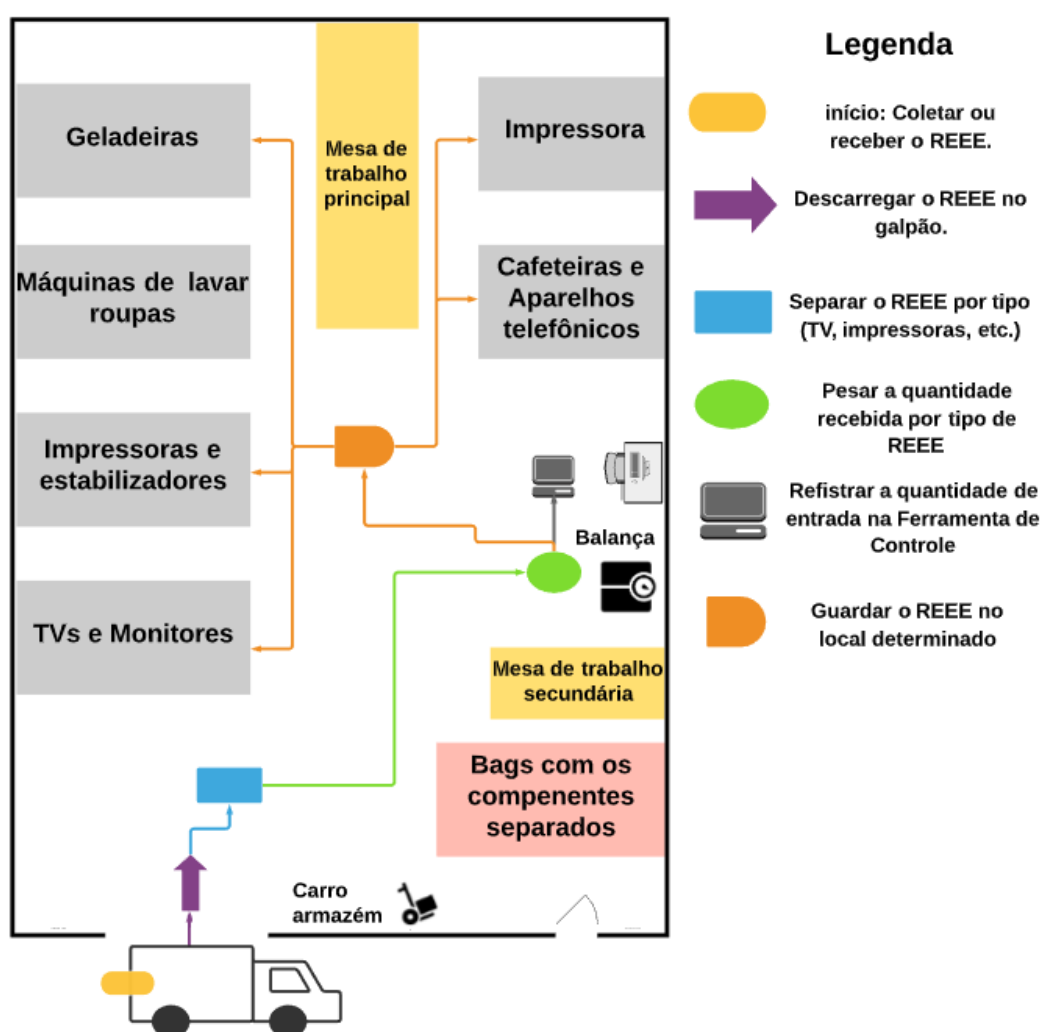


Figura 10: Mapofluxograma do Macroprocesso 1 – Chegada dos REEE.
Fonte: Elaboração própria.

Neste grupo de atividades, propõe-se o registro da quantidade de entrada e a organização dos REEE no local designado dentro do galpão por tipo de REEE, como mostra a Figura 10. Atualmente não ocorre o registro de entradas e não há local determinado para cada tipo de REEE de modo que os REEE ficam dispostos e

misturados em caixas de papelão, e na maioria das vezes empilhados no próprio chão da unidade produtiva.

Quanto a organização dos REEE, devem ser armazenados em ambientes protegidos de intempéries e dispostos em recipientes que os mantenham elevados a uma certa distância do chão como gaiolas ou racks aramados (ANGULO, 2016). Deste modo, pode-se visualizar os resíduos que aguardam a etapa de desmontagem, facilitando o trabalho dos cooperativados. Os insumos armazenados corretamente geram produtos de melhor qualidade (ANGULO, 2016).

Neste macroprocesso, sugere-se a utilização de uma balança industrial para pesar os REEE que chegam no galpão, além disso, é necessário possuir no mínimo um computador para registro do valor de pesagem e demais dados dos REEE, além disso, àquelas matérias que precisam ser transportados de um posto de trabalho para outro e recomenda-se o uso de um carro armazém.

Macroprocesso 2 – Reparo dos REEE

Feita a destinação e adequação correta dos REEE no galpão, inicia-se o segundo macroprocesso que está relacionado com o transporte do REEE para a mesa de trabalho, posteriormente, testagem do REEE para avaliar o seu funcionamento e, caso necessário, verificação se há peças para reparo dos equipamentos, conserto e destinação (venda, doação, trocar, exposição na Recicloteca). O mapofluxograma deste processo pode ser observado na Figura 11.

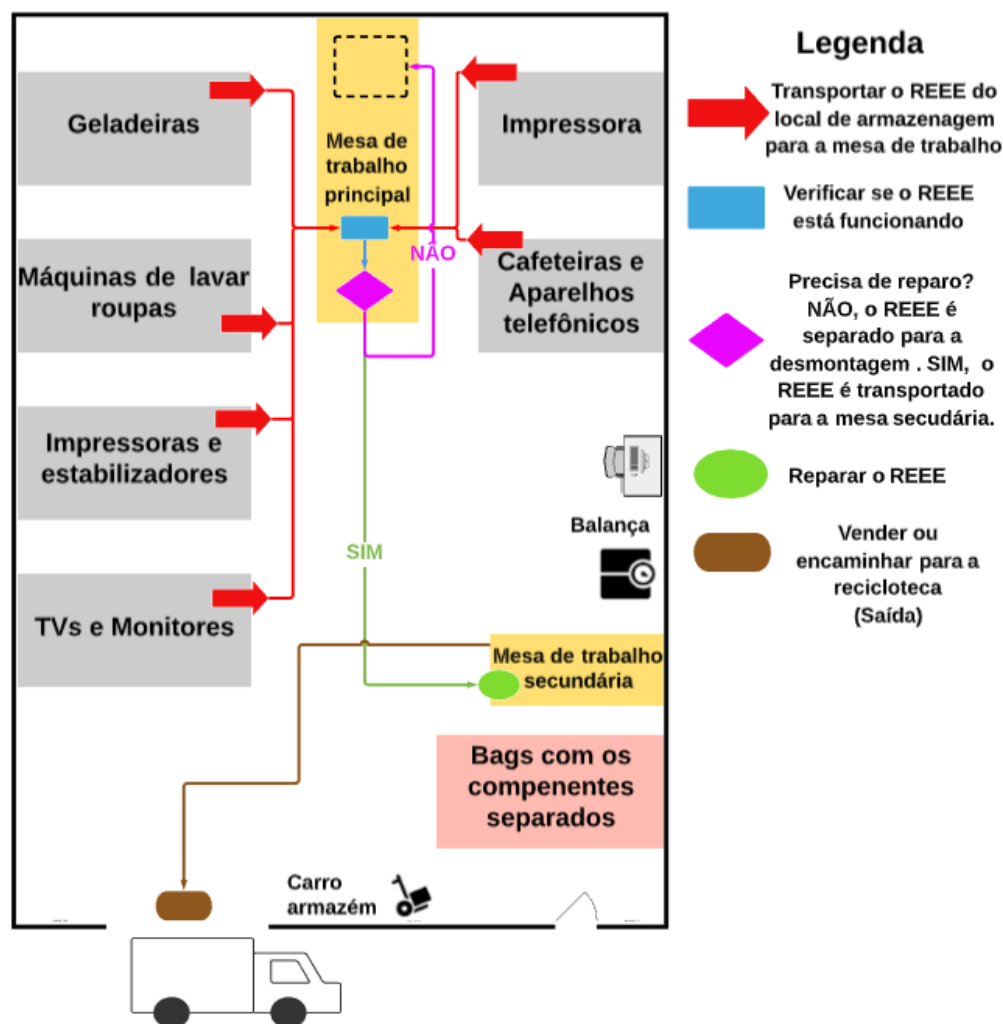


Figura 11: Mapofluxograma do Macroprocesso 2 – Reparo dos REEE.
Fonte: Elaboração própria.

Neste macroprocesso, recomenda-se a utilização de um carro armazém para o transporte dos REEE e de equipamentos necessários para o teste de funcionamento. Recomenda-se para a realização a utilização de ferramentas como chave de fenda, chave Philips, tomadas energizadas, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) entre outras.

Macroprocesso 3 - Desmontagem e Triagem dos Componentes

O terceiro macroprocesso corresponde às etapas de desmontagem do equipamento, segregação dos componentes por tipo de material (plástico, alumínio, cabos etc.), armazenamento dos componentes em bags distintas, pesagem do tipo de componente, venda dos componentes triados e, por fim, realização do registro da saída. A Figura 12 apresenta detalhadamente este macroprocesso.

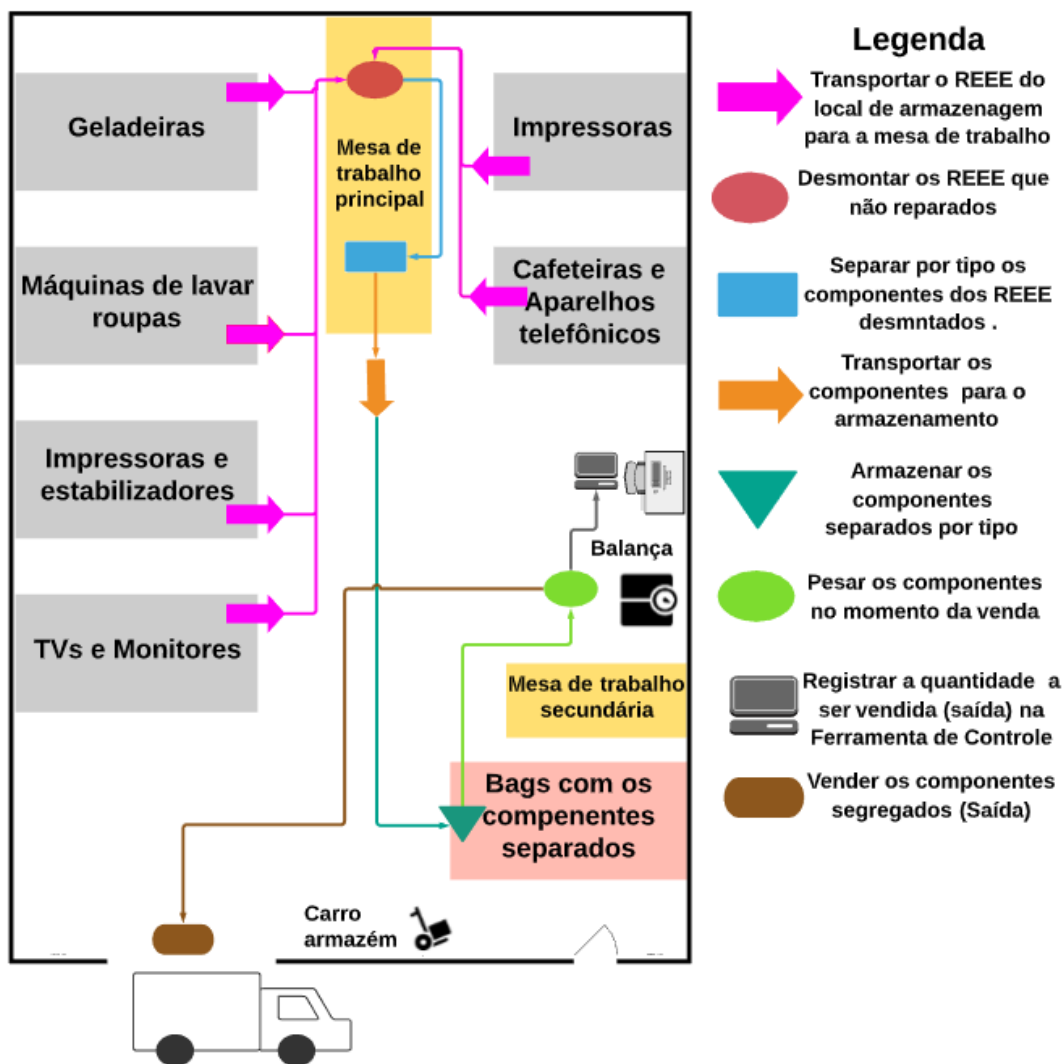


Figura 12: Mapofluxograma do Macroprocesso 3 – Desmontagem e Triagem dos Componentes.
Fonte: Elaboração própria.

A desmontagem de alguns REEE é um pouco mais trabalhosa, como a remoção de algumas carcaças de gabinetes de computador de bancada, que necessitam da utilização de algumas ferramentas de apoio como chaves de fenda, martelo e pinças que funcionem com pequenas alavancas etc. Por conta disso, é de grande importância que os cooperativados utilizem (EPIs), nesse caso, óculos de proteção, luvas para alta performance (antiderrapantes, resistentes a cortes, impactos e perfurações), calça comprida e sapato fechado.

Durante essa etapa, recomenda-se que seja utilizada balança para pesar a quantidade de saída e o carro armazém para a realização do transporte interno dos componentes pesados até a porta, e um computador para registrar a saída dos componentes. Após segregados, os componentes são armazenados em bags onde permanecem até o momento da venda.


Portanto, por meio do mapeamento de processos apresentado, sugere-se modelo para a disposição dos postos de trabalho, do armazenamento dos REEE e a implementação de sistema de controle de entradas e saídas através da utilização da Ferramenta de Controle, que será abordada no próximo tópico. Pretende-se com isso, aumentar a produtividade e a qualidade dos materiais a serem vendidos e, conseqüentemente, aumentar fluxo de descomissionamento de REEE realizado pela cooperativa.

5.5. Ferramenta de Controle

Este tópico tem por objetivo apresentar a Ferramenta de Controle e descrever como ela pode ser utilizada. Observou-se, nas visitas, que a cooperativa não possui um sistema de armazenamento de dados de controle (entradas e saídas). No intuito de suprir essa necessidade, a Ferramenta de Controle foi criada pelas autoras e aplicada para a cooperativa estudada.

A Ferramenta de Controle contém uma interface simples e direta, respondendo ao usuário os resultados logo após os dados serem inseridos no sistema. Ou seja, com a utilização da Ferramenta de Controle, quando um REEE chega à cooperativa, torna-se possível estimar o lucro associado de maneira rápida e objetiva.

No cálculo para estimativa de lucro, são consideradas as despesas com o transporte dos REEE do local onde a doação é realizada até a cooperativa e os custos com o combustível durante o deslocamento. Desse modo, dois tipos de deslocamento foram estabelecidos, transporte local (até 50 km), englobando todos os bairros do Rio de Janeiro e o transporte regional (entre 50km e 100km), abrangendo a região metropolitana do Rio de Janeiro. A Ferramenta de Controle leva em consideração o preço do combustível em sua base dados, porém, como esse valor é função de balança comercial é importante que haja um acompanhamento das eventuais flutuações para que se possa atualizar esse dado na ferramenta.

A Ferramenta de Controle é intuitiva, prática e de simples manipulação. Para garantir o funcionamento adequado, ou seja, para que a Ferramenta de Controle forneça os resultados esperados, é necessário que se utilize os três modos de entrada de dados que são: balanço de massa, lançar entradas e lançar saídas que podem ser observados na Figura 13. Portanto, é imprescindível lançar as entradas, lançar as saídas e realizar o balanço de massa. Feito isto, a ferramenta armazena os dados nas planilhas de entradas, saída e balanço de massa e retorna para o usuário os resultados, que podem ser consultados na planilha de resultados, basta clicar em .

A Figura 13 mostra a interface da Ferramenta de Controle contendo os três modos de entrada de dados e a Tabela 3, lista os dados a serem inseridos em cada modo de entrada de dados.

Figura 13: Fotografia da imagem inicial do sistema de controle de entradas e saídas da Ferramenta de Controle.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3: Dados necessários aos modos de entrada.

BALANÇO DE MASSA	LANÇAR ENTRADA	LANÇAR SAÍDA
<ul style="list-style-type: none"> • Novo tipo de REEE • Peso do Novo REEE antes da desmontagem; • Componentes do novo tipo de REEE; • Peso de cada componente do novo REEE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de REEE; Peso do lote desse tipo de REEE; • Nome do fornecedor e CPF/CNPJ; • Deslocamento (local, regional); • Data de entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Componente que será vendido; peso do lote desse componente a ser vendido; • Preço de venda do quilograma desse componente; • Nome do cliente e CPF/CNPJ • Data de saída.

Fonte: Elaboração própria.

Foram criados três modos de entrada distintos na Ferramenta de Controle para facilitar a utilização da ferramenta e torná-la mais prática, assim, mesmo um usuário não habituado a utilizar planilhas eletrônicas, conseguirá trabalhar com a Ferramenta de Controle. Para isto, basta seguir as instruções descritas a seguir sobre as formas de inserção dos dados através de cada um dos modos de entrada.

Inserção dos dados segundo o Balanço de massa

A inserção dos dados pelo balanço de massa deve ser realizada apenas quando um novo tipo de REEE chegar na cooperativa. Para este modo de entrada, deve-se pesar o novo tipo de REEE antes da desmontagem, desmontar o novo tipo de REEE, separar seus componentes e pesá-los separadamente. Os dados de entrada são: o novo tipo de REEE, peso do REEE antes da desmontagem e os componentes, separados, do novo REEE. Clicando no botão de azul “balanço de massa” (Figura 13), os dados inseridos são armazenados automaticamente na planilha de balanço de massa. Este modo de entrada é importante, pois a partir dele é calculada a porcentagem de massa do componente em relação ao equipamento completo e através dessa porcentagem se faz o cálculo de lucro potencial de cada tipo de REEE.

Inserção dos dados segundo Lançamento de entradas

Como proposto no fluxograma de processos, deve-se realizar o lançamento de entradas sempre no início do processo (chegada do REEE na cooperativa). Para lançar as entradas, basta inserir os seguintes dados: REEE, Peso do lote referente ao REEE, Nome do fornecedor, CPF/CNPJ, Deslocamento (local, regional) e Data de entrada. Após inserir esses dados, clicar no botão verde “Lançar Entrada” (Figura 13) e, assim, automaticamente os dados de entrada serão armazenados na planilha de entradas. A partir deste modo de entrada de dados a ferramenta faz o controle de entradas de REEE.

Inserção dos dados segundo Lançamento de saídas

É necessário que o modo de saída seja utilizado apenas quando ocorrer a venda dos componentes de REEE. A inserção dos dados de saída acontece de forma semelhante a inserção dos dados de entrada. Os dados a serem inseridos são: Componente que será vendido; peso do lote desse componente a ser vendido, preço de venda do quilograma desse componente, nome do cliente e CPF/CNPJ e a data de saída. Com esses dados inseridos basta clicar no botão de cor laranja “Lançar Saída” (Figura 13) para que os dados de saída fiquem armazenados na planilha de saída. Essa etapa deverá ser feita sempre houver venda de componente. Com os dados inseridos neste modo de entrada a ferramenta de controle calcula os lucros e os associa aos clientes e aos tipos de resíduos.

5.6. Aplicação da Ferramenta de Controle para o caso de televisores

a) Descrição do REEE a ser descomissionado

Neste estudo de caso, a Ferramenta de Controle foi aplicada para estimar o lucro potencial obtido a partir da desmontagem e venda dos componentes de dois aparelhos televisores de tela de LCD de 32" e 50" que foram descomissionados. Os processos de desmontagem dos dois aparelhos televisores foram os mesmos e ambos apresentaram os mesmos componentes. Sendo assim, uma vez selecionados, os aparelhos televisores foram pesados antes da desmontagem, pois o dado é essencial para que a Ferramenta de Controle calcule o balanço de massa.

b) Desmontagem do REEE selecionado

A desmontagem dos aparelhos televisores de telas LCD foi um processo realizado manualmente. As etapas para o descomissionamento das televisões foram:

1º. Iniciou-se com a tela virada para baixo para a retirada de parafusos e travas que fixam a parte traseira, componente constituído de poliestireno de alto impacto (figura 14a). Com a retirada deste componente a parte interior do aparelho televisor fica totalmente exposta (figura 14b).

2º. Com total acesso à parte interna do televisor foi possível remover os alto-falantes desencaixando-os das travas que os mantinham fixados na sucata metálica interna.

3º. Após a remoção dos alto-falantes, foram retirados os cabos, fios, interruptores e placas de circuito impresso (Figura 14c) assim permitindo acesso à sucata metálica (figura 14d) onde esses componentes estavam afixados.

4º. Antes de remover a sucata metálica, retirou-se as bordas laterais desprendendo a sucata metálica dos componentes ainda não removidos. São comuns dois tipos de bordas laterais, as fabricadas de alumínio e as que são fabricadas de poliestireno de alto impacto. Nos televisores descomissionados essas bordas eram de poliestireno de alto impacto.

5º. Em seguida, virando a sucata metálica para o lado oposto ao desmontado até a 4ª etapa, foi possível acessar as barras de LED (Figura 14e) e removê-las (Figura 14f).

6º. Logo após, foram retiradas as folhas difusoras de luz que são folhas fabricadas de acrílico e material PET (Figuras 14g e 14h).

7º. Após a 6ª etapa, o televisor ainda continha a tela e o painel frontal (figura 14i). O painel frontal é composto pelos mesmos materiais com os quais foram fabricadas as bordas laterais citadas na 4ª etapa.

8º. Após a retirada de todos os componentes citados, restou apenas a tela de cristal líquido, que contém o vidro, filmes polarizadores e o cristal líquido (Figura 14j).

A Figura 14, ilustra a sequência das etapas do processo de desmontagem e alguns dos diversos componentes, ordenados de a) até j), que formam o aparelho televisor.

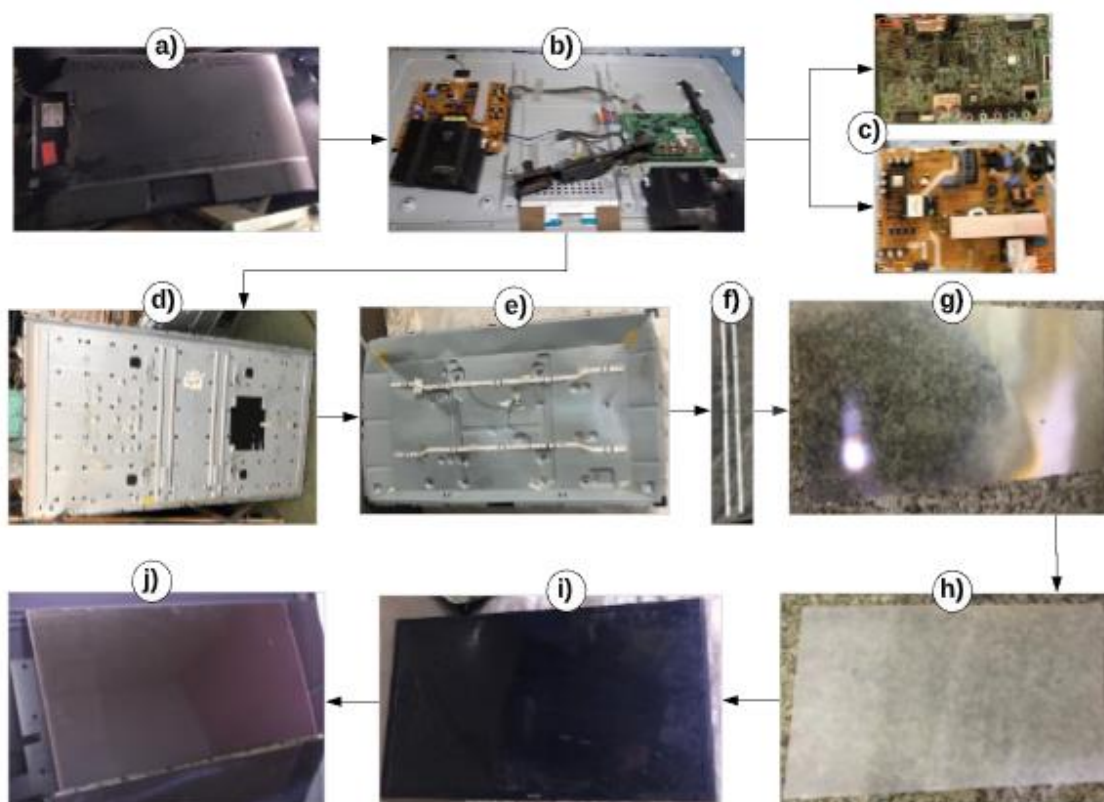


Figura 14: Fotografia das diferentes partes do televisor do tipo LCD: a) Tampa traseira do televisor. b) televisor sem a tampa traseira, contendo alto-falantes, placas de circuito impresso, cabos, conectores e sucata metálica. c) Placas de circuito impresso (verde e amarela) removidas do televisor. d) Sucata metálica após a retirada dos alto-falantes, placas, fios e cabos. e) Sucata metálica contendo barras de LED afixadas. f) Barras de LED removidas da sucata metálica. g) Folha reflexiva. h) Folha de acrílico. i) Tela do televisor ainda contendo o painel frontal. j) Tela de LCD sem as bordas laterais.

Fonte: Imagens capturadas pelas autoras durante as visitas técnicas em julho de 2019.

c) Resultados da aplicação da Ferramenta de Controle

Após a desmontagem dos televisores, foram anotados o peso total de cada televisor, e o peso de cada componente extraído que pode ser vendido. Esses dados foram inseridos na Ferramenta de Controle, utilizando-se o modo de entrada que realiza o balanço de massa. Assim, a Ferramenta calculou o balanço de massa dos dois aparelhos televisores e retornou os resultados que podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Balanço de massa do estudo de caso da desmontagem de um televisor do tipo LCD.

BALANÇO DE MASSA				
REEE	PESO TOTAL DO REEE (Kg)	COMPONENTE	PESO DO COMPONENTE (kg)	BALANÇO DE MASSA
TV 32"	3,54	Alumínio	0,07	1,97%
		Acrílico	0,49	13,90%
		Auto-falante	0,20	5,76%
		Cabo	0,01	0,14%
		Fio Grosso	0,01	0,23%
		LED	0,01	0,17%
		PET	0,14	3,90%
		Placa Amarela	0,13	3,67%
		Placa Verde	0,23	6,41%
		Plástico alto-impacto	0,74	21,02%
		Sucata de Ferro	1,13	32,01%
		TV 50"	13,9	Alumínio
Acrílico	1,93			13,90%
Auto-falante	0,52			3,72%
Cabo	0,02			0,14%
Fio Grosso	0,03			0,19%
LED	0,02			0,17%
PET	0,68			4,90%
Placa Amarela	0,51			3,70%
Placa Verde	0,31			2,20%
Plástico alto-impacto	3,51			25,28%
Sucata de Ferro	4,17			30,01%

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida, foi realizado o lançamento das entradas e inseridos os seguintes dados: tipos de REEE (aparelhos televisores de LCD), o peso dos REEE que chegaram no mesmo lote, o nome do fornecedor (CPF ou CNPJ), a data de chegada desses REEE e o deslocamento. A Tabela 5 mostra esses dados já armazenados na planilha de entradas.

Tabela 5: Controle de entradas do estudo de caso da desmontagem de um televisor do tipo LCD.

CONTROLE DE ENTRADAS					
REEE	PESO (Kg)	FORNECEDOR	CPF/CNPJ	DESLOCAMENTO	DATA
TV 32"	53,1	FORNECEDOR A	xxx.xxx.xxx-xx	Local	23/jun
TV50"	208,5	FORNECEDOR A	xxx.xxx.xxx-xx	Local	23/jun

Fonte: Elaboração própria.

O passo seguinte foi o lançamento das saídas, os dados inseridos foram os componentes vendidos e seus respectivos pesos, o preço de venda do peso (kg) de cada tipo de componente, o nome do cliente adicionando o nome da pessoa física e CPF, ou nome da empresa e CNPJ e a Data de venda. Uma vez cadastrados, dados que ficam armazenados na planilha de saída como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6: Controle de saídas do estudo de caso da desmontagem de um televisor do tipo LCD.

CONTROLE DE SAÍDAS						
REEE	COMPONENTE	PESO	PREÇO DE VENDA (R\$/kg)	NOME DO CLIENTE	CPF/CNPJ	DATA
TV 32"	Alumínio	0,0698	2,50 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Acrílico	0,492	7,00 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	10/jul
	Auto-falante	0,204	12,00 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Cabo	0,005	4,00 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Fio Grosso	0,008	5,00 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	10/jul
	LED	0,006	10,00 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	19/jul
	PET	0,138	0,50 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Placa Amarela	0,13	0,70 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	20/jul
	Placa Verde	0,227	7,00 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	13/jul
	Plástico alto-impacto	0,744	0,40 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	15/jul
	Sucata de Ferro	1,133	0,35 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
TV 50"	Alumínio	0,274	2,50 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Acrílico	1,932	7,00 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	10/jul
	Auto-falante	0,517	12,00 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Cabo	0,02	4,00 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Fio Grosso	0,026	5,00 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	10/jul
	LED	0,024	10,00 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	19/jul
	PET	0,681	0,50 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul
	Placa Amarela	0,514	0,70 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	20/jul
	Placa Verde	0,306	7,00 /kg	Cliente B	xxx.xxx.xxx-xx	13/jul
	Plástico alto-impacto	3,514	0,40 /kg	Cliente C	xxx.xxx.xxx-xx	15/jul
	Sucata de Ferro	4,172	0,35 /kg	Cliente A	xxx.xxx.xxx-xx	17/jul

Fonte: Elaboração própria.

A ferramenta leva em consideração os gastos associados ao deslocamento do REEE e, por meio das entrevistas, foi possível identificar o principal fornecedor dos resíduos de aparelhos televisores. Utilizando o Google Maps, foi possível estimar o deslocamento do caminhão para transportar o resíduo do local de doação até a cooperativa, sendo assim, foi detectado um deslocamento local, ou seja, menor que 50km. Com isso, a Ferramenta de controle pôde calcular o custo com o transporte. Com todos esses dados inseridos, após a realização de todos os passos anteriores, a ferramenta forneceu os resultados (Tabela 7), demonstrando o lucro potencial obtido com a venda dos componentes derivados da desmontagem de um aparelho televisor e a porcentagem de cada componente em relação ao percentual total do equipamento.

A aplicação da planilha demonstrou que no mês de junho, a cooperativa recebeu um lote contendo 30 aparelhos televisores com o peso total de 261,6kg (entrada) e no mês de julho foram vendidos 227,05kg referentes aos componentes segregados destes aparelhos. Considerando um deslocamento local, a partir de um aparelho televisor de 32", a cooperativa estudada pôde obter um lucro de R\$ 8,63 e com o televisor de 50" obteve um lucro potencial de R\$ 26,57. Além disso, no mês de julho, a partir da venda dos componentes de 30 aparelhos televisores a cooperativa obteve uma receita de R\$ 501,83.

Tabela 7: Resultados da aplicação da Ferramenta de Controle do estudo de caso da desmontagem de um televisor do tipo LCD.

RESULTADOS						
REEE	TV 32"	TV 50"				
Lucro potencial	R\$ 8,63	R\$ 26,57				
Lucro mensal					Controle de entradas e saídas	
CLIENTES	Cliente A	Cliente B	Cliente C	TOTAL	Entradas (kg)	Saídas (kg)
Janeiro	-	-	-	-	-	-
Fevereiro	-	-	-	-	-	-
Março	-	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-	-	-
Maior	-	-	-	-	-	-
Junho	-	-	-	-	261,6	-
Julho	R\$ 228,60	R\$ 179,02	R\$ 94,21	R\$ 501,83	-	227,05
Agosto	-	-	-	-	-	-
Setembro	-	-	-	-	-	-
Outubro	-	-	-	-	-	-
Novembro	-	-	-	-	-	-
Dezembro	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

A Ferramenta de Controle a ser aplicada na cooperativa estudada, pode ser uma forma eficaz e promissora, pois estima com clareza e objetividade quais são os valores agregados associado à venda de um determinado REEE, o lucro mensal total, o lucro mensal por cliente e o controle de entradas e saídas. Por fim, a ferramenta pode contribuir para a organização do processo produtivo, uma vez que, cientes da quantidade de REEE disponível para a desmontagem os cooperativados podem fazer uma melhor gestão das atividades.

5.7. Aspectos sociais para o controle do descomissionamento de REEE.

A partir da análise da cooperativa em estudo e, embora comprovados os benefícios da utilização da Ferramenta de Controle, reconhece-se a dificuldade para a utilização. Um dos maiores gargalos observados é o fato dos cooperativados não possuírem conhecimento ou afinidade com planilhas eletrônicas. Em decorrência disso, apenas um

colaborador é encarregado de controlar as entradas e saídas, anotadas manualmente em uma caderneta, tal fato, colabora para perda de informações e não contribui de forma efetiva para a eficiência do processo produtivo na unidade.

Outro ponto importante para destacar, apenas um cooperativado possui formação técnica em eletrônica, o que lhe dá a capacidade de consertar os equipamentos quando viável. O ideal seria que todos os cooperativados possuíssem a mesma capacitação para que essa atividade pudesse ser realizada por qualquer cooperativado, o que acarretaria uma melhor distribuição das tarefas, tornando o ciclo de atividades mais rápidos, otimizando o fluxo dos processos.

A fim de amenizar os efeitos citados, sugere-se que as cooperativas busquem capacitação e profissionalização. Uma alternativa para cooperativas localizadas na cidade do Rio de Janeiro é o minicurso de Reciclagem de Resíduos Eletroeletrônicos oferecido pelo Laboratório de Informática para a Educação (LipE-Poli) localizado na Cidade Universitária. O LipE, junto ao Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável (Nerdes-IMA), possui parceria com o LaWEEEda (Rede Latino-Americana e Europeia de Pesquisa, Desenvolvimento e Análise de Equipamentos Eletroeletrônicos), um projeto internacional que fomenta os meios necessários para aprimorar a gestão física e teórica dos resíduos eletroeletrônicos, visando a segurança dos trabalhadores e conscientização da periculosidade dos resíduos eletroeletrônicos para o meio ambiente e saúde, ademais, projeta possibilidades financeiras a partir de parcerias entre cooperativas, empresas e universidades. O minicurso é desenvolvido pelo projeto LaWEEEda e direcionado para catadores de recicláveis cooperativados ou não, empreendedores, acadêmicos e interessados no geral.

Uma outra alternativa para promover a capacitação dos cooperativados, é a inserção de oficinas de cursos na própria unidade da cooperativa. Sugere-se que a cooperativa busque parceiros como universidades, ou profissionais de áreas afins para que esses parceiros possam ir até as cooperativas ministrar os cursos. Assim, os cooperativados poderiam se capacitar sem a necessidade de deslocamento, evitando os transtornos que isso ocasiona. Portanto, não teriam custos com passagem e otimizariam a utilização do tempo que levariam para se deslocarem até o local do curso.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a ampliação das políticas para o incentivo ao descarte correto e a responsabilidade compartilhada pelo resíduo gerado, espera-se que uma maior quantidade de REEE cheguem às cooperativas. Atualmente as cooperativas esbarram na falta de estrutura, organização e capacitação adequada de seus colaboradores, o que gera uma má gestão tornando o trabalho mais complexo e menos rentável. Nesse sentido, o presente trabalho contribui com a proposição de um modelo organizacional e chama atenção para necessidade de capacitação dos cooperativados a fim de tornar o processo mais seguro, ágil, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Os objetivos inicialmente propostos deste trabalho, foram alcançados, uma vez que foram caracterizadas e ilustradas através do SIPOC juntamente ao fluxograma as etapas do processo de descomissionamento de REEE realizada pela cooperativa estudada. Além disso, propõe-se a organização por mapeamento de processos onde estruturou-se o novo fluxograma de processos incluindo algumas etapas referentes a organização e a utilização da Ferramenta de Controle, ademais, propõe-se uma organização do espaço físico demonstrado através de Mapofluxogramas, com a finalidade de modificar o ambiente interno organizacional da cooperativa.

Atendendo ao último objetivo, aplicou-se a Ferramenta de Controle criada, para o caso dos aparelhos televisores a fim de exemplificar a sua aplicabilidade para os REEE de modo geral, lembrando que haverá um esforço por partes das autoras, para que a Ferramenta de Controle fique disponível nos sites do Laboratório Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável (NERDES) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e também no site do projeto LaWEEEda (UFRJ), para consulta podendo ser aplicada futuramente em outras cooperativas. Sendo assim, a aplicação da Ferramenta de controle possibilitou estimar lucros potenciais com as vendas dos componentes segregados dos televisores e, portanto, futuramente com o uso adequado da ferramenta de controle os cooperativados poderão estimar os prováveis lucros a partir da venda dos componentes segregados de qualquer tipo de REEE.

Com isso, pretende-se otimizar o gerenciamento dos processos para que a partir da organização das etapas do processo de descomissionamento dos REEE os fluxos de desmontagem sejam maiores, gerando maior lucro à cooperativa e aos cooperativados e que permitam melhor aproveitamento dos REEE, gerando componentes que estejam melhor desmontados e, conseqüentemente, entregando aos recicladores materiais em maior quantidade e qualidade.

Em síntese, este trabalho conclui que para fomentar as cooperativas de catadores de materiais recicláveis, é necessário que esses empreendimentos tenham como base uma forma sólida de organização desde o espaço físico (layout) até mesmo de seu processo produtivo, além disso, é necessário que todos os cooperativados sejam capacitados de modo que possam exercer suas atividades de forma adequada, promovendo ganho em produtividade, o que contribui para o aumento do fluxo dos REEE descomissionados pela cooperativa, além de melhorar o ambiente interno e realizar as atividades com o máximo de aproveitamento.

Como este assunto é pouco explorado na literatura nacional, para estender e qualificar a discussão, sugere-se estudos científicos acerca da importância da profissionalização das cooperativas para melhor gestão de processos que envolvem REEE e como a profissionalização dos processos podem tornar empreendimentos economicamente viáveis e ambientalmente promissores.

ANEXO I

ROTEIRO PARA AS ENTREVISTAS

- Há quantos anos a cooperativa existe?
- Há quantos anos atua com REEE?
- A cooperativa é licenciada?
- O imóvel é alugado ou próprio?
- São quantos associados ao total? Quantos atuam no setor de REEE?
- Quantas horas por dia os cooperativados trabalham?
- Quais os postos de trabalho existentes e a remuneração?
- De que forma ocorre os pagamentos dos cooperativados?
- Como ocorre a divisão de tarefas entre os trabalhadores?
- Qual a infraestrutura existente?
- A cooperativa possui algum veículo para transporte de resíduos?
- Como descreve a área de trabalho?
- Quais as medidas de segurança do trabalho dotadas?
- Os cooperativados utilizam EPIs durante o expediente?
- Algum cooperativado possui conhecimentos técnicos? Se sim, quais?
- Qual a capacidade de recepção de REEE?
- Quantidade coletadas e tipos mais frequentes?
- Quais os processos utilizados?
- Quais equipamentos mecânicos possui?
- Quais produtos são dispostos para coleta municipal?
- Quais são os destinos dos componentes de REEE triados?
- Quais são as principais origens dos REEE recebidos?
- Possui alguma parceria? Se sim, quais?
- Quais os métodos de coleta de REEE utilizados?

ANEXO II

IMAGENS DA INTERFACE DA FERRAMENTA DE CONTROLE

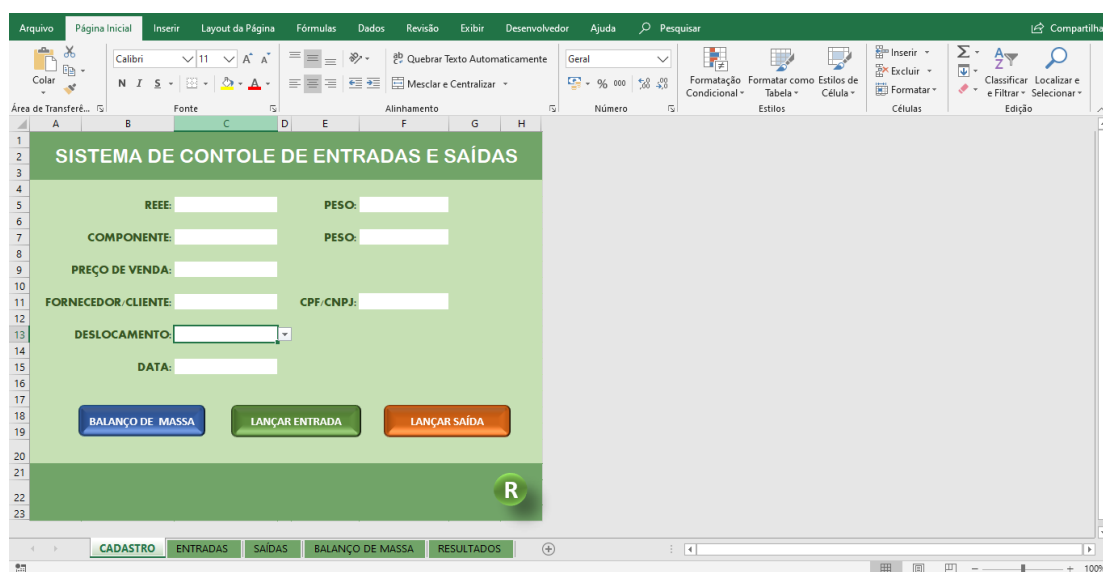


Figura 14: Planilha de cadastro da Ferramenta de Controle elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel.
Fonte: Elaboração própria.

REEE	PESO (Kg)	FORNECEDOR	CPF/CNPJ	DESLOCAMENTO	DATA	ENTRADA MENSAL
TV 32"	53,1	FORNECEDOR A	xxx.xxx.xxx-xx	Local	23/jun	JANEIRO
TV50"	208,5	FORNECEDOR A	xxx.xxx.xxx-xx	Local	23/jun	FEVEREIRO
						MARÇO
						ABRIL
						MAIO
						JUNHO
						JULHO
						AGOSTO
						SETEMBRO
						OUTUBRO
						NOVEMBRO
						DEZEMBRO
						261,6

Figura 15: Planilha de entradas da Ferramenta de Controle elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel.
Fonte: Elaboração própria.

REEE	COMPONENTE	PESO	PREÇO DE VENDA (R\$-kg)	NOME DO CLIENTE	CPF/CNPJ	DATA	SAÍDA MENSAL (kg)	
TV 32"	Alumínio	0,0898	2,50 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	17/jul	JANEIRO -	
	Acrílico	0,492	7,00 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	10/jul	FEVEREIRO -	
	Auto-falante	0,204	12,00 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	17/jul	MARÇO -	
	Cabo	0,005	4,00 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	17/jul	ABRIL -	
	Fio Grosso	0,008	5,00 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	10/jul	MAIO -	
	LED	0,006	10,00 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	19/jul	JUNHO 15,14	
	PET	0,138	0,50 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	17/jul	JULHO -	
	Placa Amarela	0,13	0,70 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	20/jul	AGOSTO -	
	Placa Verde	0,227	7,00 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	13/jul	SETEMBRO -	
	Plástico alto-impacto	0,744	0,40 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	15/jul	OUTUBRO -	
	Sucata de Ferro	1,133	0,35 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	17/jul	NOVEMBRO -	
	TV 50"	Alumínio	0,274	2,50 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	17/jul	DEZEMBRO -
		Acrílico	1,932	7,00 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	10/jul	
		Auto-falante	0,517	12,00 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	17/jul	
Cabo		0,02	4,00 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	17/jul		
Fio Grosso		0,026	5,00 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	10/jul		
LED		0,024	10,00 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	19/jul		
PET		0,681	0,50 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	17/jul		
Placa Amarela		0,514	0,70 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	20/jul		
Placa Verde		0,306	7,00 /kg	Cliente B	xxxxxxxxxx	13/jul		
Plástico alto-impacto		3,514	0,40 /kg	Cliente C	xxxxxxxxxx	15/jul		
Sucata de Ferro		4,172	0,35 /kg	Cliente A	xxxxxxxxxx	17/jul		

Figura 16: Planilha de saídas da Ferramenta de Controle elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel.
Fonte: Elaboração própria.

REEE	PESO TOTAL DO REEE (kg)	COMPONENTE	PESO DO COMPONENTE (kg)	BALANÇO DE MASSA		
TV 32"	3,54	Alumínio	0,07	1,97%		
		Acrílico	0,49	13,90%		
		Auto-falante	0,20	5,76%		
		Cabo	0,01	0,14%		
		Fio Grosso	0,01	0,23%		
		LED	0,01	0,17%		
		PET	0,14	3,90%		
		Placa Amarela	0,13	3,67%		
		Placa Verde	0,23	6,41%		
		Plástico alto-impacto	0,74	21,02%		
		Sucata de Ferro	1,13	32,01%		
		TV 50"	13,9	Alumínio	0,27	1,97%
				Acrílico	1,93	13,90%
				Auto-falante	0,52	3,72%
Cabo	0,02			0,14%		
Fio Grosso	0,03			0,19%		
LED	0,02			0,17%		
PET	0,68			4,90%		
Placa Amarela	0,51			3,70%		
Placa Verde	0,31			2,20%		
Plástico alto-impacto	3,51			25,28%		
Sucata de Ferro	4,17			30,01%		

Figura 17: Planilha de balanço de massa da Ferramenta de Controle elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel.
Fonte: Elaboração própria.

RESULTADOS						
3	REEE	TV 32"	TV 50"			
4	Lucro potencial	R\$ 8,63	R\$ 26,57			
6	Lucro mensal			Controle de entradas e saídas		
7	CLIENTES	Cliente A	Cliente B	Cliente C	TOTAL	Entradas (kg)
8	Janeiro	-	-	-	-	-
9	Fevereiro	-	-	-	-	-
10	Março	-	-	-	-	-
11	Abril	-	-	-	-	-
12	Maio	-	-	-	-	-
13	Junho	-	-	-	-	261,6
14	Julho	R\$ 228,60	R\$179,02	R\$ 94,21	R\$501,83	-
15	Agosto	-	-	-	-	-
16	Setembro	-	-	-	-	-
17	Outubro	-	-	-	-	-
18	Novembro	-	-	-	-	-
19	Dezembro	-	-	-	-	-

Figura 18: Planilha de resultados da Ferramenta de Controle elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel.

Fonte: Elaboração própria.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI), 2013, Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos - *Análise de Viabilidade Técnica e Econômica, Brasília - Brasil*. Disponível em: <<https://conhecimento.abdi.com.br/conhecimento/Publicacoes1/Log%C3%ADstica%20reversa%20de%20Equipamentos%20Eletroeletr%C3%B4nicos%20-%20res%C3%ADduos.pdf>> Acesso em: 03 jan. 2020.

ALBUQUERQUE, V.B.S, Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro. Tese de M.Sc., PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2013.

AFONSO, J. C, 2018, “Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: O Antropoceno Bate à Nossa Porta”. *Revista Virtual de Química*, v. 10, n. 6 (Nov-Dez).

AKCIL, A. ERUST, C., GAHAN, C., OZGUN, M., SAHIN, M., TUNCUK, A., 2015. “Precious metal recovery from waste printed circuit boards using cyanide and non-cyanide lixivants-A review. *Waste Management* v.45, pp.258-271.

ANGULO, C. K., *Reorganização do Layout e Endereçamento na Armazenagem de Resíduos Eletroeletrônicos*, 2016. Disponível em: <http://alt.fec.unicamp.br/tcc/T17_REORGANIZA%C3%87%C3%83O%20DO%20LAYOUT%20E%20ENDERE%C3%87AMENTO%20NA%20ARMAZENAGEM%20DE%20RES%C3%8DDUOS%20ELETROELETR%C3%94NICOS.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2020.

BALDAM, R. de L. et al. Gerenciamento de processos de negócios: BPM – Business Process Management. 2. Ed. **São Paulo: Érica**, 2007.

BATISTA, G. R. et al. “Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos”. In: *XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, pp 1-9, Fortaleza/CE, 2006.

BRASIL, 2010, Lei nº12.305, de 2 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 jan. 2020.

CAMAROTTO, João Alberto. *Projeto de Unidades Produtivas* Apostila. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.

CARVALHO, C. M. B. de; XAVIER, L. H. *Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CARVALHO, D.C. *Gestão e gerenciamento de resíduos de equipamento eletrônico: o campus central da UFRN em análise*. Tese de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Natal, RN, Brasil, 2015.

CHENG, Z., WANG, Y., WANG, S., ZHANG, G., "The influence of land use on the concentration and vertical distribution of PBDEs in soils of na e-waste recycling region of South China". *Environmental Pollution*, v.191, pp.126-131, 2014.

CHEUNG, Y.; BAL, J. "Process analysis techniques and tools for business improvements." *Business Process Management Journal*, v. 4, n. 4, p. 274-290, 1998.

CORRÊA, Henrique L.; CAON, Mauro. "Gestão de Serviços". *São Paulo: Atlas*, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI), 2017, A Indústria Elétrica e Eletrônica Impulsionando a Economia Verde e a Sustentabilidade Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/fasci17.pdf>>. Acesso em: 06 Mai 2020.

CROWE, M. *et al. Waste from electrical and electronic equipment (WEEE): quantities, dangerous substances and treatment methods*. **Europe Environment Agency**, 2003. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/Waste%20from%20eletrical%20and%20eletronic%20e quipment%20part%201.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

DE BRITO, M. P., *Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management*. Tese de D. Sc., Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2004.

FRANCO, R.G. *Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos para município de Belo Horizonte*. Tese de M.Sc. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte 2008.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo: Atlas*, 1998.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. *São Paulo: Atlas*, 2010.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. "As empresas são grandes coleções de processos". **ERA- Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 1, pp. 6-9, 2000.

HASHIMOTO, H. *Estudo da extração de índio a partir de telas de cristal Líquido (LCD)*. Tese de M. Sc. Programa de Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo 2015.

HUNT, V. D. *Process Mapping: How to Reengineer your Business Process*. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 1996.

JUCHNESKI, N. C. F. et al. "Disassembly and characterization of liquid crystal screens". **Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association**, ISWA, v. 31, n.6, pp. 549-58, 2013.

KUNRATH, J.L., VEIT, H.M, 2015, "Resíduos Eletroeletrônicos: Materiais Reaproveitados dentro da Cadeia de Processamento". **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 2 (Out), pp. 68–72.

LEAL, F. *Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional*. Tese de M.Sc., Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2003.

LOBATO, K.C.D. LIMA, J.P.; "Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento". **Eng. Sanit. Ambient.:** v.15; n.4; pp.347-356; out/dez 2010.

MELLO, C. H. P.; SALGADO, E. G." Mapeamento dos processos em serviços: estudo de caso em duas pequenas empresas da área de saúde". *Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP*, 25, Porto Alegre, 2005.

MONTEIRO, J.M., *Logística Reversa: Uma proposta de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos nos Setores Comerciais*. Tese de M. Sc., Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil, 2013.

OLIVEIRA, P. C. F. *Valorização de Placas de circuito impresso por Hidrometalurgia*. Tese de D.Sc. Programa de Engenharia do Ambiente. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto superior técnico, 2012.

OTTOBONI, C.; PAGNI, T. E. M. “A importância do mapeamento de processos para a implementação do Balanced Scorecard”. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP*, n.23, Ouro Preto, Minas Gerais, 2003.

OTTONI, M. S. O.; NASCIMENTO, H. F. F.; XAVIER, L.H., (2018). “Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado do Rio de Janeiro: Logística Reversa a partir dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs). In: *I Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade CONRESOL*, v. 1, Gramado, 2018.

PEINADO, J.; GRAEML, R. A. *Administração da produção*. 1ª ed. Curitiba: Unicenp, 2007.

PINHO, A. F.; LEAL, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; ALMEIDA, D. A. “Combinação entre as técnicas de fluxograma e mapa de processo no mapeamento de um processo produtivo”. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, n.27, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

REIS, Margarida Maria de Oliveira; BLATTMANN, Úrsula. “Gestão de processos em bibliotecas”. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 1, n. 2, pp. 1-17, jan/jun. 2004.

RODRIGUES, L.M., *Contribuições para o Inventário Social do Ciclo de Vida dos Resíduos Eletroeletrônicos na Cidade do Rio de Janeiro*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017.

RICHARDSON, R. J. “Pesquisa Social: Métodos e Técnicas”. **São Paulo: Atlas**, 1999

SANTANA, R.M.C; GABRIEL, A.P; VEIT, H.M. Caracterização de telas de LCD: Extração de Índio. In: *IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*. Porto Alegre, 2014.

SCARTEZINI, Luís Maurício Bessa. *Análise e Melhoria de Processos*. Goiânia, 2009.

SHINKUMA, T.; HUONG, N.T.M. “The flow of e-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on e-waste”. *Environmental impact assessment review*, v.29, pp. 25-31, 2009.

STEP INITIATIVE, 2016. *Business Plan Calculation Tool for Manual Dismantling Facilities*. Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/>>. Acesso em 20 de mar de 2020.

STEP INITIATIVE, 2019. *Solving the E-waste Problem* Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/>>. Acesso em 01 de abr de 2020.

TSENG, M. M.; QINHAI, M.; SU, C. J. "Mapping Customers' Service Experience for Operations Improvement". *Business Process Management Journal*, v. 5, n. 1, pp.50-64, 1999.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO), *Economic Feasibility Study for an e-Waste Treatment Facility in Uganda*, 2014.

XAVIER, L.H., OTTONI, M. S.O., GOMES, C. F., ARAUJO, R.A., BICOV, N., NOGUEIRA, M., ESPINOSA, D. TENÓRIO, J. *Guia de desmontagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos*. Rio de Janeiro: CETEM, 2020.

YAMANAKA, Nathalia Nishimura. "Mapeamento de processo de supply chain para implantação do SAP". In: *XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos*, Salvador, Bahia, Brasil, out. 2013.