

FRANCISCO CANDIOTA BEVILAQUA

LARISSA MUNIZ SILVA

Lixo eletrônico: gestão e logística reversa com base em estudos de caso

PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
APRESENTADO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL
DA PUC-RIO, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

Orientadora: Thais Helena de Lima Nunes

Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro, 22 de Junho de 2023.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos causados pela crescente produção mundial de lixo eletrônico e o respectivo descarte irregular, trazendo os conceitos de logística reversa e economia circular, com vistas a mitigar os efeitos negativos no meio-ambiente e sociedade. O texto inclui aspectos da legislação que regula o descarte desse tipo de resíduo no Brasil. Foram descritas as etapas do ciclo de vida desse material e uma proposta de solução para auxiliar no descarte correto e no retorno ao reprocessamento da matéria prima pela indústria. Parte do trabalho está fundamentado numa análise do consumo e descarte do lixo eletrônico no Brasil, através de pesquisa bibliográfica, dados estatísticos e estudos de caso de duas empresas que operam sob essa ótica, a E-ambiental e a Orizon.

Palavras-chave: Lixo eletrônico, reciclagem, e-waste, economia circular, logística reversa, impactos, resíduos eletroeletrônicos.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the impacts caused by the growing world production of electronic waste and its irregular disposal, bringing the concepts of reverse logistics and circular economy, with a view to mitigating the negative effects on the environment and society. The text includes aspects of the legislation that regulates the disposal of this type of waste in Brazil. The stages of the life cycle of this material were described and a solution proposal to assist in the correct disposal and return to the reprocessing of the raw material by the industry. Part of the work is based on an analysis of the consumption and disposal of electronic waste in Brazil, through bibliographical research, statistical data and case studies of two companies that operate from this perspective, E-ambiental and Orizon.

Keywords: E-waste, recycling, circular economy, reverse logistics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivo Geral.....	10
1.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 Justificativa do Tema.....	10
1.4 Metodologia de Pesquisa.....	10
1.5 Estrutura do Texto.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Logística Reversa.....	12
2.2 Economia Circular.....	12
2.3 Resíduos Sólidos Urbanos.....	13
2.4 Resíduo Eletrônico.....	15
2.4.1 Descarte de lixo eletrônico no Brasil.....	16
2.5 Linhas dos Equipamentos Eletrônicos.....	17
2.6 Ciclo de vida dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).....	18
2.7 Plano Nacional de Resíduos Sólidos.....	18
2.8 Impactos Ambientais.....	20
2.9 Impactos Econômicos.....	20
2.10 Impactos sociais e na saúde humana.....	21
2.11 Logística Empresarial.....	23
2.12 Análise SWOT.....	23
3. ESTUDO DE CASO.....	24
3.1 E-Ambiental.....	24
3.2 Orizon Valorização de Resíduos S.A.....	27
4. DISCUSSÃO DOS DADOS.....	32
4.1 Análise E-Ambiental.....	32
4.1.1 Modelo de Negócios.....	32
4.1.2 Pesquisa de Opinião Popular.....	33
4.1.3 Logística Empresarial da E-Ambiental.....	35
4.2 Análise Orizon.....	36
4.2.1 Análise SWOT da Orizon.....	36

5. CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXO I - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DE OPINIÃO POPULAR.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama do Sistema de Economia Circular.....	13
Figura 2 – Disposição final de RSU no Brasil em 2022.....	15
Figura 3 – Projeção da geração de <i>e-waste</i> globalmente.....	16
Figura 4 - Linhas de equipamentos eletroeletrônicos.....	17
Figura 5 - Ciclo de Vida dos REEE.....	18
Figura 6 – Cadeia de Valor da E-Ambiental.....	26
Figura 7 – Cadeia de Valor da Orizon.....	28
Figura 8 – Ecoparques da Orizon pelo Brasil.....	29
Figura 9 – Business Model Canvas da E-Ambiental.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do lixo.....	14
Tabela 2 – Danos causados pelas substâncias presentes em equipamentos eletroeletrônicos.....	22
Tabela 3 – Dados da E-Ambiental.....	25
Tabela 4 – Dados da Orizon.....	28
Tabela 5 - Características sociodemográficas dos participantes.....	34
Tabela 6 – Quadro de melhorias da E-Ambiental.....	36
Tabela 7 - Análise SWOT da Orizon.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREE	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes.
GESP	Global E-waste Statistics Partnership
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
REEE	Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>
UTM	Unidade de Triagem Mecanizadas

1. INTRODUÇÃO

No contexto de automatização de processos, serviços e utensílios, a produção de diversos aparelhos eletrônicos cresceu de forma exponencial ao longo das últimas décadas (Lavez et al, 2011). Por decisão dos fabricantes, os aparelhos eletrônicos mais novos tendem a ter uma vida útil encurtada, causando uma obsolescência programada (BULOW, 1986). O aparelho obsoleto então é descartado, gerando o lixo eletrônico que, se descartado incorretamente, pode trazer danos permanentes à sociedade. (AKRAM et al., 2019)

Segundo Ikhlayel (2017) dos diversos lixos produzidos pelos seres humanos, um dos mais preocupantes e que mais cresce na atualidade é o lixo eletrônico, contendo metais pesados não biodegradáveis prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Consequentemente, quando descartados inadequadamente em lixeiras comuns e destinados a aterros sanitários ou lixões, causam a bioacumulação, isto é, processo no qual esses elementos químicos se acumulam progressivamente nos tecidos dos organismos vivos (Tanaue et al., 2015).

De acordo com o relatório *The Global E-waste Monitor* (O Monitor Global de Lixo Eletrônico), divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU), em 2019, houve um recorde de 53,6 milhões de toneladas métricas de lixo eletrônico gerados no mundo e apenas 17,4% desse montante foi coletado e reciclado. Paralelamente, o número de dispositivos, no mundo, cresce cerca de 4% por ano.

Segundo estudo conduzido pela UNIDO - *United Nations Industrial Development Organization* (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial), organização ligada à ONU, no ano de 2022, revelou que somente 3% do lixo eletrônico gerado na América Latina é adequadamente descartado, o que significa que 97% do descarte não é monitorado e muitas vezes contém materiais valiosos, como ouro, que poderiam ser recuperados, resultando em um desperdício de US\$1,7 bilhão anualmente e danos evitáveis ao meio ambiente. Ainda de acordo com a pesquisa, o descarte incorreto de lixo eletrônico aumentou em 49% de 2010 a 2019 em 13 países da região. Na esfera da sociedade brasileira, segundo o *The Global Statistics Partnership*, o Brasil gerou 10.2kg de lixo eletrônico per capita em 2019.

O lixo eletrônico é um problema de responsabilidade de empresas, do governo, da sociedade e de instituições de ensino em seus diversos níveis, que devem assumir compromisso quanto ao cumprimento do ciclo completo desses equipamentos, contidos nos postulados da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (SILVA, 2010).

Diante desse problema crescente, a legislação busca avançar com diversas medidas de controle. No Brasil, o CONAMA emitiu em 2008 a Resolução CONAMA 401. Embora originalmente destinada ao descarte adequado de pilhas e baterias, essa resolução representa um avanço na legislação ambiental brasileira, no que diz respeito à responsabilidade ambiental. (Lavez et al, 2011). Assim, muitas ações podem ser adotadas pelas empresas com interesse em processo sustentável e preservação do meio ambiente. Uma delas é a logística reversa conforme prevista na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010).

1.1 Objetivo Geral

Discutir a gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no Brasil e sua logística reversa.

1.2 Objetivos Específicos

1.2.1 Analisar a logística reversa com vistas a minimizar impactos ambientais, sociais e econômicos;

1.2.2 Elaborar análise de estudos de caso.

1.3 Justificativa do tema

Este trabalho tem como propósito aprimorar os estudos acerca desse tema de crescente preocupação da sociedade. Para alcançar esse propósito, foram empregadas ferramentas e conceitos de gestão abordados no curso de Engenharia de Produção. Além disso, busca-se levantar dados de grande relevância para o meio acadêmico, podendo ser utilizados em estudos futuros, oferecendo novas perspectivas teóricas.

1.4 Metodologia de Pesquisa

A metodologia adotada para este trabalho é de cunho descritivo e de comparação entre dois estudos de caso. Foi desenvolvida mediante pesquisa bibliográfica virtual, pesquisa de opinião popular acerca do tema, contatos pessoais e virtuais com os gestores para obtenção dos dados para os estudos de caso. Além desses materiais, foi utilizado um relatório elaborado por investidores do banco Itaú BBA sobre a Orizon.

1.5 Estrutura do texto

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro contém as informações introdutórias e conjuntura do tema no contexto brasileiro. O segundo capítulo envolve o referencial teórico disponível em livros, sites e revistas técnicas. No terceiro capítulo encontra-se a descrição dos estudos de caso. O quarto capítulo contém a discussão dos dados obtidos na observação do estudo de caso para obtenção das melhorias e oportunidades sugeridas. Por último, no quinto capítulo encontram-se as conclusões que respondem aos objetivos traçados no capítulo introdutório.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa apresenta-se conceitos e alguns de seus aspectos relevantes para o estudo do trabalho em questão.

2.1 Logística Reversa

A logística reversa é entendida como o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo ao ponto de origem com objetivo de reagregar valor ou efetuar o descarte adequado (Rogers & Tibben Lembke, 1999).

De acordo com Schultz (2019) a logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social que busca facilitar o retorno de produtos que não tenham mais utilidade, porém não podem ser descartados de qualquer maneira no meio ambiente. Esse processo trata do gerenciamento do caminho inverso dos materiais, em comparação com o fluxo direto da cadeia de suprimentos (Lavez et al., 2011).

LEITE (2003, p. 16) define Logística Reversa como:

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

Segundo Vieira et al. (2009), o lixo eletrônico, quando descartado e processado por meio da logística reversa, pode ser transformado em matéria-prima para a produção de novos produtos dentro do mesmo segmento ou em outras aplicações. Nesse sentido, a logística reversa tem o objetivo de restituir esses produtos, visando seu tratamento e reaproveitamento como insumos na fabricação de novos produtos.

2.2 Economia Circular

Abdalla e Sampaio (2018) definem que a economia circular tem como objetivo propor um sistema econômico restaurativo, que considere o ciclo de vida completo do produto, desde o design até o descarte. Portanto, esses princípios envolvem a criação de um ciclo fechado de produção e consumo, em que os resíduos são reduzidos e reaproveitados em novos ciclos produtivos, gerando valor e contribuindo para a redução do impacto ambiental (Abdalla e Sampaio, 2018). Dessa forma, o produto pode ser reaproveitado e reintroduzido no ciclo

produtivo, contribuindo para a redução do consumo de matéria-prima e energia, além de minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos.



Figura 1 – Diagrama do Sistema de Economia Circular

Fonte: Apcer Group (2018)

Na Figura 1, é possível observar o modelo de economia circular, no qual visa otimizar o uso de recursos naturais, minimizar resíduos e reduzir o impacto ambiental de processos produtivos. Segundo Stahel (2016), esse conceito é uma proposta inovadora baseado no princípio de que a economia deve funcionar como um ciclo fechado, em que os resíduos gerados por uma indústria podem ser transformados em matéria-prima para outra indústria, gerando um ciclo contínuo de produção e consumo.

2.3 Resíduos Sólidos Urbanos

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), também informalmente conhecidos como lixo urbano, são os materiais descartados pela população em áreas urbanas, seja proveniente de atividades domésticas ou decorrentes de vias públicas (Santiago e Dias, 2012). Esses resíduos incluem toda a variedade de materiais sólidos de residências, estabelecimentos comerciais, instituições e áreas públicas.

Como consequência de processos como crescimento populacional, urbanização e progresso econômico, as cidades sofrem tanto com o aumento em quantidade quanto em diversidade de resíduos sólidos produzidos, especialmente nas áreas urbanas mais densamente

povoadas. Além do aumento na quantidade, os resíduos produzidos atualmente também contêm elementos perigosos para os ecossistemas e a saúde humana, devido à incorporação de cada vez mais novos componentes aos produtos consumidos (Gouveia, 2012).

Os RSU são coletados e transportados pelos sistemas de coleta de lixo das cidades até locais apropriados para tratamento e disposição final. Portanto, cada município é responsável pela gestão dos seus resíduos. Porém, a gestão adequada desses resíduos é um problema de escala nacional. De acordo com Gouveia (2012), a eficácia de uma política de gestão de resíduos sólidos só pode ser alcançada quando os resíduos são gerenciados de maneira consistente. Isso se deve à complexidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos.

As práticas de gerenciamento de resíduos incluem a coleta seletiva, a reciclagem, a compostagem, o tratamento de resíduos orgânicos, a incineração controlada e a disposição final em aterros sanitários (JUNKES, 2002). Para que sejam adequadamente descartados pela população, é necessário um conhecimento geral sobre os tipos de resíduos e suas classificações, conforme é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do lixo

Lixo Domiciliar	Resíduos sólidos de atividades residenciais.
Lixo Comercial	Resíduos sólidos das áreas comerciais.
Lixo Público	Resíduos sólidos de produto de limpeza pública.
Lixo de Serviços de Saúde	Resíduos hospitalares, ambulatoriais e farmácias.
Lixo Industrial	Resíduos produzidos pela indústria.
Lixo Agrícola	Resíduos das atividades agrícolas e da pecuária.
Lixo Entulho	Resíduos da construção civil.

Fonte: Bitencourt et al. (2013)

Ademais, a norma ABNT NBR 10004 classifica quanto à toxicidade:

- Classe I: perigosos (inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos);
- Classe II: não perigosos (não inertes, inertes).

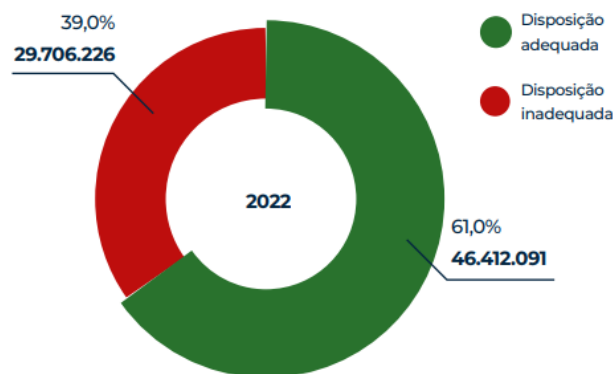


Figura 2 – Disposição final de RSU no Brasil em 2022

Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2022)

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil emitido pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE em 2022, 61% dos RSU são descartados em aterros sanitários legais de forma adequada, enquanto os outros 39% continuam sendo despejados em áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, alcançando um total de 29,7 milhões de toneladas com destinação inadequada, conforme a Figura 2.

2.4 Resíduo Eletrônico

Dos resíduos sólidos urbanos, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) também chamados de lixo eletrônico ou *E-waste*, estão sendo produzidos com maior intensidade devido ao avanço tecnológico e a crescente demanda por baterias, pilhas e chips.

Os produtos eletrônicos se tornam resíduos eletroeletrônicos quando descartados ou obsoletos como: computadores, televisores, celulares, *notebooks*, aparelhos de som, geladeiras, brinquedos eletrônicos, lâmpadas fluorescentes, etc (MATTOS et al., 2008).

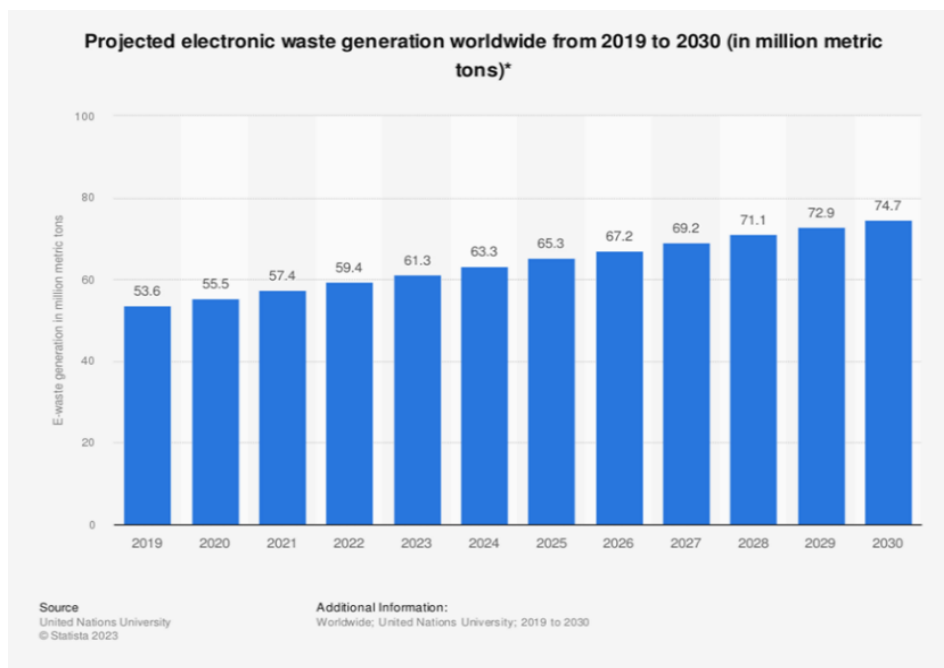


Figura 3: Projeção da geração de *e-waste* globalmente de 2019 até 2030 (em milhões de toneladas métricas)

Fonte: STATISTA, 2021

De acordo com a projeção do Statista (2021), conforme Figura 3, a geração de lixo eletrônico no mundo em 2030 será de aproximadamente 74 milhões de toneladas métricas. O volume de lixo eletrônico gerado em todo o mundo em 2019 foi de aproximadamente 54 milhões de toneladas métricas. Vários fatores, como o aumento do poder de compra e a disponibilidade de eletrônicos, alimentaram a geração de lixo eletrônico nas últimas décadas, tornando-o o fluxo de lixo de mais rápido crescimento em todo o mundo. Observa-se que a geração de lixo eletrônico crescerá aproximadamente 25% até 2030 mundialmente. As projeções futuras não levam em consideração as consequências econômicas relacionadas à crise do Covid-19.

2.4.1 Descarte de lixo eletrônico no Brasil

Segundo a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, há uma tendência simultânea à adoção de medidas que reduzam a vida útil dos produtos e componentes, e do uso da publicidade para incentivar uma frequente substituição. As novas tecnologias desenvolvidas, atraem novos usuários estimulando-os à troca constante de equipamentos, resultando no lixo eletrônico descartado (FERREIRA, 2008).

Conforme o relatório publicado pelo site *The Global E-waste Monitor* (O Monitor Global de Lixo Eletrônico) em 2020, o Brasil gerou mais de 2 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2019, ficando atrás apenas da China (10,1 milhões de toneladas), EUA (6,9 milhões de toneladas), Índia (3,2 milhões de toneladas) e Japão (2,5 milhões de toneladas). Junto aos países da América Latina, o Brasil é o primeiro no *ranking* dos geradores.

Dados do *Global E-waste Statistics Partnership* (Parceria Global de Estatísticas de Lixo Eletrônico) mostram que o Brasil gerou 10.2 quilos de lixo eletrônico por pessoa em 2019.

2.5 Principais Linhas dos Equipamentos Eletrônicos no Brasil

No Brasil, o setor de equipamentos eletroeletrônicos abrange uma quantidade variável de produtos agrupados com a nomenclatura de linhas, com atribuições de cores para serem classificadas e diferenciadas. Na Figura 4, há a descrição das linhas branca, marrom, azul e verde (INDUSTRIAL, 2013).



Figura 4 - Linhas de equipamentos eletroeletrônicos

Fonte: INDUSTRIAL, 2013

A linha verde abrange os computadores desktop e laptops, acessórios de informática, *tablets* e telefones celulares; a linha marrom abrange os monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras; a linha branca abrange os refrigeradores, congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar; a linha azul abrange as batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó e cafeteiras (PRADO

FILHO, 2018). Todos os equipamentos mencionados anteriormente estão condicionados a tornarem-se Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).

2.6 Ciclo de vida dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)

O ciclo de vida de um determinado produto, representa o percurso deste ao longo da vida útil desde a concepção, definição, produção, operação até o período de obsolescência (ABDI, 2013).

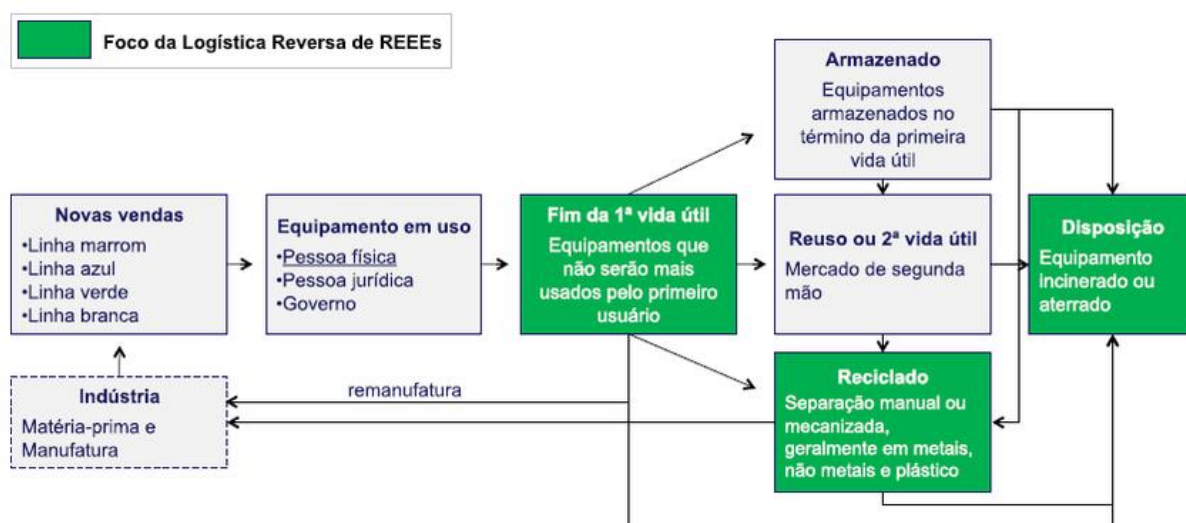


Figura 5 – Ciclo de Vida dos REEE

Fonte: ABDI (2013)

Na Figura 5, há a representação do ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos, onde em determinado período da sua vida útil, a utilização da logística reversa promove a reciclagem e o retorno deste como matéria-prima. O equipamento é utilizado até chegar ao fim da sua primeira vida útil, podendo ser armazenado, reciclado ou enviado para um mercado de segunda mão. Após o fim de sua segunda vida útil, ele é encaminhado para reciclagem ou para disposição, onde será incinerado (ABDI, 2013; BOLGENHAGEN, 2016).

2.7 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) elaborado no ano de 2010, disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente, apresenta uma estratégia para orientar a gestão de resíduos sólidos no país. Esse plano está descrito na Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, que é de extrema importância para o objetivo desse trabalho. O principal propósito dessa Lei é a busca pela sustentabilidade ambiental, com a

redução da quantidade de resíduos gerados, o estímulo ao reaproveitamento e à reciclagem e o descarte final ambientalmente adequado dos resíduos. Para tanto, o plano estabelece diversas metas e diretrizes para alcançar seus objetivos. Dentre elas, destacam-se a redução do descarte final de rejeitos em aterros sanitários até 2014, a erradicação dos lixões até 2021, a ampliação da coleta seletiva para 30% dos municípios até 2031 e a destinação ambientalmente adequada de embalagens, baterias, pneus, lâmpadas, eletroeletrônicos e outros resíduos específicos.

O PNRS também prevê a implantação de sistemas de logística reversa para os resíduos eletroeletrônicos, que consiste no retorno desses produtos após o uso pelo consumidor para serem reciclados ou reutilizados. A responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos é do fabricante, importador, distribuidor e comerciante do produto.

Importante mencionar que, na seção IV da Lei 12.305/2010, especifica-se as regras dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, estabelecendo a obrigatoriedade de que todos os municípios brasileiros elaborem um plano para a gestão adequada dos resíduos sólidos, exemplificado por “II - implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.”.

Ademais, o artigo 33 desta Lei decreta a obrigatoriedade da aplicação da logística reversa nos casos listados abaixo, com ênfase para o lixo eletrônico que encontra-se especificado como parte das diretrizes do plano:

- I – Os agrotóxicos, resíduos e embalagens
- II – As pilhas e baterias
- III – Os pneus
- IV – Os óleos lubrificantes, resíduos e embalagens
- V – As lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista
- VI – Produtos eletroeletrônicos e componentes

Além disso, a Resolução CONAMA nº 401/2008 estabelece os procedimentos para o descarte de pilhas e baterias, que contêm substâncias altamente tóxicas, como mercúrio, chumbo e cádmio. Essa resolução prevê a criação de postos de coleta para o descarte desses materiais e proíbe o descarte em lixo comum.

Cabe destacar também a Lei nº 13.576/2017, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), prevê a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos, incluindo os resíduos eletroeletrônicos, para a produção de biocombustíveis.

No município do Rio de Janeiro, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE) a Lei 5.043, de 18/06/2009 estabelece a obrigatoriedade dos fabricantes e fornecedores de computadores receberem, em suas representações, filiais ou matrizes, computadores obsoletos descartados pelo consumidor, visando a sua reciclagem.

2.8 Impactos Ambientais

Segundo Guedes et al. (2010), no lixo eletrônico são encontrados elementos como chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio e berílio, que são danosos à saúde. A bioacumulação desses materiais no solo pode contaminar os seres que entram em contato diretamente com o meio contaminado (água, solo ou sedimento), ou indiretamente através da cadeia trófica. Na medida em que os contaminantes passam de organismo por organismo na cadeia alimentar, a concentração dos químicos poluentes é progressivamente aumentada, resultando em elevadas concentrações nos níveis tróficos mais altos. Este fenômeno é denominado biomagnificação (MONTONE, 2015; RUHÍ et al., 2016).

A contaminação de solos com chumbo, que é usado em computadores, celular, televisão, é um processo cumulativo e praticamente irreversível, aumentando, assim, os teores desse metal na superfície do solo, no qual há absorção do mesmo pelas raízes das plantas (SILVA, 2010).

O processo de incineração deste tipo de material, que são compostos de cloretos halogênicos e brometos, são componentes altamente tóxicos que são carregados pelo vento e podem atingir cidades próximas a lixões e aterros.

2.9 Impactos Econômicos

A exportação de produtos eletrônicos no fim de seu ciclo de vida, de países ricos para países em desenvolvimento, tem crescido nos últimos anos. Esses produtos são desmontados, visando a reciclagem dos metais presentes na composição (SHINKUMA e HUONG, 2009).

De acordo com o Allied Market Research, em 2020, a gerência de REEE tinha um valor de mercado global de aproximadamente 49 milhões de dólares. Em 2028, a expectativa é que esse valor chegue a 143 milhões de dólares.

Ademais, os resíduos eletrônicos possuem certos metais preciosos como ouro, prata e platina, que possuem um elevado valor de mercado. Por exemplo, um milhão de telefones possuem 250kg de prata e 24kg de ouro que podem ser reciclados. Ou seja, o descarte indevido

desse materiais significa, além do impacto negativo ao meio ambiente, desperdício de valor que poderia ser retornado para economia.

2.10 Impactos sociais e na saúde humana

O resíduo eletrônico é rico em metais pesados tais como chumbo e mercúrio, que podem causar danos graves ao sistema nervoso central. O mercúrio pode também gerar problemas renais e, em contato com mulheres grávidas, causa sérios danos ao feto. (GRANT et al., 2013)

As contaminações por elementos químicos, decorrentes do descarte indevido de REEE podem ocorrer por meio de poeira contaminada, ingestão de alimentos contaminados, contatos com placas, soldas e cabos, que passam por processos precários de galvanização reversa, como utilização de incineração ao ar livre e ácidos para separação dos metais dos REEE. (PRADO, 2016).

É importante mencionar que de acordo com o PNRS cerca de 90% dos resíduos são depositados em aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Isso se torna um enorme problema social visto que ocorre com mais frequência em países de baixa e média renda, onde muitos trabalhadores e residentes vivem ou trabalham próximo a lixões informais e aterros sanitários em expansão.

O relatório *Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health* publicado em 2021 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) mostra que os moradores de áreas expostas a esse tipo de material se expõem aos componentes tóxicos desse tipo de lixo quando se alimentam, ingerem água ou entram em contato com a terra contaminada pelos resíduos. Ainda segundo a OMS, a maior exposição aos riscos está nas crianças, mulheres grávidas e fetos em desenvolvimento. De acordo com o relatório, a exposição ao lixo eletrônico durante a infância pode desencadear diversos problemas de saúde, dos quais:

- Comprometimento no desenvolvimento neurológico e comportamental, particularmente como resultado de exposição a chumbo, mercúrio e alguns produtos químicos orgânicos.
- Sequela pulmonar e efeitos respiratórios que foram associados à exposição ao cromo, manganês e chumbo;
- Função tireoidiana prejudicada, especialmente associada à exposição a alguns compostos químicos orgânicos.
- Danos ao sistema cardiovascular, decorrente da exposição ao chumbo.
- Danos ao DNA, que têm sido associado à exposição ao chumbo, cromo, cádmio e níquel;

- Impactos nas funções do sistema imunológico, incluindo maior vulnerabilidade a infecções comuns.

Assim, na Tabela 2, observa-se uma síntese do tipo de metais que compõem o lixo eletrônico e seu impacto no meio ambiente e na saúde humana.

Tabela 2 – Danos causados pelas substâncias presentes em equipamentos eletroeletrônicos

Metais	Danos potenciais à saúde humana	Danos potenciais ao meio ambiente	Aplicações nos equipamentos eletrônicos
Retardadores de chama bromados	Cancerígenos e neurotóxicos: podem interferir na função reprodutora.	Podem ser solúveis em água e bioacumulativos. Em incineradores geram poluentes orgânicos persistentes.	Computadores e televisores.
Cádmio	Possíveis efeitos irreversíveis nos rins e podem provocar câncer e desmineralização óssea; manifestações digestivas; problemas pulmonares; envenenamento; pneumonite.	Bioacumulativos, persistente e tóxico para o meio ambiente.	Resistores, detectores de infravermelho e semicondutores.
Cromo	Provocam reações alérgicas em contato com a pele.	Absorção celular muito fácil pelas plantas e animais.	
Chumbo	Danos no sistema nervoso, endócrino, cardiovascular e rins; dores abdominais; disfunção renal; anemia, problemas pulmonares; neurite periférica; encefalopatia.	Acumulação no ecossistema, efeitos tóxicos na flora e fauna e microrganismos.	Soldas nos circuitos impressos e tubos de raios catódicos nos monitores e televisores.
Mercúrio	Possíveis danos cerebrais e cumulativos e podem passar para o feto. Gengivite; dores abdominais; indigestão; dermatite e elevação da pressão arterial; ulceração da faringe e do esôfago, lesões renais; insônia, delírio, convulsões.	Pode tornar-se solúvel em água; acumula-se nos organismos vivos.	Lâmpadas descartáveis, telefones celulares, baterias, interruptores de residências.
Bário	Inchaço do cérebro, fraqueza muscular, danos no coração, fígado e no baço.		Painel frontal do CRT
Cobre	Pode gerar cirrose hepática		Componentes eletrônicos.

Fonte: Adaptado NATUME (2011)

2.11 Logística Empresarial

Ballou (1993, p. 24) define:

“A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o consumidor final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.”

O processo logístico possui três grandes etapas: o suprimento, a produção e a distribuição física, que engloba atividades como processamento de pedidos, controle de qualidade, gestão de estoques, programação, manutenção, fabricação e transporte (GOMES;RIBEIRO, 2011).

Transporte refere-se aos vários métodos para movimentar produtos. É a atividade logística mais importante, pois nenhuma empresa pode operar sem movimentar matérias primas ou produto acabado de alguma forma (POZO, 2010). E para que o recebimento e a entrega ocorram, a empresa conta com a possibilidade de uso dos modais de transporte (ferroviário, rodoviário, aéreo, hidroviário e duto viário). Gomes e Ribeiro (2011) afirmam que, no modal rodoviário, os caminhões são capazes de movimentar menor variedade de cargas devido as restrições de segurança rodoviária que restringe tamanho e peso de carregamentos, porém oferecem entrega mais rápida e confiável de cargas parceladas.

2.12 Análise SWOT

SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) é uma ferramenta de gestão utilizada para avaliar a situação de uma empresa, produto, projeto ou mesmo uma pessoa. Ela envolve a identificação e análise dos pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças relacionadas ao objeto de análise. Segundo Trevisan et al. (2018), método SWOT é utilizado para analisar cenários nas organizações, o que ajuda a compreender melhor suas características internas e externas, além de avaliar sua competitividade em relação aos concorrentes. Essa ferramenta foca na identificação das forças e fraquezas de uma organização, junto as oportunidades e ameaças externas.

3. ESTUDO DE CASO

O objetivo dos estudos de caso foi levantar dados e informações a respeito de duas empresas que atuam na gestão de resíduos eletrônicos, sendo uma de pequeno porte e outra de grande porte.

Para elaboração deste trabalho, foi necessário investigar duas empresas que praticam a abordagem da logística reversa do lixo eletrônico em suas operações, E-ambiental e Orizon. A primeira é uma empresa *start-up* (conceito para empresas em fase inicial que possuem modelo de negócio inovador) que abrange apenas os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. A segunda é uma empresa de operação em todo território nacional e de mercado aberto na bolsa de valores brasileira. Foram selecionadas empresas de dimensões distintas no intuito de aumentar o escopo de estudo e de avaliar os desafios dessas diferentes realidades na condução da logística reversa do lixo eletrônico produzido.

Um questionário no Google Forms também foi aplicado e após a coleta dos dados, foi realizada uma análise dos resultados obtidos a partir de ferramentas de qualidade de gestão, como o *Business Model Canvas* e Análise SWOT, buscando identificar qualidades, fraquezas, tendências e melhorias relevantes.

Apesar das duas empresas apresentarem soluções para o lixo eletrônico, a E-ambiental tem foco apenas na coleta, triagem e adequação dos resíduos eletrônicos, enquanto a Orizon foca na solução a partir dos aterros sanitários. Vale a pena ressaltar que a Orizon não atua na coleta nem no transporte de resíduos sólidos urbanos, a empresa opera na parte de fim de ciclo dos resíduos.

Ou seja, o estudo busca compreender como é o ciclo de vida completo de um resíduo eletroeletrônico em ambos os casos, seja quando seu descarte é realizado de forma adequada, recolhido pela E-ambiental, ou quando o descarte é feito inadequadamente e terminam nos lixões, tratados pela Orizon. Portanto, o objetivo é fornecer uma perspectiva abrangente para a análise do objetivo de estudo, tratando a logística reversa como uma parte do ciclo da economia circular.

3.1 E-Ambiental

A E-ambiental é uma empresa especializada na tecnologia reversa de resíduos, que tem como objetivo facilitar o acesso de pessoas físicas e jurídicas a descartarem corretamente seus resíduos e eletrônicos, promovendo a sustentabilidade e evitando a degradação ambiental

causada pelo descarte incorreto. A empresa oferece pontos de descarte de eletrodomésticos, eletroeletrônicos e similares de residências e empresas, coletando aparelhos de refrigeração residencial, comercial e industrial, cabos e condutores elétricos, sucata ferrosa ou não ferrosa, computadores e periféricos, eletrodomésticos em geral, entre outros produtos.

Uma das principais características da E-ambiental é ser a única empresa licenciada perante os órgãos em toda a região da Zona da Mata para gerir resíduo eletrônico, demonstrando assim a importância da empresa na preservação do meio ambiente. Além disso, a empresa realiza a ressocialização de pessoas como detentos no CERESP, que trabalham na triagem dos itens que chegam na empresa, separando os materiais que funcionam e são doados para associações sem fins lucrativos, ONGs, determinados órgãos públicos e população carente, e os que não funcionam têm desmontagens especializadas e a reciclagem correta sendo encaminhados para as empresas como matéria-prima. A E-Ambiental busca, dessa forma, não apenas atuar no mercado de reciclagem de resíduos eletrônicos, mas também contribuir para a ressocialização de pessoas e a promoção do bem-estar social.

A Tabela 3 abaixo, abrange algumas das principais informações sobre a empresa:

Tabela 3 – Dados da E-Ambiental

Empreendimento	E Ambiental Resíduos LTDA ME
Unidades	Rio de Janeiro: Rua da Batata 112-L 5ª e Rua do Arroz Galpão 55-A, Mercado São Sebastião – Penha Circular Niterói: Rua Santa Clara, 16 - Ponta da Areia - Niterói/RJ
Quadro de Funcionários	11 funcionários registrados pela CLT e atualmente 10 funcionários detentos que fazem parte do nosso projeto de ressocialização em conjunto com o CAJAR e o CERESP.
Frota	1 caminhão e 2 carros pequenos.
Coleta Anual	2019- 9.48ton 2020- 23.37ton 2021- 55.36ton 2022- 70.47ton
Faturamento	2019 – R\$400.000,00 2020 – R\$500.000,00 2021 – R\$1.970.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

A E-ambiental é responsável pela coleta, transporte, armazenamento e destinação dos componentes do lixo eletrônico através da reciclagem. Assim, foi possível elaborar um esquema simplificado da Cadeia de Valor da empresa, conforme esquematizado pela Figura 6 abaixo.

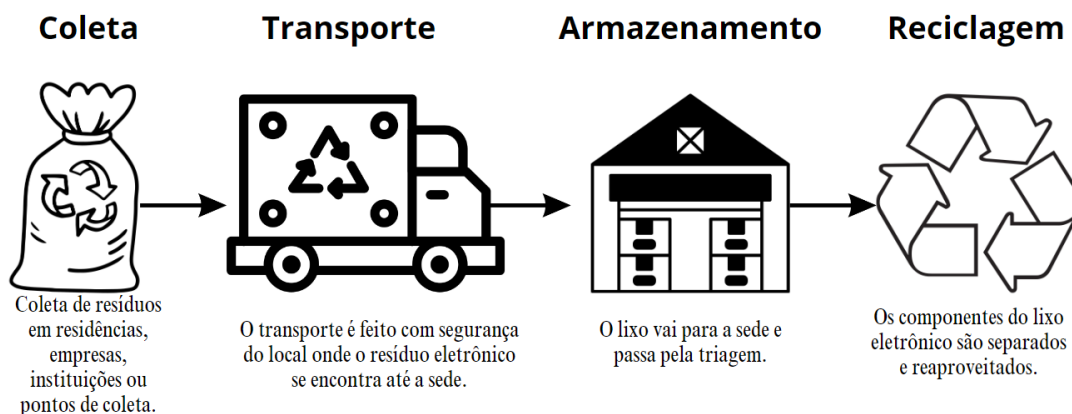


Figura 6 – Cadeia de Valor da E-Ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor

A coleta ocorre por meio de três formas. A primeira delas, são as campanhas divulgadas pela empresa quando se agendam locais e horários pré-determinados para que as pessoas e empresas possam deixar os aparelhos que serão descartados no local, ou seja, são estabelecidos pontos de descarte de lixo eletrônico. A outra forma são as gincanas, em que a empresa realiza uma disputa entre colégios estaduais e municipais entre qual escola acumula mais lixo eletrônico, sendo a vencedora premiada com uma sala de computadores ou investimento em capital.

Por fim, a terceira forma é o disque-coleta, em que a E-ambiental vai até a localização do doador, seja uma empresa ou residência, e coleta os aparelhos que estão separados para descarte. Para esse tipo de coleta, a E-ambiental sugere que a empresa providencie um LEV (local de entrega voluntária) ao abrigo do tempo, para acumular os resíduos eletroeletrônicos, lâmpadas, pilhas e baterias. Assim, no dia da coleta o doador deverá entregar ao colaborador da e-ambiental o MTR (manifesto de transporte de resíduos).

No Brasil, O Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) é um documento oficial que acompanha o transporte de resíduos sólidos, regulamentado pela PNRS e pela Resolução CONAMA nº 313/2002. O SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos), sistema desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, é utilizado para registro e acompanhamento do MTR, o qual é emitido eletronicamente por meio do sistema.

Assim, o objetivo principal do sistema é controlar e monitorar o transporte de resíduos, garantindo a rastreabilidade e a correta destinação final desses materiais, se aplicando a todos os tipos de resíduos sólidos, incluindo os perigosos e os não perigosos.

Após a coleta dos resíduos, a empresa é responsável pelo transporte até o seu galpão logístico localizado em Juiz de Fora, onde inicia-se o processo de triagem dos materiais.

Com o recebimento dos resíduos eletrônicos na sede da E-ambiental, a empresa realiza a separação e triagem dos materiais. É nessa etapa onde inicia-se o processo chamado manufatura reversa, movimento inverso ao de uma linha de montagem. Esse processo é realizado no CERESP (Centro de Remanejamento do Sistema Prisional) e na matriz da empresa por detentos do CAJAR (Casa do Albergado José Alencar Rogedo), com o intuito de ressocialização dos participantes.

A matéria prima que chega na sede é separada de acordo com a categoria que pertence, como plásticos, metais, placas de circuito, vidros, metais pesados e elementos químicos.

Após a separação e triagem, ocorre a destinação correta para cada componente dos resíduos. A E-ambiental realiza a venda de cada material que pode ser reutilizado após triagem para a indústria processadora dessa matéria-prima, redirecionando esses resíduos para seu ciclo produtivo através do processo de reciclagem. O principal material beneficiado pela empresa é o cobre, que tem origem nos fios do lixo eletrônico recolhido. A primeira parte do processo de triagem é quando os fios são colocados em uma máquina onde vai ser separado o cobre do plástico. Em seguida o cobre é passado por uma peneira que serve para tirar as impurezas de ferro que contaminam o cobre. O plástico é desmontado e separado do lixo eletrônico, sendo gerado um novo montante, no qual é enviado de volta para a indústria como a de para-choques de carro, de peça de brinquedos, de cabides, entre outros. Mais de 66% do lixo eletrônico é de plástico. Após essa separação, o cobre e o plástico são destinados para suas respectivas indústrias, retornando para o ciclo produtivo e gerando receita para E-ambiental.

Em caso de resíduos inutilizáveis, são destinados para empresas especializadas no descarte adequado desses materiais, muitas vezes recorrendo ao processo de incineração, de acordo com as normas ambientais e mitigando o impacto no ecossistema.

3.2 Orizon Valorização de Resíduos S.A

A Orizon Valorização de Resíduos S.A é especializada na gestão e valorização de diversos tipos de resíduos, oferecendo soluções para o tratamento, reciclagem e destinação final adequada dos seus componentes. No mercado desde 1999, a empresa nasceu de uma série de

fusões e aquisições de ativos da área de gestão de resíduos sólidos. Em fevereiro de 2021, tornou-se uma Sociedade Anônima de Capital Aberto (S.A), quando realizou Oferta Pública de Ações (IPO) na B3 e iniciou a transferência do seu escritório corporativo da cidade do Rio de Janeiro para São Paulo (Relatório de Sustentabilidade, 2021).

Na Tabela 4 abaixo, é possível identificar algumas das principais informações sobre a empresa.

Tabela 4 – Dados da Orizon

Razão social	Orizon Valorização de Resíduos S.A
Ecoparques	Porto Velho/RO; Cuiabá/MT; Aparecida de Goiânia/GO; Minas Gerais/MG; São Paulo/SP (3 unidades); Rio de Janeiro/RJ (4 unidades); João Pessoa/PB; Recife/PE; Maceió/AL; Aracaju/SE
Resultados financeiros 2022	Receita Líquida: R\$ 626.224.000,00 (Crescimento de 44% em relação a 2021) Lucro Líquido R\$ 115.151.000,00 (Crescimento de 107% em relação a 2021) EBITDA: R\$ 212.312.000,00 (Crescimento de 20% em relação a 2021)

Fonte: Elaborado pelo autor

A principal operação da Orizon se baseia na compra de aterros sanitários para transformação em locais que valorizam os resíduos de diversas formas, chamados de ecoparques. Em seus ecoparques, a Orizon VR conta com cinco modernas estações de tratamento de chorume, cinco instalações de captação e valorização de biogás, uma estação de tratamento de efluente e uma planta de tratamento de resíduos de serviços de saúde.

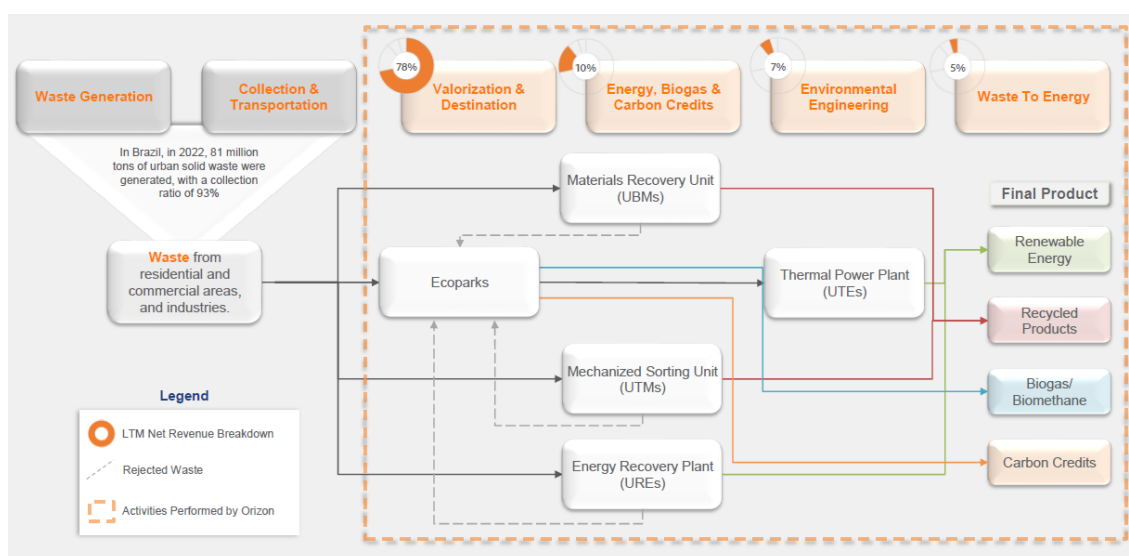


Figura 7 – Cadeia de Valor da Orizon

Fonte: Itaú BBA. 2023

Na Figura 7, há a demonstração da cadeia de valor da Orizon e as diferentes utilidades que os resíduos passam a ter com a destinação realizada pelos ecoparques em operação. A figura tem como objetivo facilitar o entendimento visual de como funciona a operação da empresa, desde o início ao fim do ciclo. Portanto, os resíduos chamados de “waste” na figura são recebidos nos ecoparques, que, posteriormente, serão transformados em energia renovável, produto reciclado, biogás ou crédito de carbono. Ao longo dessa cadeia, os resíduos passam por transformações em Usinas de Triagem Mecanizadas (UTM), Usina de Recuperação Energética (URE) ou Unidade de Beneficiamento de Material (UBM), dependendo da composição dos seus materiais.

Os Ecoparques são antigos aterros sanitários, que a empresa adquire com o objetivo de realizar a transformação de milhares de toneladas de resíduos em novos produtos. As atividades de reaproveitamento desses locais estão estruturadas em seis pilares: bioenergia, fertilizante verde, reaproveitamento dos materiais, energia renovável e crédito de carbono.

Atualmente, a Orizon possui 15 Ecoparques espalhados em todo o Brasil, conforme mostra a Figura 8. Nesses locais também ocorre o tratamento do chorume, no qual é realizado o processo de Osmose Reversa, que permite que o chorume seja transformado em água para reuso, utilizada nos Ecoparques.



Figura 8 – Ecoparques da Orizon pelo Brasil

Fonte: OrizonVR - Ecoparques (2022)

Através do biometano, um gás renovável obtido por meio da purificação do Biogás, é possível realizar a substituição do gás natural de origem fóssil, do diesel e do gás liquefeito de petróleo. Outro diferencial desta molécula renovável é que pode ser distribuída através da malha de gasodutos, pelo transporte terrestre, de forma comprimida ou mesmo liquefeita. Além disso, há a captação e aproveitamento do Biogás, produzido a partir dos resíduos orgânicos armazenados, que pode ser utilizado como alternativa aos combustíveis fósseis, podendo ser transformado tanto em energia elétrica quanto em biometano. Ambos geram receita para empresa, seja por contratos de fornecimento de energia que a Orizon celebra ou com a venda de créditos de carbono. A venda de energia elétrica correspondeu a 31% das receitas da empresa em 2021.

A atual capacidade de geração potencial da empresa é de 2.5 milhões Nm³/dia de Biogás. O biogás representa um avanço na economia de baixo carbono, redução das emissões de gases de efeito estufa, além da redução da dependência de fontes fósseis.

A Orizon possui duas Unidades de Triagem Mecanizadas – UTM, que separam os produtos recicláveis do lixo orgânico através de tecnologia com padrão internacional, oferecendo às indústrias a possibilidade de reinserir um produto 100% reciclado em sua cadeia produtiva. Nas plantas de Coprocessamento, é gerado o CDR (Combustível Derivado de Resíduo) ou CDRP (Combustível Derivado de Resíduos Perigosos) através do processo de blendagem.

Além disso, há o incentivo dos propósitos da economia circular, no qual os Certificados de Créditos de Reciclagem surgem como uma maneira de incentivar a cadeia de reciclagem no Brasil, garantindo que um percentual equivalente às embalagens comercializadas por empresas que produzem, vende, distribuem e importam produtos com embalagens, sejam encaminhadas à reciclagem.

Dentre os diversos tipos de resíduos que a empresa recebe nos ecoparques está o lodo, gerado pelas estações de tratamento de esgoto. Através de tecnologia por meio do processo de compostagem em larga escala, é possível obter um composto orgânico que pode ser reutilizado como adubo, conhecido como Fertilizante Verde.

O Fertilizante Verde favorece a redução de emissões de gases do efeito estufa e possui uma alta eficiência no campo, além de aumento na biodiversidade do solo. Em vez de utilizar fertilizantes químicos sintéticos, é uma abordagem sustentável que aproveita as propriedades benéficas das plantas para enriquecer o solo e promover o crescimento saudável das culturas.

Esse fertilizante produzido é vendido para os setores produtivos que precisam dessa matéria prima, gerando receita para empresa.

Atualmente, encontra-se em construção a primeira usina “*waste to energy*” (transformação do lixo em energia) da América Latina, em São Paulo, que entrará em operação em 2025. Essa Unidade de Recuperação Energética processará em torno de 300 mil toneladas de resíduos sólidos por ano, valorizando o lixo de aproximadamente 850 mil habitantes, e transformando em energia limpa suficiente para suprir a demanda de cerca de 320 mil pessoas.

A tecnologia *waste to energy* é uma alternativa sustentável para o descarte ambientalmente correto de resíduos para grandes centros urbanos, reduzindo a necessidade de transportar o resíduo sólido urbano (RSU) em distâncias cada vez maiores. A usina tem a capacidade de receber 870 toneladas por dia de Resíduos Não Aproveitáveis, promovendo uma redução da emissão de 128 mil toneladas de dióxido de carbono.

Os aterros sanitários produzem gás metano naturalmente por meio dos processos químicos de decomposição que ocorrem nos milhares de toneladas de resíduos acumulados. O gás metano é mais poluente que o dióxido de carbono, portanto, ao evitar a exposição desse gás na atmosfera, a Orizon tem capacidade de gerar 3,4 milhões de toneladas de créditos de carbono por ano em seus Ecoparques, que geram receita para empresa. Esse número é equivalente ao plantio de 24 milhões de árvores ou correspondente a menos 1,4 milhão de carros nas ruas.

4. DISCUSSÃO DOS DADOS

A partir dos detalhes das operações discutidas, foram analisados os dados obtidos para cada empresa, através de ferramentas qualitativas como o *Business Model Canvas* e a Análise SWOT com vistas a encontrar possíveis melhorias para os processos analisados.

4.1 Análise E-Ambiental

Levando-se em conta o que foi observado, para consolidar a colaboração das recomendações desse trabalho, criou-se uma tabela que condensa as principais dificuldades identificadas na empresa E-Ambiental e suas respectivas propostas de melhoria a partir das definições de conceitos citados abaixo.

4.1.1 Modelo de Negócios

O modelo de negócios, para Chesbrough e Rosenbloom (2002), define a cadeia de valor de cada empresa com base em critérios que ajudam a capitalização de recursos oferecendo valor ao seu cliente, diferentes formas de atuação para captação de receita, definir o público-alvo, posicionamento de mercado com a intenção de obter vantagem competitiva diante de seus concorrentes.

Segundo a tese de doutorado de Osterwalder (2004), o *Canvas* é uma ferramenta de modelo de negócios que serve para orientar a empresa de forma mais tangível nos pontos em que deve atuar, servindo como facilitador e dividida em nove tópicos: Proposta de Valor, Segmento de Clientes, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receita, Recursos Chaves, Atividades Chaves, Parceiros Chaves e Estrutura de Custos. Com isso, a empresa consegue enxergar como esses blocos se relacionam, quais suas intenções com a proposta de entregar valor de acordo com sua estratégia de mercado.

Através da coleta de informações da empresa, preencheu-se o modelo de negócios, por meio do *Business Model Canvas – Quadro de Modelo de Negócio*, conforme a Figura 9, sendo um ponto de partida para possíveis melhorias nas atividades da E-Ambiental.

The Business Model Canvas

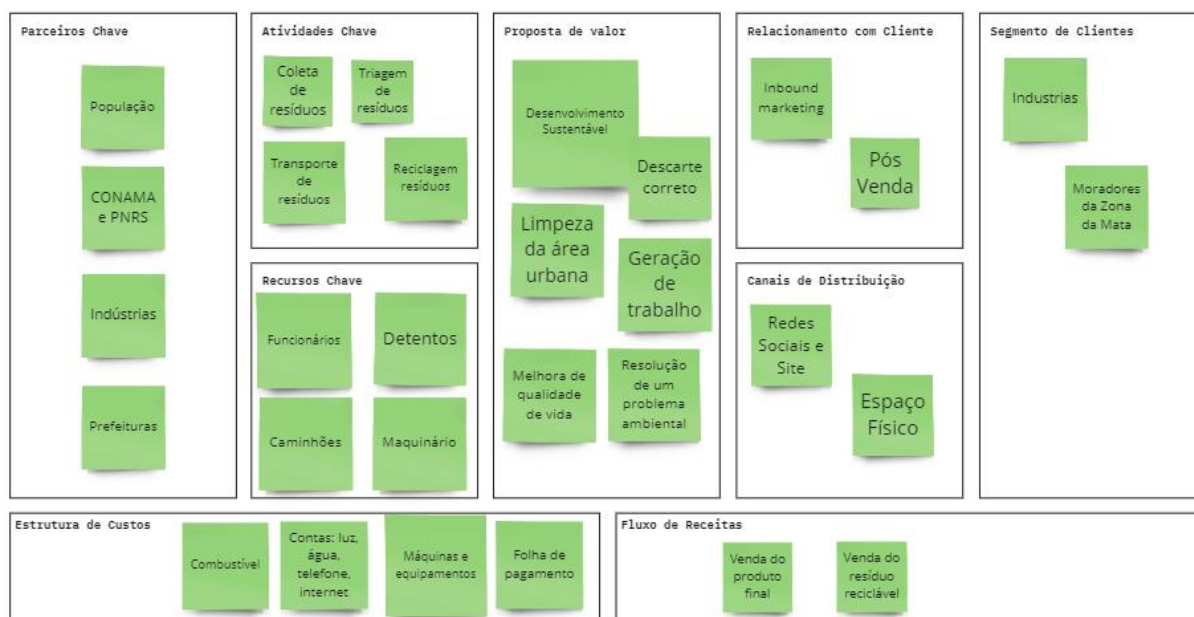


Figura 9 – Business Model Canvas da E-Ambiental

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.1.2 Pesquisa de Opinião Popular

A pesquisa de campo é caracterizada pela busca de informações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, é realizada uma coleta de dados junto a pessoas, com diferentes tipos de pesquisa (pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.) (FONSECA, 2002). A pesquisa com *survey* pode ser definida como a obtenção de dados ou informações sobre as características ou as opiniões de determinado grupo de pessoas, utilizando um questionário como instrumento de pesquisa (FONSECA, 2002, p. 33).

O instrumento de coleta de dados abordou perguntas sobre o tema em questão, buscando avaliar o conhecimento das pessoas sobre o assunto e suas práticas de descarte de materiais. No Anexo I, é possível consultar as 7 (sete) perguntas realizadas e suas respectivas 160 respostas obtidas por meio do questionário aplicado na ferramenta Google Forms. O questionário ficou ativo durante os meses de Abril e Maio de 2023 e englobou o Estado do Rio de Janeiro.

Na Tabela 5, é possível observar as características sociodemográficas oriundas das respostas obtidas dos participantes.

Tabela 5 – Características sociodemográficas dos participantes

<i>Características sociodemográficas</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
<i>Faixa etária</i>		
17-21	18	11,3
22-30	83	51,9
31-40	13	8,1
41-50	6	3,7
+51	40	25
<i>Nível de escolaridade</i>		
Ensino Médio Completo	12	7,5
Ensino Superior Cursando	75	46,9
Ensino Superior Completo	55	34,4
Mestre	12	7,5
Outros	6	3,7

Fonte: Elaborado pelo autor

A pergunta introdutória do tema foi: “*O que você conhece sobre lixo eletrônico?*”, no qual 86 pessoas responderam que sabem o que é, os riscos que podem causar, a maneira correta de descarte, frente a 56 pessoas que responderam que sabem o que é, mas não possuem outros conhecimentos além disso.

Uma das perguntas dicotômicas realizadas foi: “*Você já se desfez de algum material considerado como lixo eletrônico?*” e 142 pessoas, o correspondente a 88,8% responderam que sim. Em contrapartida, quando se foi perguntado: “*Como você realizou esse descarte?*” 92 pessoas (cerca de 57,5%) responderam que descartaram em lixeira comum, 36 pessoas (22,5%) descartaram em um ponto de coleta adequado e 32 pessoas (20%) ainda guardam o material em suas residências, pois não tem tempo ou não sabem onde depositar.

A falta de informação também afeta na ação da população, visto que, por meio da pergunta: “*Você conhece locais, empresas, que realizam esse tipo de coleta?*”, 136 pessoas (85%) alegam não terem conhecimento sobre os locais de coleta.

A falta de engajamento, conhecimento ou interesse das pessoas, podem trazer impactos para as atividades de qualquer organização do meio e se mostra como um fator de dificuldade na sociedade brasileira atual. Tal fato, fica evidenciado com os dados da pesquisa realizada para este trabalho.

Desta forma, pode-se supor, através dos dados revelados, que a E-Ambiental ainda possui uma forma de coleta muito primária, não tendo muita perspectiva de crescimento só com essas formas de captação. A população parece ainda não ter um hábito ou a real noção do

problema enfrentado e esse fator traz dificuldades para as operações não só da empresa, mas do serviço de coleta em geral.

A Logística Reversa depende do conhecimento e engajamento do usuário final, que geralmente é o consumidor. Com isso, seria necessário um investimento em um marketing mais expansivo, levando conhecimento à população a fim de atingir um maior público-alvo, além disso, concomitantemente com um aumento de pontos de coleta poderia gerar mais chance de obter um maior retorno de lixo eletrônico. A longo prazo, poderia ocorrer uma parceria com empresas privadas e prefeituras locais, gerando mais conhecimento e obtendo mais retorno de matéria-prima.

4.1.3 Logística Empresarial aplicada na E-Ambiental

A E-Ambiental possui uma frota de apenas um caminhão e dois carros pequenos. Sabe-se que o transporte de certos tipos de materiais exige determinadas condições para que estejam aptos ao uso ao encontrar o cliente final, como por exemplo, pilhas e baterias que deverão ser armazenadas sem misturá-las com outros materiais, acondicionando-as preferencialmente em um recipiente de material plástico (exemplo: balde ou caixa plástica), assim como as lâmpadas devem ser acondicionadas em embalagem original envoltas com fita adesiva e identificadas com o rótulo de lâmpadas.

A demanda de coleta ainda ocorre de forma pulverizada, pois são espalhadas e em baixa quantidade. Sendo assim, é necessária uma concentração do material, para que se torne viável financeiramente. Fora que podem ocorrer imprevistos como o usuário que solicitou o serviço, não estar presente no local e/ou horário combinados.

Para solucionar este problema, seria necessário um aumento da frota de caminhões da empresa, com o objetivo de atender todas as áreas requisitadas, além de terceirizar o serviço de frota de caminhões para locais de difícil acesso ou longe do centro de distribuição. Além disso, é essencial um planejamento de rotas, a partir de informações pré-estabelecidas pela empresa, como quantidade e tipo de material a ser descartado.

Assim através da Tabela 6, foi possível apresentar um quadro de melhorias dispondo os três problemas identificados na empresa E-Ambiental, incluindo as soluções sugeridas por essa pesquisa e quais os possíveis benefícios de retorno.

Tabela 6 – Quadro de melhorias da E-Ambiental

Problemas Identificados	Solução Sugerida	Benefícios
Ausência de modelo de negócios, estratégia e compreensão do cenário atual	Utilização da metodologia <i>Business Model Canvas</i> para uma reavaliação do modelo de negócios da empresa.	Compreensão e validação do modelo de negócios para evolução dos planos estratégicos da empresa.
Falta de conhecimento e engajamento da população acerca do descarte nos pontos de coleta	Marketing expansivo, com o objetivo de gerar mais conhecimento para a população; Aumento dos pontos de coleta; Parcerias com empresas privadas e prefeituras.	Aumento de matéria-prima para a empresa, consequentemente um aumento de receita e maior visibilidade no mercado.
Frota escassa	Aumento da frota; Terceirização da frota; Planejamento de rotas.	Aumento de matéria-prima; Diminuição do custo de combustíveis;

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

4.2 Análise Orizon

Nos capítulos abaixo, investigam-se as qualidades e fraquezas da operação da Orizon a partir das informações coletadas no estudo de caso e da pesquisa qualitativa, apresentando propostas de melhoria para operação.

4.2.1 Análise SWOT da Orizon

A análise SWOT é dividida em quatro componentes principais:

Strengths (Pontos Fortes): São as características internas positivas que a empresa ou objeto de análise possui. Isso pode incluir recursos financeiros, reputação, conhecimento técnico, vantagens competitivas, entre outros.

Weaknesses (Pontos Fracos): São as características internas negativas que a empresa ou objeto de análise possui. Isso pode envolver deficiências de recursos, falta de experiência, limitações tecnológicas, problemas de qualidade, entre outros.

Opportunities (Oportunidades): São as condições externas favoráveis que podem beneficiar a empresa ou objeto de análise. Isso pode incluir mudanças no mercado, novas tendências, avanços tecnológicos, demanda crescente, entre outros.

Threats (Ameaças): São as condições externas desfavoráveis que podem representar um risco ou desafio para a empresa ou objeto de análise. Isso pode envolver a concorrência intensa, mudanças nas regulamentações governamentais, flutuações econômicas, avanços tecnológicos dos concorrentes, entre outros.

Assim, na Tabela 7, é possível identificar as características da SWOT da Orizon.

Tabela 7 - Análise SWOT da Orizon

<p style="text-align: center;"><i>Strenghts</i></p> <p>Projeção de aumento de recebimento de resíduos Segmento de fim-de-ciclo possui maior margem</p>	<p style="text-align: center;"><i>Weaknesses</i></p> <p>Gestão de resíduos complexos</p>
<p style="text-align: center;"><i>Opportunities</i></p> <p>Mercado muito grande, porém fragmentado Pressão regulatória</p>	<p style="text-align: center;"><i>Threats</i></p> <p>Competição do mercado Alto investimento por tecnologia e inovação Burocracia do mercado brasileiro</p>

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Dos pontos fortes e oportunidades, a empresa provavelmente verá um aumento significativo na quantidade de resíduos recebidos em seus ecoparques, devido à pressão proveniente do lado regulatório que trabalha a favor da Orizon para resíduos começarem a aderir às normas atuais, os lixões e aterros controlados serão inevitavelmente fechados de forma permanente.

A pressão regulatória das diversas mudanças, evidenciadas pelo Novo Marco Regulatório do Saneamento, estabelecem que a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos deve ser implementada pelos municípios brasileiros até 2024. Considerando os números atuais de descarte inadequado apresentados no texto, a meta é ousada, porém as empresas precisarão, em curto espaço de tempo, de opções para descarte adequado dos resíduos provenientes de suas operações.

Além disso, o mercado é grande devido à grande quantidade de produção de RSU, porém fragmentado. A Orizon estima que detém cerca de 10 vezes o mercado de destinação

final do total de resíduos nacionais, o que a tornaria a maior operadora de aterros sanitários do país, responsável por cerca de 20 dos resíduos que são adequadamente dispostos no Brasil.

O valor dos materiais recuperados pode ser alto, tornando as margens maiores. Muitos produtos contêm materiais valiosos que podem ser recuperados e reciclados, como metais preciosos, plásticos de alta qualidade, componentes eletrônicos, entre outros. A recuperação desses materiais permite que sejam reintroduzidos na cadeia produtiva, reduzindo a necessidade de extrair novos recursos naturais. Esse valor agregado dos materiais recuperados pode contribuir para uma margem maior no segmento de fim-de-ciclo.

Pelo lado das fraquezas e ameaças, observa-se que o desenvolvimento de aterros sanitários ambientalmente adequados envolve engenharia de alta complexidade e grandes investimentos. De acordo com a ABRELPE, os investimentos necessários para a universalização de destinos ambientalmente adequados para resíduos sólidos urbanos no Brasil serão de cerca de R\$ 30 bilhões até 2040. Além disso, de acordo com a Frente Brasil de Recuperação Energética de Resíduos (FBRER), o mercado de descarte e tratamento de resíduos exigirá cerca de R\$ 15 bilhões em investimentos nos próximos 10 anos para promover iniciativas de conversão de resíduos em energia nos aterros sanitários, bem como para melhorar o componente operacional dos aterros sanitários, considerando que o mercado de disposição e tratamento de resíduos operacional dos aterros sanitários, considerando que a vida útil de um aterro sanitário é de cerca de 25 anos.

Ademais, a burocracia brasileira é um ponto a ser considerado. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), pode levar de 15 a 24 anos para obter as licenças necessárias para uma empresa desenvolver um aterro sanitário do zero (Itaú, 2023). Essas licenças incluem a licença prévia para implantação, além da licença de operação, dependendo de uma série de características, como a capacidade do projeto, a necessidade de realocação da população e quaisquer implicações de supressão da vegetação natural.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar o cenário de geração de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, com ênfase nos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), e compreender como esses resíduos, quando descartados inadequadamente, representam um problema significativo na sociedade. Além disso, buscou-se investigar o conceito de Logística Reversa, reconhecendo-o como potencial ferramenta para solucionar essa problemática.

A partir da pesquisa realizada com questionário constatou-se que a ausência da participação ativa do usuário final com descarte correto e desconhecimento sobre o tema, aumentam a gravidade do problema, o que pode resultar em seu descarte negligente, gerando impactos irreversíveis na sociedade, e impossibilitando sua reintegração na cadeia produtiva ou reaproveitamento. Isso significa que, apesar das soluções trazidas pelas empresas avaliadas nos estudos de caso, o engajamento popular na causa é um aspecto fundamental para a integração da cadeia de logística reversa.

Através dos estudos de caso, foi possível analisar e avaliar os desafios logísticos enfrentados por duas empresas, assim como compreender o comportamento da sociedade em relação à gestão do lixo eletrônico e o relacionamento estabelecido entre a empresa e seus principais fornecedores. Além disso, utilizando ferramentas de gestão de qualidade, foi possível verificar a organização dos processos internos da empresa, mapear a cadeia de suprimentos e compreender a forma como ocorre a integração entre eles.

Foram selecionadas para análise duas empresas, a E-Ambiental, uma *start-up* localizada na Zona da Mata especializada em tecnologia reversa de resíduos eletroeletrônicos, e a Orizon, uma sociedade anônima de capital aberto especializada na gestão e valorização de resíduos sólidos urbanos, incluindo o lixo eletrônico, oferecendo tratamento, reciclagem e destinação adequada de seus componentes. No estudo, foram abordados os principais desafios enfrentados por essas empresas, com destaque para a coleta domiciliar, o engajamento da população e o uso da Logística Reversa como ferramenta para a aquisição de materiais.

O trabalho iniciou com uma contextualização que abrangeu a evolução do consumismo ao longo dos séculos e seus impactos ambientais, econômicos e sociais na sociedade. Em seguida, foi apresentado o panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, com foco no setor eletroeletrônico e na legislação correspondente. Além disso, foram detalhados os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, incluindo suas classificações, composições e riscos, bem como os processos de descarte e reaproveitamento desse tipo de material.

A contextualização foi concluída com a definição do conceito de Logística Empresarial, que se refere à otimização dos processos de produção, e a Análise SWOT como uma ferramenta de gestão de qualidade, que identifica pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças no modelo de negócios.

Com base no estudo de caso e na metodologia de pesquisa adotada (utilização de questionário no Google Forms), foi possível identificar oportunidades de melhoria na concepção do modelo de negócio das empresas analisadas. Por meio das questões levantadas, foram propostas soluções adaptadas ao negócio, tendo como base os temas abordados no referencial teórico.

Durante a análise dos dados, foi observado que ainda existem lacunas no modelo de negócio da E-Ambiental. Para abordar essas questões, foi utilizado o Business Model Canvas, um modelo amplamente empregado tanto na literatura acadêmica quanto em trabalhos de consultoria. Essa abordagem permitiu uma revisão completa do negócio da E-Ambiental, identificando novas possibilidades de fluxo de receita, segmento de clientes, canais de distribuição, parceiros e relacionamento com os clientes. A revisão revelou-se valiosa, pois ampliou a visão da empresa, levando em consideração diversos aspectos do seu negócio que não haviam sido previamente contemplados, assim como apresentou novas perspectivas.

Por outro lado, por meio do questionário aplicado à população, constatou-se que ainda não há um engajamento significativo em relação ao descarte adequado de lixo eletrônico, dificultando o trabalho da E-ambiental, visto que a empresa necessita da participação da sociedade para receber mais lixo eletrônico em seus pontos de coleta.

Considerando os fatos mencionados, este trabalho propôs soluções que visam contribuir efetivamente para a melhoria dos resultados da E-ambiental. Algumas das soluções propostas são: a elaboração de um novo Business Model Canvas (BMC) para redefinir o modelo de negócio, a aquisição de mais caminhões e/ou a terceirização do serviço de transporte, e a criação de rotas e datas específicas para a realização de coletas periódicas. Essas medidas visam otimizar as operações e aumentar a eficiência da empresa, desde a coleta dos produtos até o beneficiamento deles.

Sobre a Orizon, realizar a Análise SWOT foi essencial para compreender onde estavam os diferenciais da empresa no mercado, visto que é uma companhia com faturamento relevante e que busca consolidação no mercado. A importância da empresa está no pioneirismo do tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, por meio da solução inovadora de

ecoparques, reduzindo os impactos dos aterros sanitários e gerando emprego, renda e subprodutos importantes para indústria a partir de resíduos sem utilidade anteriormente.

Analisando os dois casos conclui-se, portanto, que existem diferentes formas de tratar o lixo eletrônico. Apesar da Orizon ter uma operação maior e mais consolidada, ambas as empresas se complementam no que tange o tratamento dos resíduos eletrônicos. Enquanto a E-ambiental foca na coleta do lixo diretamente no descarte do consumidor final, a Orizon soluciona os resíduos que acabam nos aterros sanitários, isto é, a empresa opera na parte de fim de ciclo dos resíduos, quando o descarte inadequado dos materiais leva seus componentes aos lixões.

Portanto, apesar da limitação do estudo, constata-se que já existem grandes e pequenas empresas com atuação no mercado nacional de lixo eletrônico que, através da logística reversa, geram impactos significativos na sociedade nas esferas ambientais, sociais e econômicas.

Por fim, o trabalho em questão conclui que, apesar da logística reversa se mostrar uma maneira eficaz para tratamento dos resíduos eletroeletrônicos, existem outras formas de seguir nesse caminho. Com o passar do tempo e da inovação das tecnologias, inúmeras ferramentas podem surgir para compor essa forma de gestão, que ainda não está consolidada e requer estudos das inúmeras modalidades novas que se apresentam para difundir a cultura de conservação ambiental. O estudo desse tema é fundamental para conscientizar a população da importância dessa questão no contexto atual e analisar outras formas além da logística reversa como solução para o problema. A importância desse trabalho é mostrar que muitas vezes o problema pode ser a solução, como é o caso dos resíduos gerando emprego e renda para sociedade. Portanto, recomenda-se que esse trabalho sirva como base para continuação desse estudo em novos trabalhos acadêmicos, a fim de apresentar outras maneiras para o tratamento dessa questão, fazendo análise mais estreitas dos caminhos do lixo eletrônico desde a criação até o descarte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, Fernando Antônio; SAMPAIO, Antônio Carlos Freire. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. *Revista Entorno Geográfico*, v. 15, n. 2, p. 82-102, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6712>

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica*. Brasília, 2013. 179 p.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: Ano-base 2022*. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 02 mai. 2023.

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes. *Legislação*. Disponível em: <https://abetre.org.br/legislacao/>. Acesso em: 26 mai. 2023.

AKRAM, Rida et al. Trends of electronic waste pollution and its impact on the global environment and ecosystem. *Environmental Science and Pollution Research*, [s. l.], 19 jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04129-1>. Acesso em: 26 maio 2023.

APCER GROUP. Artigo: Sustentabilidade e a Economia Circular – Pedro Fernandes, Gestor Comercial. 17 de Maio de 2018. Acesso em: 25 de abril de 2023. Disponível em: <https://apcergroup.com/pt-br/newsroom/218/sustentabilidade-e-a-economia-circular>

BALLOU, Ronald. *Logística Empresarial. Transportes, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.

BITENCOURT, D. V. et al. A problemática dos resíduos sólidos urbanos. *Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente*, v. 2, n. 1, p. 25-36, 2013.

BOLGENHAGEN, Andrea. *Proposta de um sistema produto-serviço visando a correta destinação do lixo eletrônico*. UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. São Bento do Sul, SC, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Planalto,

Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 26 maio 2023

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 09 abr. 2023. Acesso em: 26 maio 2023

BRASIL. Lei nº 13.576, de 6 de julho de 2009. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico do Estado de São Paulo. JusBrasil Legislação, 2010b. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/817923/lei-13576-09-sao-paulo-sp>. Acesso em: 25 de abril de 2023.

BULOW, Jeremy. An Economic Theory of Planned Obsolescence. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 101 (4): 729 - 750, nov. 1986, Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1884176>. Acesso em: 18 de maio de 2023

CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. *Industrial and Corporate Change*, v. 11, n. 3, p. 529-555, 2002.

EAMBIENTAL. Sobre Nós. Disponível em: <https://eambiental.eco.br/>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Ellen Macarthur Foundation – EMF. (2017). Uma Economia Circular no Brasil. Recuperado em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circularno-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf>. Acesso em: 04 de junho de 2023

FERREIRA, Juliana M. de B. et al. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. *Revista Ciências exatas e tecnologia*, v.3, n. 3, p. 157-170, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2008v3n3p157-170>

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

Forti, V., Baldé, C. P., & Kuehr, R. (2019). E-Waste Statistics Guidelines on Classification, Reporting and Indicators. Bonn: ViE–SCYCLE, United Nations University

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis Peter; KUEHR, Ruediger; BEL, Garam. The global e-waste monitor 2020: quantities, flows, and the circular economy potencial. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, 2020. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
Acesso em: 09 de abril de 2023.

GLOBAL E-WASTE. Global E-waste Monitor 2017: Brazil. Disponível em: <https://globalewaste.org/statistics/country/brazil/2019/>. Acesso em: 09 de abril de 2023.

GLOBAL E-WASTE. Map. Disponível em: <https://globalewaste.org/map/>. Acesso em: 09 de abril de 2023.

GOMES, C. F. S.; RIBEIRO, P. C. C. Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação. 1. ed. 1 reimpr. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GRANT, K.; GOLDIZEN, F.; SLY, P.; BRUNE, M.; NEIRA, M.; BERG, M.; NORMAN, R. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The Lancet Global Health*, v.1, n.6, p.e350-e361, 2013.

GUEDES, A. C.; DE OLIVEIRA, R. L; LIMA, R. S. Lixo eletrônico e logística reversa: um estudo de caso em uma associação de catadores de materiais recicláveis. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, São Carlos. Enegep, 2010.

IGUIECOLOGIA. E-cycle ou Economia Circular. 2018. Disponível em: <https://www.iguiecologia.com/e-cycle-ou-economia-circular/> >.

IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. *Waste Management*, v. 68, p. 458-474, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.013>.

INDUSTRIAL., Agência Brasileira de Desenvolvimento. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Brasília: Cdn Comunicação Corporativa), 2013.

Jornal da USP. Descarte irregular de lixo eletrônico cresceu 49% na última década na América Latina. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/descarte-irregular-de-lixo-eletronico-cresceu-49-na-ultima-decada-na-america-latina/>. Acesso em: 09 de abril de 2023.

JUNKES, M. B. Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.

LAVEZ, N.; DE SOUZA, V. M.; LEITE, P. R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de computadores. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 1, 2011.

LEITE, Paulo Roberto. Logística Reversa. Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MACARTHUR, E. Towards the circular economy. Journal of Industrial Ecology, v. 2, n. 1, p. 23-44, 2013.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, K. M. C.; PERALES, W. J. S. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., Rio de Janeiro, 2008. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1-11

Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Governo Federal, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 07 maio 2023.

MONTONE, R. IOUSP - Bioacumulação e Biomagnificação. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/poluicao/69-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/955-bioacumulacao-e-biomagnificacao> Acesso em: 09 de abril de 2023.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos. In: 3rd International Workshop on Advances in Cleaner Production, São Paulo, maio de 2011.

Organização das Nações Unidas. ONU News. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/01/1777952>. Acesso em: 06 jun. 2023.

ORIZON. Quem Somos. Disponível em: <https://orizonvr.com.br/sobre-a-orizon/> Acesso em: 06 jun. 2023.

ORIZON. Ecoparques. Disponível em: <https://orizonvr.com.br/ecoparques/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

ORIZON. Energia e Gás renovável. Disponível em: <https://orizonvr.com.br/geracao-de-energia-e-gas-renovavel/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

ORIZON. Economia Circular, Coprocessamento, CDR e Manufatura Reversa. Disponível em: <https://orizonvr.com.br/producao-de-reciclaveis/>

ORIZON. Fertilizante Verde. Disponível em: <https://orizonvr.com.br/producao-de-fertilizantes-verdes/>

Osterwalder, A., 2004. The business model ontology: A proposition in a design science approach. Tese, Universite de Lausanne, Suíça.

POZO, H. Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2018/05/16/a-logistica-reversa-de-residuos-eletroeletronicos/> Acesso em: 16 maio 2018.

PRADO, Olivia A. Agravos à saúde decorrentes do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos: revisão de literatura. XI workshop de pós-graduação e pesquisa do Centro Paula Souza, São Paulo, 2016.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. “Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices”. Reno: Reverse Logistics Executive Council, 1998. Disponível em: <https://www.rlec.org/assets/docs/Rogers-and-Tibben-Lembke-Going-Backwards-RL-Trends-and-Practices.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2023

Ruhí, I. Muñoz, E. Tornés, R.J. Batalla, D. Vericat, L. Ponsatí, et al. Flow regulation increases food-chain length through omnivory mechanisms in a Mediterranean river network *Freshwater Biology*, 61 (2016), pp. 1536-1549. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.12794> Acesso em: 04 de junho de 2023

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 7, n. 2, p. 203-212, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000200010>

SCHULTZ, Felix. Logística Reversa - O que é, Tipos e como aplicar na sua empresa. BomControle. Disponível em: <https://bomcontrole.com.br/logistica-reversa/>. Acesso em: 04 de junho de 2023

SHINKUMA, T.; NGUYEN, H. 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, n. 1, p. 25-31, 2009.

SILVA, J. R. N., Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto do instituto de educação ciência e tecnologia do Amazonas –IFAM.I Congresso brasileiro de gestão ambiental 21-24 de nov. 2010, Bauru SP. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/arquivos/Anais do I Congresso Brasileiro de Gestao Ambiental.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2023

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://sinir.gov.br/sistemas/mtr/>. Acesso em: 02 de junho de 2023

STAHEL, W. R. Circular economy. *Nature*, v. 531, p. 435-438, mar. 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/news/the-circular-economy-1.19594>. Acesso em: 03 de junho de 2023

STATISTA. Generation of electronic waste worldwide from 2010 to 2025 (in million metric tons)*. [S.l.], 2021. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>. Acesso em: 07 de maio de 2023

TANAUE, A. C. B.; BEZERRA, D. M.; CAVALHEIRO, L.; PISANO, L. C. Lixo eletrônico: Agravos a Saúde e ao Meio Ambiente. *Revista Ensaio e Ciência: Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v.19, n.3, 2015, p. 130-134.

TREVISAN, Laís Viera; FIALHO, Camila Borges; CORONEL, Daniel Arruda. Proposta de implantação das ferramentas Canvas e análise SWOT em uma empresa de pequeno porte. Revista Inteligência Competitiva, v. 8, n. 3, p. 35-52, 2018.

UNIDO. Annual Report 2022. Viena: UNIDO, 2022. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-04/Annual%20Report%202022-English%20Spread.pdf> Acesso em: 26 jun. 2023.

VIEIRA, K. N., SOARES, T. O. R., SOARES, L. R. 2009. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem. Revista de Gestão Social e Ambiental, 3(3):120-136. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v3i3.180>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health. Genebra, 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341718/9789240023901-eng.pdf> Acesso em: 08 de maio de 2023

ANEXO I
QUESTIONÁRIO DA PESQUISA DE OPINIÃO POPULAR

Pergunta 1: “Qual a sua faixa etária?”

Resposta 1:

17-21 anos → 18 pessoas

22-30 anos → 83 pessoas

31-40 anos → 13 pessoas

41-50 anos → 6 pessoas

Acima de 51 anos → 40 pessoas

Pergunta 2: “Qual o seu nível de escolaridade?”

Resposta 2:

Ensino Fundamental Completo → 1 pessoa

Ensino Médio Completo → 12 pessoas

Ensino Superior Cursando → 76 pessoas

Ensino Superior Completo → 55 pessoas

Pós Graduação → 1 pessoa

Mestrado → 12 pessoas

Doutorado → 3 pessoas

Pergunta 3: “O que você conhece sobre lixo eletrônico?”

Resposta 3:

Nada, é a primeira vez que escuto esse termo. → 3 pessoas

Já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é. → 15 pessoas

Só sei que é formado por materiais eletrônicos, como computador e celular → 56 pessoas

Sei o que é, e além de conhecer os riscos que esse problema traz, procuro sempre tomar cuidado para descartar esses materiais → 86 pessoas

Pergunta 4: “Você já se desfez de algum material considerado como lixo eletrônico?”

Resposta 4:

Sim → 142 pessoas

Não → 18 pessoas

Pergunta 5: “Como você realizou esse descarte?”

Resposta 5:

Em uma lixeira comum → 92 pessoas

Em um ponto de coleta → 36 pessoas

Guardo parte do material em casa, pois não sei onde depositar → 32 pessoas

Pergunta 6: “Você considera que há informação suficiente para o descarte correto desses materiais?”

Sim → 8 pessoas

Talvez → 16 pessoas

Não → 136 pessoas

Pergunta 7: “Você conhece algum ponto de coleta próximo a sua residência, ao seu trabalho, ou a sua faculdade?”

Sim → 50 pessoas

Não → 110 pessoas