



## FOLHA DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL DE CURSO

Trabalho defendido por **Estela Carneiro Moraes** às 14h00 do dia 30 de Setembro de 2024, em defesa oral presencial, nas dependências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, intitulado “**Gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de Recife, Pernambuco: proposição de melhorias visando a sustentabilidade.**”, orientado pelo Prof. Francisco das Chagas da Costa Filho (UFRPE/DTR) e co-orientado pela Eng. Msc. Janielly Mantovani Cravo (UFRPE/PROPLAN) e aprovado pela seguinte banca examinadora.

---

Profa. Cecília Maria Mota Silva Lins  
UFRPE/DTR

---

Eng. Msc. Amanda Simões Cristino Campos

# GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE RECIFE, PERNAMBUCO: PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS VISANDO A SUSTENTABILIDADE.

## *MANAGEMENT OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN RECIFE, PERNAMBUCO: PROPOSING IMPROVEMENTS AIMING FOR SUSTAINABILITY.*

Estela Carneiro Moraes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

### RESUMO

Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), também conhecidos como e-waste, abreviação em inglês para electronic waste, são resíduos que se originam de equipamentos que dependem de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para o seu funcionamento. O aumento na geração desses resíduos e o risco de contaminação que eles apresentam ao meio ambiente, devido aos materiais constituintes, representam desafios atuais e que precisam de atenção por parte dos governantes, instituições e toda a população. Por esta razão, com o objetivo de trazer mais informações acerca do gerenciamento de REEE na cidade do Recife-PE, a presente pesquisa realizou um levantamento do atual contexto do gerenciamento desses resíduos na cidade, com a finalidade de propor as possíveis melhorias, observando as tipologias coletadas, funcionamento das empresas e possíveis destinos. Mediante a isto, foram identificadas 6 principais empresas que fazem a gestão destes resíduos no município, com disponibilização de coleta e pontos de entrega voluntária (PEV) espalhados por Recife e parcerias com outras entidades. As propostas de melhoria incluem o fortalecimento da logística reversa, com mais pontos de coleta em locais estratégicos e o incentivo à inovação tecnológica, além da implementação de programas de educação ambiental, tanto em escolas quanto nas comunidades. Além disso, a criação de um portal municipal sobre REEE e o desenvolvimento de parcerias público-privadas são essenciais para aprimorar a gestão desses resíduos. Recife, apesar de algumas iniciativas, ainda está aquém de outras cidades como São Paulo-SP e Fernandes Pinheiro-PR, no que diz respeito ao arcabouço legal e às práticas de gestão de REEE, apontando para a necessidade de maior envolvimento público e transparência na divulgação dos dados. Após o estudo, foi possível afirmar que é necessário ampliar os investimentos no gerenciamento dos REEE, aumentar as parcerias público-privada e promover a conscientização da população por meio da educação ambiental.

**Palavras-chave:** lixo eletrônico; REEE; gestão ambiental; equipamentos eletroeletrônicos; poluição ambiental.

### ABSTRACT

*Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), also known as e-waste, refers to waste originating from equipment that relies on electric current or electromagnetic fields for operation. The increasing generation of this waste, and the risk of environmental contamination posed by its constituent materials, represent current challenges that require the attention of government, institutions and the general population. For this reason, with the aim*

*of providing more information about WEEE management in the city of Recife-PE, this research carried out an assessment of the current context of waste management in the city, in order to identify possible improvements, analyzing the types of waste collected, the functioning of companies, and potential sustainable destinations. In this context, six main companies responsible for managing this waste in the municipality were identified, offering collection services and voluntary drop-off points throughout Recife in partnership with other entities. The improvement proposals include strengthening reverse logistics by increasing collection points in strategic locations and encouraging technological innovation, in addition to implementing environmental education programs in both schools and communities. Furthermore, the creation of a municipal portal on WEEE and the development of public-private partnerships are essential for improving the management of this waste. Despite some initiatives, Recife still lags behind other cities, such as São Paulo-SP and Fernandes Pinheiro-PR, in terms of the legal framework and WEEE management practices, highlighting the need for greater public involvement and transparency in data dissemination. After the study, it was possible to affirm that it is necessary to expand investments in WEEE management, increase public-private partnerships, and promote public awareness through environmental education.*

**Key-word:** WEEE; e-waste; environmental management; electrical and electronic equipment; environmental pollution;

## 1. INTRODUÇÃO

Com o intenso desenvolvimento gerado pela quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0), os equipamentos eletroeletrônicos estão mais presentes nas vidas das pessoas, gerando, conseqüentemente, um aumento expressivo no descarte dos equipamentos obsoletos ou danificados.

Os equipamentos eletroeletrônicos - EEE incluem qualquer dispositivo que utilize corrente elétrica ou campo magnético para o seu funcionamento (LIMA; GOMES, 2020). As aplicações dos EEE são diversas, como em energias renováveis, veículos elétricos, casas inteligentes, com sistemas integrados e automatizados; moda, roupas e acessórios com dispositivos eletrônicos que auxiliam no dia-a-dia; cidades inteligentes, com setores integrados por meio do uso de tecnologia, logística, agricultura, inteligência artificial e a internet das coisas (IoT) (BALDÉ et al., 2024).

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (ABDI, 2013), os EEE são classificados em quatro categorias, são elas: linha branca - refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar; linha marrom - monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras; linha azul - batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras; e linha verde - computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Os países emergentes como Brasil, China e Índia, se destacam no aumento do consumo de equipamentos eletroeletrônicos. Entre 2000 e 2016 os equipamentos com maior crescimento absoluto no consumo, em termos de peso, foram as máquinas de lavar roupa, geladeiras, aquecedores elétricos, fornos elétricos, TVs de tela plana, entre outros (BALDÉ et al., 2017).

Um dos fatores que contribuem para o aumento do descarte de equipamentos eletroeletrônicos é a obsolescência programada, que é uma estratégia utilizada por fabricantes

para reduzir a vida útil de produtos, com o objetivo de aumentar o ciclo de consumo e impossibilidade de reparo (BARÃO JUNIOR; SOARES, 2020).

A prática da obsolescência tem implicações significativas tanto para os consumidores quanto para o meio ambiente, contribuindo para a geração dos REEE, que são difíceis de reciclar, devido à complexidade de seus componentes, além perpetuar um ciclo de consumo insustentável, acelerando o esgotamento de recursos naturais e aumentando as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e ao descarte frequente destes produtos (FORTI et al., 2020).

Os REEE são um grupo de resíduos especiais devido à sua natureza diversificada, que envolve uma composição complexa de materiais. São classificados como resíduos perigosos devido à presença de substâncias tóxicas como metais pesados, assim como retardadores de chamas (CAETANO et. al., 2019). Podem contaminar o solo e a água, representando uma ameaça à saúde pública (FRANCO et. al, 2021). A fumaça emitida pela queima desses materiais gera gases que são nocivos aos seres vivos (SILVA, 2012). O Quadro 1 apresenta os elementos químicos que comumente estão contidos nos REEE e suas consequências à saúde humana.

**Quadro 1- Riscos dos REEE**

<b>ELEMENTOS/USO</b>	<b>DANOS À SAÚDE HUMANA</b>
Arsénio/ Celular	Doenças de pele, câncer no pulmão e danos ao sistema nervoso.
Berílio/ Computador e Celular	Câncer no pulmão
Cádmio/ Computador	Danos aos rins, ossos e pulmões
Chumbo/ Computador, Celular e Televisão	Sistema sanguíneo e nervoso
Mercúrio/ Computador, monitor e Televisão	Danos cerebrais e ao fígado

**Fonte:** Adaptado de SILVA (2012).

Nos últimos anos, o volume de dispositivos descartados aumentou de forma alarmante, criando uma demanda urgente por sistemas de gerenciamento eficazes. No entanto, a realidade enfrentada em muitas cidades revela lacunas significativas no tratamento e na destinação correta desses resíduos (BALDÉ et al., 2017).

O relatório *The Global E-Waste Monitor 2024* mostrou que a produção de REEE no mundo aumentou 82% em 2022, passando de 34 milhões para 62 milhões de toneladas se comparado à produção de 2010, atingindo um recorde histórico. Além disso, a reciclagem destes resíduos, no ano de 2022, preveniu a extração de aproximadamente 900 milhões de toneladas de minérios. No mesmo relatório foi constatado que o Brasil se mostrou como um grande gerador de REEE, sendo considerado o maior da América Latina, com a produção de 2,4 milhões de toneladas, e o segundo nas Américas, tendo volume menor apenas que os Estados Unidos, que produziu cerca de 7,2 milhões de toneladas (BALDÉ et al., 2024).

A gestão dos REEE apresenta-se como um dos maiores desafios ambientais da atualidade, especialmente em grandes centros urbanos. Apenas 17% do quantitativo de REEE é coletado e reciclado de forma ambientalmente correta, a maior parte dos REEE é descartado

de forma indiscriminada em aterros sanitários ou lixões, misturados a outros resíduos. Consequentemente, recursos valiosos, como metais preciosos e materiais com valor econômico agregado, como aço e plásticos, são desperdiçados, além de contaminar mananciais e o solo (FORTI et al., 2020).

Em países desenvolvidos, a gestão dos REEE é mais eficiente, citam-se como exemplos os pertencentes à União Europeia, que possuem a diretiva que estabelece as responsabilidades dos fabricantes, governos e consumidores na gestão destes resíduos (European Commission, 2014). Por outro lado, na maior parte dos países em desenvolvimento, a gestão ainda é mal estruturada. O Brasil, por exemplo, em 2014, tinha uma das maiores taxas de geração de REEE, cerca de 7 kg *per capita*, e poucos programas de gestão, permitindo que grande quantidade destes resíduos fosse descartada de forma incorreta (SOUZA et al., 2016).

Com elevadas taxas de geração, se faz necessário mudanças significativas na gestão dos REEE, bem como a criação de instrumentos reguladores e ações de educação ambiental para alcançar todos os agentes envolvidos na gestão. Além disso, a gestão dos REEE no Brasil se torna mais complexa devido à grande extensão do país e da grande população existente (BRASIL, 2010).

O município de Recife - PE, sem dúvidas, é um exemplo de grande concentração urbana (IBGE, 2022), em que se observa problemas na gestão dos REEE. Estima-se que cada morador de Recife produz em média 6,6 kg de REEE por ano e que o município gera em torno de 9.841t/ano, sendo a maior produção da Região Metropolitana do Recife (RMR) (PERNAMBUCO, 2018).

Em Recife não há nenhuma legislação específica para o gerenciamento dos REEE, contando apenas com as leis municipais nº 17.171/2005 que mostra a necessidade do licenciamento ambiental para os empreendimentos ou atividades consideradas causadoras ou com potencial de poluição, ou capazes de causar degradação ambiental (RECIFE, 2005); a nº 18.211 /2016 que estabelece infrações e sanções administrativas relativas a atividades lesivas ao meio ambiente e a nº 19.026/ 2022 que institui o Código de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Recife.

Contudo, o estado de Pernambuco instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos – PERS em 2010, que dispõe sobre as diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos no Estado de Pernambuco, bem como os seus princípios, objetivos, instrumentos de gestão, responsabilidades e instrumentos econômicos (PERNAMBUCO, 2010), a luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que foi instituída pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) e regulamentada pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro 2022 (BRASIL, 2022).

Tanto na PNRS quanto na PERS observa-se que a logística reversa e a economia circular são fundamentais para minimizar os impactos ambientais e otimizar o uso dos recursos naturais. Essas políticas evidenciam a necessidade de envolver os diversos atores da cadeia produtiva, desde fabricantes até consumidores, na responsabilidade compartilhada pela destinação final adequada dos resíduos. No entanto, a implementação desses instrumentos ainda enfrenta desafios. Assim, este estudo teve como objetivo analisar as práticas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Recife-PE, visando um diagnóstico prévio para propor sugestões de melhorias no processo de manejo existente.

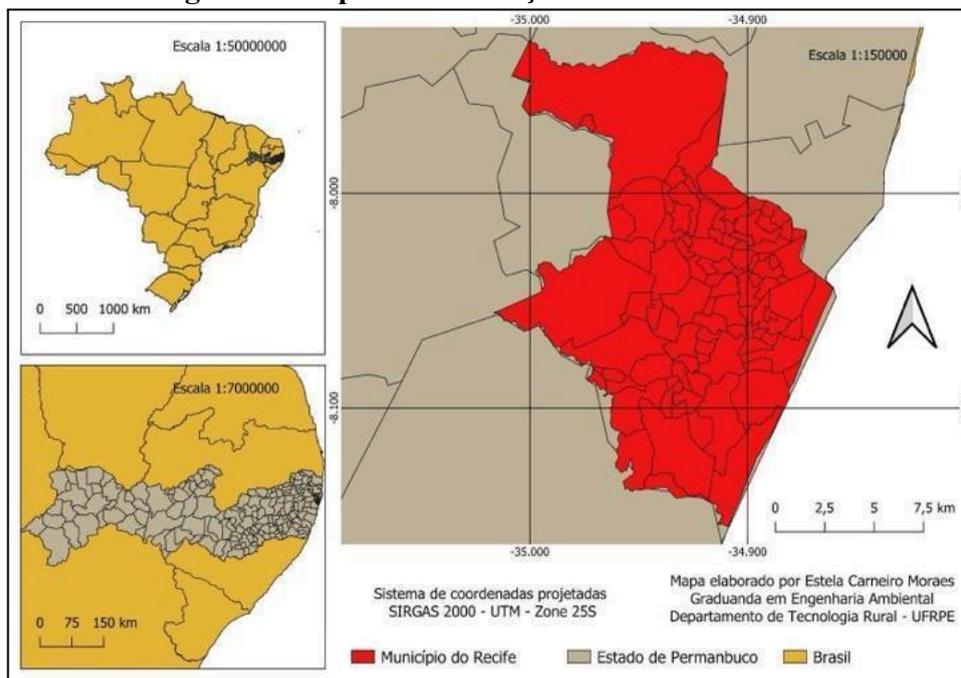
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A Metodologia teve como abordagem uma pesquisa exploratória em diretórios acadêmicos e institucionais, bem como atividades em campo, como visitas a empresas especializadas em logística reversa na cidade de Recife-PE.

Recife está situada no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil (Figura 1). É dividida em seis zonas, sendo elas: Centro, Norte, Nordeste, Oeste, Sudeste e Sul. O município possui uma área de aproximadamente 218,843 km<sup>2</sup> e está posicionado nas coordenadas de latitude 8° 04' 03" S e longitude 34° 55' 00" W (IBGE, 2022).

Com uma população de 1.488.920 habitantes, de acordo com o último censo do IBGE (2022), e uma projeção de 1.587.707, Recife é classificada com uma grande concentração urbana (IBGE, 2024). O crescimento desordenado da cidade, que não acompanhou adequadamente o aumento populacional, resultou em vários problemas ambientais ao longo dos anos. Entre esses problemas estão a acumulação de resíduos sólidos em canais de drenagem, rios e terrenos baldios, além de ocupação de áreas de risco.

**Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.**



**Fonte:** Autora (2024)

A metodologia da pesquisa foi dividida em duas etapas, sendo elas: diagnóstico e a proposição de melhorias.

#### Etapa 1 - Diagnóstico do gerenciamento atual de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Para a realização do diagnóstico da gestão de REEE em Recife, Pernambuco, foram realizadas atividades como: (i) identificação das práticas de gerenciamento em Recife-PE, (ii) levantamento das empresas que auxiliam a logística reversa, (iii) levantamento das tipologias de REEE coletadas pelas empresas e, (iv) espacialização dos dados coletados.

##### (i) Identificação das práticas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

O levantamento das práticas de gerenciamento de REEE na cidade de Recife-PE, foi realizado com foco na identificação das ações de sustentabilidade desenvolvidas e praticadas no município, voltadas para a temática dos REEE, por meio de pesquisas documentais exploratórias em diretórios acadêmicos e em fontes de instrumentos legais, assim como em portais da internet desenvolvidos por entidades públicas e organizações, destinados à conscientização e divulgação de informação acerca do tema.

## (ii) Levantamento das empresas gerenciadoras de REEE

O levantamento das empresas especializadas em logística reversa de REEE foi feito por meio de coleta de dados em sites oficiais do município, trabalhos acadêmicos e instrumentos legais. A partir dos dados levantados, utilizou-se do *software Google Maps*, para a identificação da localização e a área de abrangência das empresas, levando em consideração a delimitação da área de estudo, o município do Recife - PE. Posteriormente, coletou-se dados como telefone, endereço, redes sociais das empresas, o que possibilitou a elaboração de cronogramas para contato, rotas para visitas de observação de rotina e processos executados.

## (iii) Levantamento das tipologias de REEE coletados pelas empresas

O levantamento das tipologias de REEE coletados pelas empresas identificadas na etapa anterior, foi realizado nas visitas *in loco*, no ano de 2022. A classificação dos REEE foi feita com base nas categorias apresentadas pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) para os EEE: Linhas branca, azul, verde e marrom (ABDI, 2013). Após essa classificação, também foram levantados os destinos dos resíduos coletados pelas empresas consultadas.

## (iv) Aplicação de geotecnologias para elaboração de mapas temáticos

Para auxiliar na caracterização e na espacialização dos dados coletados, como a localização das empresas e tipologias de resíduos, entre outros, foram utilizados os *softwares Google Earth e o QGis 3.24.2*. Os mapas temáticos foram utilizados para auxiliar na elaboração das propostas de melhorias para o gerenciamento dos REEE na cidade de Recife-PE.

## Etapa 2 - Proposição de melhorias das práticas de gerenciamento de REEE

Com base nas pesquisas exploratórias sobre a temática e nos resultados da etapa anterior, foram propostas estratégias de melhoria para o gerenciamento de REEE na cidade de Recife-PE. As propostas versaram a sustentabilidade e aumento da eficiência das práticas já realizadas na cidade, tendo como base a legislação atual e a não depreciação do valor agregado ao resíduo.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Identificação das práticas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**

No Brasil, para que uma empresa possa fazer o gerenciamento dos REEE é necessário que sigam normas, em especial as Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) 16156 (ABNT, 2013) e NBR-IEC 62474 (ABNT, 2012), que regulamentam, respectivamente (i) os requisitos para atividade de manufatura reversa, considerando a aplicação do princípio da conservação da massa na contabilização dos REEE no processo de logística e reciclagem, visando identificar fluxos de massa, a fim de garantir sua rastreabilidade, e a necessidade de assegurar a segurança de dados, aplicando metodologias adequadas para apagar ou tornar

definitivamente ilegíveis as informações pessoais e corporativas contidas nos REEE (ABNT, 2013); (ii) e a declaração de materiais para produtos de empresas que operam e fornecem para a indústria eletroeletrônica, especificando o procedimento, conteúdo e forma. (ABNT, 2012).

Para a operação de uma empresa gerenciadora de REEE em Recife, um documento é essencial, a licença ambiental municipal. A secretaria de meio ambiente exigirá os seguintes estudos ambientais prévios: o Relatório Ambiental Simplificado (RAS), Estudo Técnico Ambiental (ETA), Relatório Ambiental Preliminar (RAP), Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e a Análise de Risco (RECIFE, 2022).

Após a execução e deferimento destes estudos, é necessária a emissão de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e por último a Licença de Operação (LO), que autoriza o início e funcionamento da atividade ou empreendimento (RECIFE, 2005). Na L.O. a empresa está enquadrada como gerenciadora e transportadora (se esse for o caso) de resíduos perigosos (Classe I), como são classificados os REEE.

Para o transporte dos resíduos é obrigatório, segundo a Portaria MMA nº 280/2020 (BRASIL, 2020), o cadastramento no Sistema MTR (Manifesto de transporte de resíduos) do SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos), assim como a exigência das empresas transportadoras, armazenadoras temporárias e destinadoras de portar o MTR durante o transporte e armazenamento, para comprovar a origem do resíduo e, posterior, encaminhamento do documento digital ao órgão estadual, no caso de Pernambuco, a CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente).

Caso a empresa transportadora transite entre estados brasileiros é necessária também a licença de transporte fornecida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) (BRASIL, 2012).

Em Recife não há uma legislação específica com diretrizes e sanções próprias para os resíduos provenientes de equipamentos eletroeletrônicos, contando apenas com lei referente ao Licenciamento Ambiental (RECIFE, 2005), na qual os resíduos eletroeletrônicos não são ao menos citados. Em alguns municípios é possível identificar uma legislação mais concisa sobre o tema. A exemplo, tem-se São Paulo-SP, cidade no sudoeste brasileiro, com sua Política Municipal de Resíduos Sólidos (PMRS), que traz a problemática dos REEE e aponta diretrizes para o gerenciamento dos mesmos (SÃO PAULO, 2021). Também existem iniciativas em cidades menores, como a exemplo o município de Fernandes Pinheiro, no interior do estado do Paraná, com população estimada de 6.255 pessoas (IBGE, 2023). Foi feito, antes mesmo da capital paulista, em 2017, uma PMRS estabelecendo diretrizes para os REEE e incentivo à criação de pontos de entrega voluntários (PEV) em instituições públicas do município (FERNANDES PINHEIRO, 2017).

Com base nisso, a principal legislação norteadora, atualmente, acaba sendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), para o tratamento do REEE como resíduo perigoso e de logística reversa obrigatória. Uma das práticas de gestão encontradas na literatura e executada em Recife é a coleta por meio de pontos de entrega voluntária (PEV), ecopontos com a intenção de facilitar o descarte correto por parte de pessoas com pequenas quantidades de resíduos, que são espalhados pela cidade a fim de facilitar seu acesso.

Durante a pesquisa exploratória no ano de 2022, foi observado um portal da prefeitura do Recife, intitulado ECORECIFE, site destinado a informações acerca do descarte de resíduos e sustentabilidade, no qual existiam ações de incentivo à coleta seletiva (semana municipal de lixo zero, entre outras), à conscientização da população, divulgação de ecopontos e contato de empresas que recebem esses resíduos. Porém, as informações apresentadas no referido portal estavam defasadas (ECORECIFE, s.d.) e atualmente o site se encontra desativado.

A partir dos dados disponibilizados pelas empresas gerenciadoras de REEE existentes e no site da prefeitura ECOPECIFE, foram identificados 66 PEV, e 6 empresas. Em visitas feitas aos ecopontos foi constatado que apenas 35 se enquadraram como em funcionamento, os demais foram descartados pois não compreendiam a área de pesquisa (Município de Recife-PE), não possuíam coletores ou não eram abertos ao público. Na Zona Sul, foram identificados 15 pontos de entrega voluntária (PEV); na Zona Nordeste, 10; na Zona Oeste, 3; na Zona Centro, 3; na Zona Norte, 2; e na Zona Sudoeste, 2. Em contato com as empresas de coleta de REEE, foi constatado que a maior parte dos PEV instalados na cidade, correspondendo a 94,4%, é proveniente da parceria entre as empresas gerenciadoras e a iniciativa privada, enquanto apenas 5,6% resultam de parcerias entre o setor público e o privado. Foi observado a depredação dos PEV, além de relatos de furtos de REEE depositados nos dispositivos de coleta em locais públicos. Isso ocorre devido ao valor agregado aos REEE, além da falta de segurança nestes locais, o que muitas vezes acarreta na desativação do ecoponto.

De acordo com Moraes et. al (2021), que também investigou a gestão de REEE em cidades brasileiras, mais especificamente do estado de São Paulo, a falta de regulamentação específica e a insuficiência de infraestrutura adequada são obstáculos comuns, assim como foi observado em Recife-PE.

Foi verificado, a partir de contato com os seus gestores, que as instituições públicas, Tribunais de Justiça, repartições municipais e estaduais, parques e praças, possuem liberdade de escolha de empresas gerenciadoras de REEE, dependendo apenas da decisão do gestor local e dos serviços ofertados pelas empresas. Na maioria das vezes, essas instituições passam a ser um PEV para a comunidade local e seus servidores (Figura 2), havendo preocupação com o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e boas práticas ambientais.

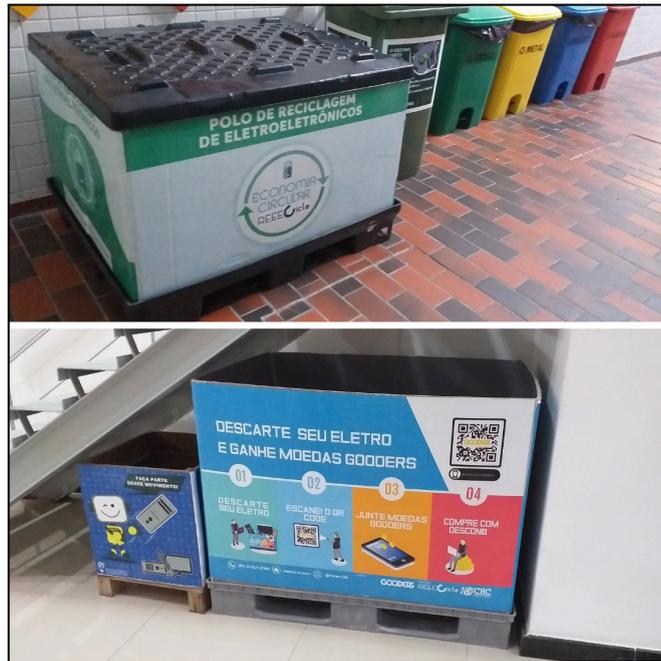
**Figura 2: PEV instituição pública**



Fonte: Autora (2024)

Em instituições particulares (empresas, escolas, igrejas e etc) foi constatado, por meio de visitas e entrevistas a colaboradores, que normalmente os coletores são instalados a partir da efetivação de parcerias com a gerenciadora, ou quando não existem coletores são agendadas coletas dos resíduos corporativos e de seus funcionários. Com exceção de pontos de venda de equipamentos eletroeletrônicos, que por obrigatoriedade (BRASIL, 2010) devem possuir coletores disponíveis ao público, para fomentar a logística reversa, e de algumas instituições de ensino, que disponibilizam ecopontos instalados em seu espaço físico para a comunidade acadêmica e população em geral (Figura 3).

**Figura 3: PEV instituição privada**



Fonte: Autora (2024)

### **Empresas Gerenciadoras de REEE e tipologias de REEE coletadas**

Com o levantamento prévio feito por meio de pesquisa em sites e redes sociais, foram identificadas 06 (seis) empresas que trabalham com o gerenciamento dos REEE na cidade de Recife, das quais foram visitadas 3 (Quadro 2), e 3 não disponibilizaram horário para visita (Quadro 3). Foi observado e diagnosticado que todas recebem as 4 classes de resíduos: linhas branca, marrom, verde e azul (ABDI, 2013), a depender apenas do ponto de coleta, por conta de sua localização e dimensões. A coleta é realizada por agendamento, sendo condicionada pela quantidade de resíduo a ser coletado e a distância entre a empresa e o solicitante. Devido a isso, para essa configuração de logística, frequentemente são coletados resíduos de condomínios e de empresas.

**Quadro 2: Caracterização das empresas gerenciadoras de REEE visitadas**

EMPRESA A			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Parceria com empresa do mesmo segmento	PEV espalhados pelo município	Faz o recondicionamento dos REEE e doa parte dos computadores recebidos e fornece cursos de formação na área.
EMPRESA B			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Não foram identificadas parcerias	Realiza a coleta de doações	Instituição sem fins lucrativos, capacita jovens em situação de vulnerabilidade social, possui bazar para venda dos equipamentos recondicionados
EMPRESA C			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Parceria com empresa de recondicionamento e doação de computadores	PEV e coleta <i>in loco</i>	Doa EEE para parceria social

Fonte: Autora (2024)

**Quadro 3: Caracterização das empresas gerenciadoras de REEE não visitadas**

EMPRESA D			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Parceria com Universidade	Trabalha com coleta e entrega voluntária	Startup especializada em condicionamento de eletroeletrônicos, especialmente computadores e doa a estudantes em vulnerabilidade social
EMPRESA E			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Parceria com ONG	PEV's espalhados pela cidade	Parceria com ONG que recebe recursos provenientes dos REEE coletados
EMPRESA F			
Tipologia Coletada	Parcerias	Pontos de coleta	Ações
Recebe todos os tipos de REEE	Parceria com distribuidora de energia elétrica	PEV's itinerantes	Instituição sem fins lucrativos, favorece descontos na conta de energia

Fonte: Autora (2024)

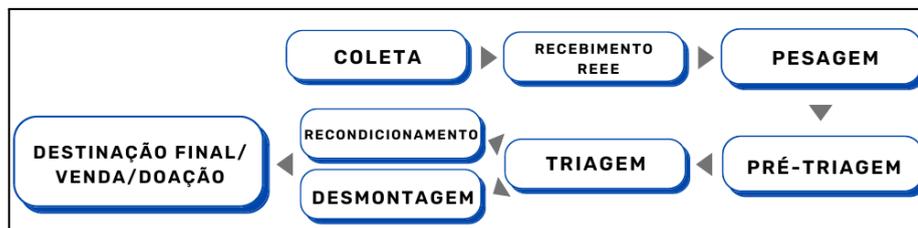
As empresas do setor de gerenciamento de REEE contam com algumas ações sociais. A maioria das empresas que faz o condicionamento de eletroeletrônicos ou que possui parceria com uma instituição para a doação de parte destes equipamentos, também oferece cursos de capacitação, especialmente aos jovens em situação de vulnerabilidade socioeconômica, para exercer atividades de manutenção destes equipamentos.

Há iniciativas de criação de espaços com este intuito, como por exemplo os Centros de condicionamento de computadores (CRC), presentes em várias cidades brasileiras, que são áreas destinadas ao condicionamento de equipamentos e a promoção de cursos e oficinas (BRASIL, 2022). Outro espaço identificado foi a Escola Luís Tenderi, que faz parte de uma rede mundial de organizações, contando com mais de 400 núcleos (EMAÚS INTERNACIONAL, s.d.), onde os alunos saem certificados e com experiência na área, além de noções de empreendedorismo e responsabilidade socioambiental.

Ainda inserido neste contexto social, durante a pandemia do COVID-19, houve um grande aumento na procura por computadores e demais equipamentos com conexão à internet por conta do novo formato de estudo e trabalho, essa maior demanda fez surgir a RECIIRA, (UFRPE, 2020), que tem como principal função auxiliar alunos em situação de vulnerabilidade digital.

A partir das visitas feitas a 3 empresas gerenciadoras foi possível mapear e identificar as fases de seus processos. A (Figura 4) apresenta um fluxograma geral que mostra a sequência de atividades adotadas pelas empresas.

**Figura 4: Fluxograma de processos das empresas gerenciadoras de REEE**



Fonte: Autora (2024)

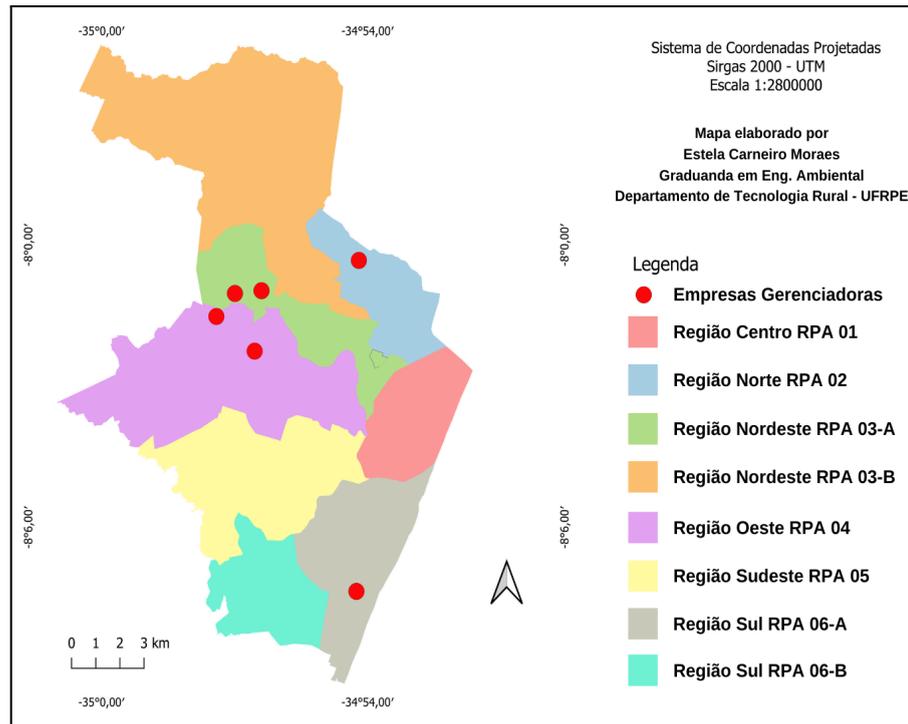
- Coleta: A coleta é feita *in loco*, domicílios ou instituições, a partir de solicitação prévia, periodicamente em ecopontos, pontos de entrega voluntária, predestinados para o descarte dos REEE, ou até mesmo a entrega voluntária à sede das empresas pelos doadores;
- Recebimento dos REEE: É feito a partir chegada destes resíduos nas instalações da gerenciadora;
- Pesagem: É feita a pesagem efetivamente dos resíduos coletados, ou apenas uma estimativa a partir do volume recebido, a depender da empresa e do montante recebido;
- Pré-triagem: A pré-triagem tem como principal função separar os resíduos a partir de suas tipologias: Linhas azul, marrom, verde e branca;
- Triagem: Separação entre materiais para desmontagem e passíveis de recondicionamento;
- Recondicionamento: Os equipamentos são recondicionados, em especial os da linha verde, computadores celulares e etc. Muitas vezes essa atividade serve de cursos para capacitação, em sua maioria, de jovens da cidade da região metropolitana.
- Desmontagem: Descaracterização do resíduo e separação por tipo de material visando a logística reversa.
- Destinação final: Por fim o material atende a uma das 3 finalidades: o material pode ser descaracterizado e vendido para empresas recicladoras; pode ser recondicionado e vendido para a cobertura dos custos operacionais, assim como da manutenção das ações sociais; e, pode ser recondicionado e doado para pessoas em vulnerabilidade social, visando a erradicação do analfabetismo digital.

### **Aplicação de geotecnologias no gerenciamento dos REEE**

A partir dos dados levantados e do georreferenciamento das empresas gerenciadoras de REEE, foi possível elaborar alguns mapas de caracterização (Figuras 5, 6, 7 e 8).

As empresas identificadas na cidade de Recife (Figura 5) estão situadas em diferentes regiões político-administrativas, uma se encontra na região Norte, duas na Nordeste, duas na Oeste e apenas uma na região Sul. Com base nesses dados e por informações fornecidas pelas empresas na visita *in loco* sobre pontos de coleta, foi possível observar que as regiões da cidade ainda não são atendidas de forma eficiente, sendo necessário investimentos na infraestrutura e políticas públicas que incentivem a manutenção e instalação de novos PEV e empresas.

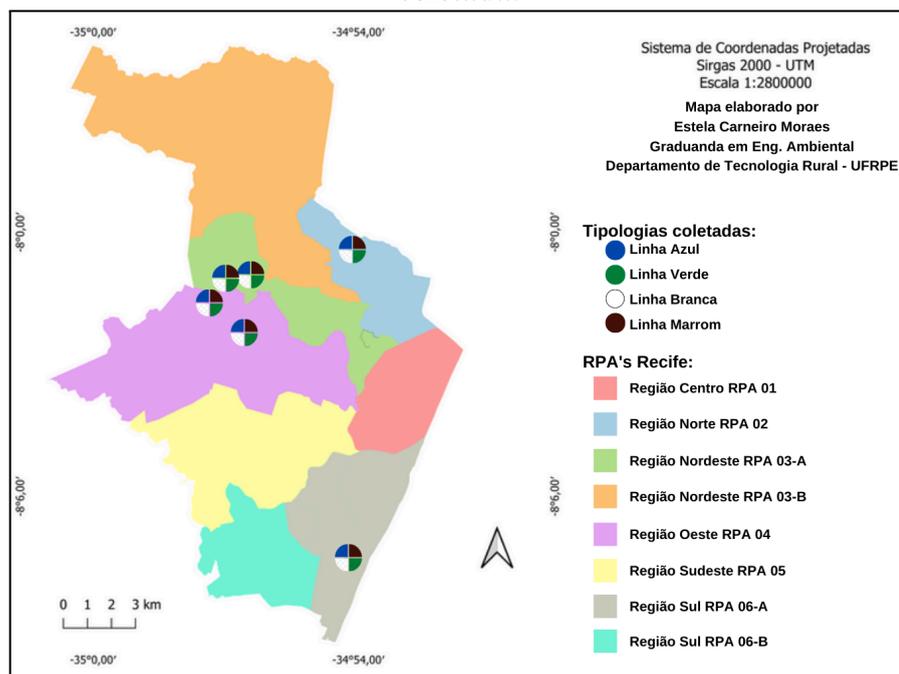
**Figura 5: Mapa de distribuição das empresas gerenciadoras de REEE**



Fonte: Autora (2024)

Com relação às tipologias coletadas (Figura 6), preconizadas pela ABDI (ABDI, 2013), todas as empresas coletam todas as categorias de REEE, linhas azul, verde, branca e marrom, porém com predominância da linha verde nos PEV públicos. Objetos maiores, especialmente linha branca, são normalmente coletados *in loco* ou enviados diretamente para a sede da empresa gerenciadora.

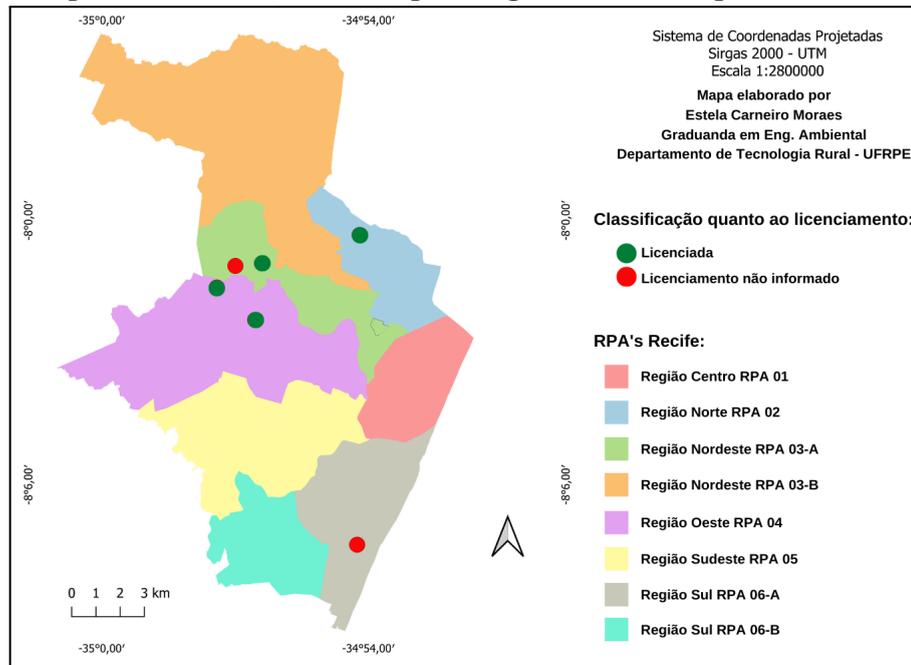
**Figura 6: Mapa de distribuição de Empresas gerenciadoras de REEE por tipologia coletada.**



Fonte: Autora (2024)

No âmbito legal (Figura 7), foi verificado se a empresa possuía as licenças de operação para o gerenciamento de resíduos perigosos (RECIFE, 2005), de transporte, quando há o transporte e coleta destes resíduos, e de destinação dos REEE. As empresas que possuem todos os documentos listados foram classificadas como “Licenciada”, em alguns casos não houve o acesso a estas informações e foi dada a classificação “licenciamento não informado” às mesmas.

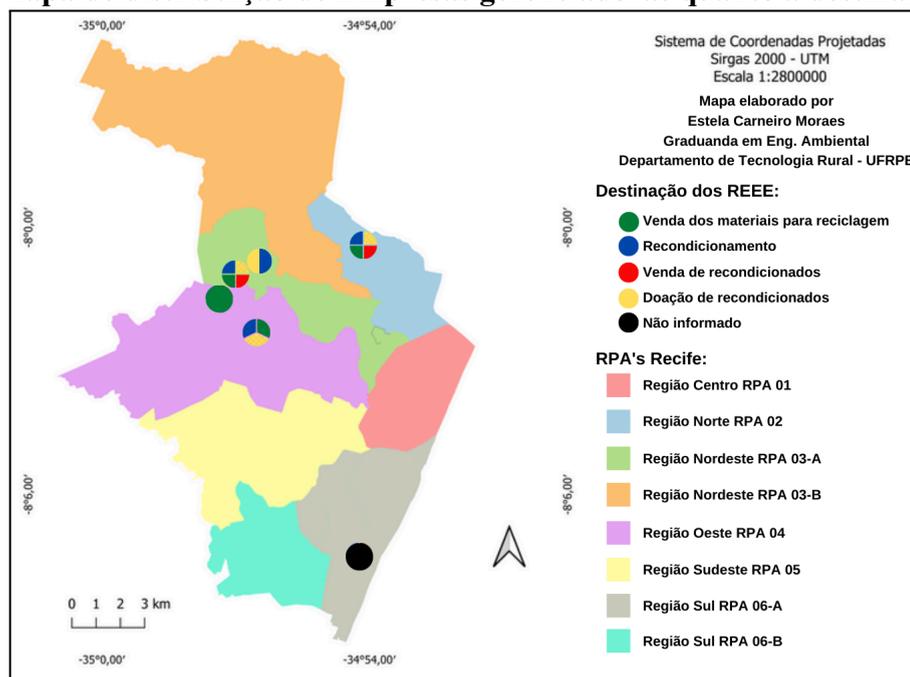
**Figura 7: Mapa de distribuição de Empresas gerenciadoras quanto ao licenciamento.**



Fonte: Autora (2024)

Em relação a destinação final dos resíduos (Figura 8), foi observado que a maioria das empresas listadas conta com mais de um tipo de destinação final. Cinco delas praticam a descaracterização por tipo de material (metais, plásticos, placas, entre outros) para o envio para a reciclagem. Também há a interação socioambiental do acondicionamento e doação desses equipamentos para pessoas em vulnerabilidade socioeconômica, além da venda dos acondicionados para manutenção da estrutura do local. Em apenas uma empresa não foi possível constatar a destinação empregada.

**Figura 8: Mapa de distribuição de Empresas gerenciadoras quanto à destinação final.**



Fonte: Autora (2024)

### **Proposição de melhorias das práticas de gerenciamento de REEE**

A atual gestão dos resíduos de equipamentos eletrônicos em Recife-PE se mostra ineficiente em algumas questões, como na participação do poder público, das instituições, da população e na proposição e divulgação de iniciativas. Necessitando de uma abordagem sustentável que integre soluções tecnológicas, políticas públicas e a participação ativa da sociedade, como previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Num contexto de viabilização de ações e políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável, é importante pensar em estratégias que promovam a educação ambiental, podendo ser aplicadas em instituições de ensino, como estabelece a lei Lei nº 9.795 (BRASIL, 1999), bem como por meio de campanhas de conscientização na comunidade. Em relação aos resíduos eletrônicos, isso significa promover o conhecimento sobre o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto, além de mostrar os possíveis destinos finais que podem ser praticados, valor agregado do resíduo, possibilidade de rentabilidade a partir dos resíduos e a promoção de uma conscientização acerca do consumismo desenfreado. Os quadros 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam as proposições de melhorias, fundamentais para a minimização e mitigação dos danos.

#### Quadro 4 – Proposições de melhorias - Fortalecimento da Logística Reversa

<b>Fortalecimento da Logística Reversa</b>	
Baseado na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e na Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERNAMBUCO, 2010)	
<b>Melhorias</b>	<b>Implementação</b>
Instalar mais pontos de coleta específicos para REEE em locais de grande circulação de pessoas, como shoppings, supermercados e escolas, facilitando a entrega de equipamentos obsoletos pela população;	De Médio Prazo
Fomentar a Manutenção e fiscalização dos PEV, evitando depredação e furtos dos equipamentos;	De curto prazo
Estabelecer parcerias com empresas de reciclagem e cooperativas, promovendo a destinação adequada dos resíduos coletados;	De curto prazo
Promover feiras de troca e doação de equipamentos eletrônicos usados como alternativa ao descarte imediato.	De curto prazo

Fonte: Autora (2024)

#### Quadro 5 – Proposições de melhorias - Ações de Educação Ambiental e Digital

<b>Ações de Educação Ambiental e Digital</b>	
Baseado na Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).	
<b>Melhorias</b>	<b>Implementação</b>
Introduzir o tema de REEE em currículos escolares e universitários, com foco em soluções tecnológicas sustentáveis e impacto ambiental;	De médio prazo
Criar Cartilha com informações e instruções a respeito dos REEE;	De curto prazo
Desenvolver campanhas educativas sobre a importância do descarte correto dos REEE, promovendo a conscientização em escolas e comunidades;	De médio Prazo
Treinar multiplicadores (Pessoas responsáveis por disseminar conhecimento e instruções: professores, estudantes, líderes comunitários, síndicos);	De médio prazo
Criar oficinas de reparo e reutilização de eletroeletrônicos em áreas públicas e privadas.	De médio prazo

Fonte: Autora (2024)

### Quadro 6 – Proposições de melhorias - Fomento à inovação

<b>Fomento à inovação</b>	
Baseado na Lei nº 11.196 (BRASIL, 2005), na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e na Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERNAMBUCO, 2010)	
<b>Melhorias</b>	<b>Implementação</b>
Criar programa de apoio a startups e iniciativas que desenvolvam soluções tecnológicas inovadoras para o tratamento de REEE;	De médio prazo
Incentivar empresas e startups que promovam a reutilização de componentes eletroeletrônicos em novos produtos.	De médio prazo

Fonte: Autora (2024)

### Quadro 7 – Proposições de melhorias - Manutenção de Portal com Dados relacionados aos REEE

<b>Manutenção de Portal com Dados relacionados aos REEE</b>	
Baseado na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).	
<b>Melhorias</b>	<b>Implementação</b>
Criar página municipal na internet com informações à respeito dos REEE, locais de coleta, destinação correta e parceiros envolvidos no processo de reciclagem;	De curto prazo
Divulgar iniciativas sustentáveis em prol dos REEE;	De curto prazo
Listar e divulgar ecopontos do município e empresas que façam o gerenciamento destes resíduos.	De médio prazo

Fonte: Autora (2024)

### Quadro 8 – Proposições de melhorias - Proposição de Projeto de Lei

<b>Proposição de Projeto de Lei</b>	
Baseado na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), na Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERNAMBUCO, 2010) e a Lei nº 11.196 (BRASIL, 2005)	
<b>Melhorias</b>	<b>Implementação</b>
Lei que estabeleça responsabilidades, diretrizes e prioridades a respeito dos REEE dentro da cidade do Recife-PE;	De médio prazo
Integrar com a Política Nacional de Resíduos Sólidos;	De médio prazo
Instituir incentivos fiscais para empresas que adotem práticas de gerenciamento sustentável e inovação tecnológica a partir dos REEE.	De médio prazo

Fonte: Autora (2024)

As proposições de melhoria no gerenciamento de REEE do município de Recife-PE foram baseadas nas necessidades encontradas no processo. As medidas mitigadoras serão aplicadas a partir da execução dos programas de ação sugeridos (Quadro 9). Esses foram fundamentados na necessidade de conscientização ambiental e na gestão participativa da população.

### Quadro 9 – Programas de ação

<b>Recife Tecnológica</b>  O programa Recife Tecnológica visa implementar um sistema de gerenciamento sustentável e eficiente para os REEE, promovendo a coleta adequada, reciclagem e reutilização desses materiais, além de criar mecanismos de desenvolvimento tecnológico no município.
<b>Recife Circular</b>  O programa Recife Circular objetiva estimular a economia circular por meio da reciclagem e reutilização de equipamentos eletroeletrônicos descartados, reduzindo a necessidade de novas matérias-primas e minimizando os impactos ambientais.
<b>Recife Sustentável</b>  O programa Recife Sustentável objetiva reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos eletroeletrônicos e promover práticas de sustentabilidade ambiental, assegurando que o município de Recife siga uma trajetória de desenvolvimento sustentável.
<b>Recife Consciente</b>  O programa Recife Consciente objetiva incentivar a participação da população na coleta seletiva e no descarte correto de resíduos eletroeletrônicos, além de aumentar a fiscalização sobre o manejo adequado dos REEE por empresas e entidades responsáveis.

Fonte: Autora (2024)

A adoção dos programas de ação descritos (Quadro 9) é de extrema importância para garantir uma gestão eficiente e sustentável dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no município de Recife. O "Recife Tecnológica" busca implementar um sistema moderno que promova a coleta, reciclagem e reutilização desses materiais, incentivando o desenvolvimento tecnológico local. Já o "Recife Circular" foca na economia circular, essencial para reduzir a extração de novas matérias-primas e minimizar os impactos ambientais.

O "Recife Sustentável" complementa esses esforços ao priorizar práticas de sustentabilidade, alinhando a cidade a uma trajetória de desenvolvimento ambientalmente responsável. Por fim, o "Recife Consciente" reforça a necessidade de engajar a população no descarte correto e ampliar a fiscalização sobre o manejo dos REEE, assegurando que empresas e entidades sigam as normas ambientais. A integração desses programas é vital para transformar Recife em um exemplo de cidade sustentável, com práticas inovadoras e participação ativa da sociedade.

#### 4. CONCLUSÃO

Foi possível perceber que em Recife-PE há atividades que permitem a prática da logística reversa dos REEE, mas que precisam de aperfeiçoamento e ampliação das áreas atendidas. Há apenas seis empresas que trabalham no setor, porém algumas enfrentam problemas relacionados ao licenciamento e à gestão adequada dos resíduos coletados. Além disso, a distribuição dos pontos de entrega voluntária (PEV) ainda é limitada, o que dificulta o acesso da população a esses serviços.

Quando se trata do arcabouço legal sobre os REEE a nível municipal, Recife apresenta-se aquém de outras cidades brasileiras, como São Paulo-SP e Fernandes Pinheiro-PR, ficando restrita a seguir os instrumentos estaduais e nacionais, sem diretrizes específicas e atualizadas para a cidade.

Também foi observado que existe a necessidade de melhorias significativas no gerenciamento dos REEE, como a ampliação da atuação pública nesse setor, especialmente no que tange à fiscalização, monitoramento e transparência na divulgação dos dados relacionados aos resíduos. A promoção da educação ambiental é outro ponto crucial, uma vez que a conscientização da população sobre o descarte adequado e o impacto ambiental dos REEE ainda é insuficiente. A implementação de programas de educação, tanto nas escolas quanto nas comunidades, é essencial para aumentar o envolvimento social.

A realização de parcerias público-privadas é uma estratégia que pode impulsionar a inovação e o desenvolvimento de soluções tecnológicas, como a criação de um portal municipal sobre REEE, o incentivo ao fortalecimento da logística reversa com a ampliação dos pontos de coleta em locais estratégicos e a oferta de programas de apoio a startups que desenvolvam tecnologias voltadas para o tratamento e a reutilização de componentes eletroeletrônicos.

#### REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 16156:2013 Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa**. São Paulo, ABNT, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR IEC 62474 - Declaração de material para equipamentos eletroeletrônicos**. São Paulo: ABNT, 2012

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Logística Reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica e econômica**. Brasília: ABDI, 2013.

BALDÉ, C.P., FORTI V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN,P. **The Global E-waste Monitor – 2017**, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. 2017.

BALDÉ, C.P.; KUEHR, R.; YAMAMOTO, T.; MCDONALD, R.; D'ANGELO, E.; ALTHAF, S.; BEL, G.; DEUBZER, O.; FERNANDEZ-CUBILLO, E.; FORTI, V.; GRAY, V.; HERAT, S.; HONDA, S.; IATTONI, G.; KHETRIWAL, S.D; Di CORTEMIGLIA, V. L.; LOBUNTSOVA, Y.; NNOROM, I.; PRALAT, N.; WAGNER, M.. **Global E-waste Monitor 2024** (2024). International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). Geneva/Bonn. 2024.

BARÃO JUNIOR, G. A.; SOARES, N. M. **OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA: produtos com hora marcada para morrer**. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 648–660, 2020. DOI: 10.31510/inf.v17i1.784.

BRASIL. **Decreto 10.240** de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1 - 13/2/2020, Página 1.

BRASIL, **Decreto nº 10.936**, de 12 de janeiro de 2022, que Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Edição Extra de 12/01/2022 - nº 8-A, pág 2, col. 1.

BRASIL. **Instrução Normativa Ibama nº 05, de 9 de maio de 2012**. Dispõe sobre o cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais e o cadastro técnico federal de instrumentos de defesa ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 10 maio 2012 - n. 89, pág. 94-96.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, de 28/04/1999, pág. nº 1.

BRASIL. **Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005**. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica; altera o Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, o Decreto nº 70.235, de 6 de março de 1972, o Decreto-Lei nº 2.287, de 23 de julho de 1986, as Leis nºs 4.502, de 30 de novembro de 1964, 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.245, de 18 de outubro de 1991, 8.387, de 30 de dezembro de 1991, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995,

8.987, de 13 de fevereiro de 1995, 8.989, de 24 de fevereiro de 1995, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 9.250, de 26 de dezembro de 1995, 9.311, de 24 de outubro de 1996, 9.317, de 5 de dezembro de 1996, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 9.718, de 27 de novembro de 1998, 10.336, de 19 de dezembro de 2001, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.485, de 3 de julho de 2002, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 11.051, de 29 de dezembro de 2004, 11.053, de 29 de dezembro de 2004, 11.101, de 9 de fevereiro de 2005, 11.128, de 28 de junho de 2005, e a Medida Provisória nº 2.199-14, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei nº 8.661, de 2 de junho de 1993, e dispositivos das Leis nºs 8.668, de 25 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, e da Medida Provisória nº 2.158-35, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22/11/2005, pág. nº 1.

BRASIL, **Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF 03/08/2010 - pág. 3, col. 1.

CAETANO, M. O., LEON, L. G. DE., PADILHA, D. W., & GOMES, L. P. **Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE)**. Gestão & Produção, 26(2). 2019. DOI: dx.doi.org/10.1590/0104-530x3018-19.

EMAÚS INTERNACIONAL. **Quiénes Somos**. Emaús Internacional. s.d. Disponível em: <https://www.emmaus-international.org/es/>. Acesso em: 5 set. 2024.

FORTI, V., BALDÉ, C.P., KUEHR, R., BEL, G. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows, and the circular economy potential**. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted by the SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU), & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/ Rotterdam. 2020.

FRANCO, A. S.; MOREIRA, C. S.; NASCIMENTO, V. Xavier; MIRANDA, Paulo Rogério Barbosa de; CABRAL, Adriane Borges. **Danos causados à saúde humana pelos metais tóxicos presentes no lixo eletrônico**. Diversitas Journal, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 2025–2039, 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i2-1626.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 15 set. 2024.

LIMA, F. R.; GOMES, R. **Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica**. Revista Brasileira de Inovação, v. 19, p. 1-31, e0200023, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8658766>

MORAES, C. S. B.; MARTIRES, G.; BONARETTO, C.; CAMPOS, M.; ANSANELLI, S.; OLIVEIRA, J.; MAIA, J.; BARBOSA, M.. **Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em municípios do Estado de São Paulo: caracterização e propostas de diretrizes.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, p. 109842-109871, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n11-557.

PERNAMBUCO. **Lei Nº 14. 236, de 13 de Dezembro de 2010** - Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, PE, 14/12/2010, pág. 7, col. 2.

PERNAMBUCO. **Plano de Resíduos Sólidos, Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco.** Recife, Secretaria das Cidades, 2018, 2ª edição, 108 p.

RECIFE. **Decreto nº 35.608, de 5 de maio de 2022.** Regulamenta o licenciamento ambiental no âmbito do município do Recife, define procedimentos para análise das licenças e autorizações, e revoga o Decreto nº 24.540, de 2009. Diário Oficial do Recife, Recife, PE, 05/05 / 2022, pág. 5, col. 2.

RECIFE. **Lei Nº 17.171, de 30 de Dezembro de 2005.** Altera dispositivos da lei municipal nº 16.243, de 13 de setembro de 1996, que dispõe sobre o código do meio ambiente e do equilíbrio ecológico da cidade do Recife, da lei municipal nº 17.071, de 30 de dezembro de 2004, que institui a taxa de licenciamento ambiental municipal, e dá outras providências. Diário Oficial da Prefeitura do Recife, Recife, PE, 31/12/2005, pág. 1.

SILVA, M. B. O. **Obsolescência programada e teoria do decrescimento versus direito ao desenvolvimento e ao consumo (sustentáveis).** *Veredas do direito – direito ambiental e desenvolvimento sustentável*, 9 (17), 181-196. 2012. DOI: 10.18623/rvd.v9i17.252.

SOUZA, R.G.; CLÍMACO, J.C.N.; SANTANNA, A.P.; ROCHA, T.; VALLE, R.; QUELLHAS, O. **Sustainability assessment and prioritization of e-waste management options in Brazil.** *Waste Manag* 57:46–56. 2016. Doi: 10.1016/j.wasman.2016.01.034

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente ao Prof. Dr. Francisco das Chagas da Costa Filho, meu orientador, por todo o apoio, orientação e dedicação durante a realização deste projeto. Suas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Também gostaria de expressar minha gratidão aos membros do Centro de Construções e Tecnologias Ambientais (CETA), em especial às Mestras Janielly Mantovani Cravo e Amanda Simões Cristino Campos, pelo auxílio técnico, orientação, sugestões e constante incentivo ao longo desta jornada.