



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ÍISIS COSTA PEREIRA DO NASCIMENTO

**GEOLOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA PARA
MATERIAIS RECICLÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA BAIRROS DE BELÉM – PA.**

BELÉM – PA

2025

ÍISIS COSTA PEREIRA DO NASCIMENTO

**GEOLOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA PARA
MATERIAIS RECICLÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA BAIROS DE BELÉM – PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Guamá, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora(a): Profa. Dra. Risete Maria Queiroz Leão Braga.

BELÉM - PA

2025

**GEOLOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA PARA
MATERIAIS RECICLÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA BAIRROS DE BELÉM – PA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador(a): Profª. Dra. Risete Maria Queiroz Leão Braga.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito:

Banca Examinadora:

Profª Dra. Risete Maria Queiroz Leão Braga - Orientadora (UFPA)

Profª. Dra. Aline Christian Pimentel Almeida – UFPA

Eng. Msc. Marcello Ádamis Andrade - UFPA

RESUMO

O acelerado aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) representa um dos mais críticos e urgentes desafios para a sustentabilidade das cidades, pressionando diretamente os sistemas de gestão pública e exigindo a implementação de soluções integradas, eficazes e ambientalmente responsáveis. A coleta seletiva, nesse cenário, é essencial para reduzir o volume de resíduos recicláveis destinados a aterros sanitários, sendo os Pontos de Entrega Voluntária (PEV) instrumentos estratégicos para facilitar a segregação e o descarte adequado desses materiais pela população. Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para a definição de locais adequados para a instalação de PEV nos bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal, em Belém – PA. A pesquisa utilizou ferramentas de geoprocessamento, como o software ArcGIS e o programa Google Earth, para criar círculos de abrangência com raios de 300, 400 e 500 metros, permitindo analisar a eficiência espacial em cada cenário. O estudo foi fundamentado em dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), de legislações específicas sobre RSU no Brasil, de informações da Prefeitura Municipal de Belém, além de levantamentos de campo realizados pela autora para identificar a presença ou não da distribuição atual dos PEV. Os resultados apontaram que o raio de abrangência de 400 metros proporcionou o melhor equilíbrio entre cobertura territorial e viabilidade funcional, garantindo maior alcance e reduzindo as áreas não atendidas (Reduto 31,68%, Telégrafo 21,57% e Umarizal 24,21%), visto que o raio de 400 m se mostrou mais eficiente por ampliar a cobertura territorial em relação a 300 m e 500 m. Nessa metodologia, foram gerados 10 pontos estratégicos para a localização dos PEV, permitindo uma cobertura eficiente e melhor distribuição dos equipamentos de coleta seletiva no território dos bairros analisados. A pesquisa gera contribuições valiosas para o planejamento urbano e a criação de políticas públicas voltadas à melhoria da gestão de resíduos sólidos em Belém. A relevância deste estudo está na identificação da insuficiência de PEV em bairros centrais e populosos, o que reforça a necessidade de ampliar e redistribuir essas estruturas, contribuindo para a construção de um sistema de coleta seletiva mais eficiente, acessível e sustentável para a cidade.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos; materiais recicláveis; sistema de informação geográfica; coleta seletiva; pontos de entrega voluntária

ABSTRACT

The accelerated increase in municipal solid waste (MSW) generation represents one of the most critical and urgent challenges for urban sustainability, directly pressuring public management systems and demanding integrated, effective, and environmentally responsible solutions. Selective collection is essential in this context to reduce the volume of recyclable waste sent to landfills, with Voluntary Drop-Off Points (PEVs) serving as strategic instruments to facilitate proper segregation and disposal by the population. This study aims to propose a methodology for defining suitable locations for PEV installation in the neighborhoods of Reduto, Telégrafo, and Umarizal, in Belém – PA. Geoprocessing tools, such as ArcGIS and Google Earth, were used to create coverage circles with radii of 300, 400, and 500 meters, allowing for the analysis of spatial efficiency in each scenario. The study was based on official data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the National Sanitation Information System (SNIS), the Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies (ABRELPE), specific Brazilian legislation on MSW, information from the Municipal Government of Belém, as well as field surveys conducted by the author. The results indicated that a 400-meter radius provided the best balance between territorial coverage and functional viability, ensuring greater reach and reducing uncovered areas (Reduto 31.68%, Telégrafo 21.57%, and Umarizal 24.21%). Based on this methodology, 10 strategic points were generated for PEV allocation, allowing for efficient coverage and improved distribution of selective collection infrastructure in the analyzed neighborhoods. The research provides valuable contributions to urban planning and the development of public policies aimed at improving MSW management in Belém. Its relevance lies in identifying the insufficient number of PEVs in central and densely populated neighborhoods, reinforcing the need to expand and redistribute these structures, thereby contributing to the construction of a more efficient, accessible, and sustainable selective collection system for the city.

Keywords: urban solid waste; recyclable materials; geographic information system; selective collection; drop-off points.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Padronização de cores - CONAMA nº 275.	19
Figura 2. Modelos de coleta seletiva adotados em Belém.	21
Figura 3. Miniestações de coleta seletiva.....	23
Figura 4. Contêiner verde – materiais recicláveis misturados.....	25
Figura 5. Mapa de localização de Belém e dos bairros estudados.....	29
Figura 6. Localização dos bairros escolhidos para o estudo.	31
Figura 7. Etapas e fases metodológicas.....	32
Figura 8. Ecoponto Porto Futuro - Reduto.....	32
Figura 9. Raio de abrangência de 300 metros para o Ecoponto Porto Futuro.	33
Figura 10. Quadrantes criados nas áreas do estudo.....	34
Figura 11. Posicionamento dos círculos nos quadrantes.....	34
Figura 12. Logradouro da localização do ponto 1 do círculo de cobertura de 300 metros.....	37
Figura 32. Modelo do fornecedor TNA Plast	39
Figura 33. Modelo do fornecedor Valle dos Plásticos.....	39
Figura 13. Posições encontradas no raio de abrangência de 300 metros.....	41
Figura 14. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.....	42
Figura 15. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.....	42
Figura 16. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.....	43
Figura 17. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.....	45
Figura 18. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.....	45
Figura 19. Posições encontradas no raio de abrangência de 400 metros.....	46
Figura 20. Localização dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.....	48
Figura 22. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.....	49
Figura 23. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.....	49
Figura 24. Posições encontradas no raio de abrangência de 500 metros.....	50
Figura 25. Localização dos pontos no raio de abrangência de 500 metros.....	51
Figura 26. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 500 metros.....	52
Figura 27. Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares.....	53
Figura 28. Composição gravimétrica de materiais recicláveis.....	54
Figura 29. Mapa de áreas não atendidas – 300 metros.....	57
Figura 30. Mapa de áreas não atendidas – 400 metros.....	58
Figura 31. Mapa de áreas não atendidas – 500 metros.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Posição de Belém em relação as capitais que mais reciclam no país.....	29
Tabela 2. Informações geográficas sobre os bairros estudados.....	30
Tabela 3. Dados geográficos dos PEV (raio de abrangência de 300 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.....	43
Tabela 4. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 300 metros.....	45
Tabela 5. Dados geográficos dos PEV (raio de abrangência de 400 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.....	46
Tabela 6. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 400 metros.....	49
Tabela 7. Dados geográficos dos PEV (raio de abrangência de 500 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.....	50
Tabela 8. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 500 metros.....	51
Tabela 9. Informações sobre os pontos analisados.....	52
Tabela 10. Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de Belém.....	52
Tabela 11. Componentes encontrados e quantidade recuperada de resíduos recicláveis.....	53
Tabela 12. Informações sobre a quantidade de RSU gerada por bairro.....	54
Tabela 13. Informações sobre a capacidade diárias dos PEV.....	54
Tabela 14. Informações sobre Demanda dos PEV.....	55
Tabela 15. Informações sobre o volume disponível semanalmente nos PEV.....	56
Tabela 16. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 300 metros.....	57
Tabela 17. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 400 metros.....	58
Tabela 18. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 500 metros.....	59
Tabela 19. Valores de mercado encontrados para os PEV.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Localização das miniestações de coleta seletiva – 3 cores (amarelo, vermelho e azul).....	22
Quadro 2. Localização dos contêineres verdes – material reciclável misturado.....	23
Quadro 3. Dados sobre a realocação dos pontos criados.....	35

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos Específicos	12
3.	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	12
3.1	Principais Legislações sobre Resíduos Sólidos	13
3.2	Resíduos Domiciliares e Materiais Recicláveis	15
3.3	Coleta Seletiva	15
3.4	Cenário Atualizado	23
3.5	Pontos de Entrega Voluntária (PEV)	23
4.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL	25
5.	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	26
6.	METODOLOGIA	27
6.1	Área de Estudo	27
6.1.1	Caracterização dos Bairros	29
6.2	Etapas Metodológicas	30
1ª	Etapa – Análise Espacial da Distribuição atual de PEV na Área de Estudo	30
2ª	Etapa – Realocação de Pontos Considerados Inviáveis para a Instalação dos PEV	35
3ª	Etapa – Capacidade dos PEV	36
4ª	Etapa - Estimativa de Custos para os PEV Propostos	37
5ª	Etapa – Identificação das Áreas Não Atendidas para Cada Raio de Abrangência	38
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
7.1.1-	Raio de Cobertura de 300 Metros	39
7.1.1.1	Realocação dos PEV	43
7.1.2	Raio de Cobertura de 400 Metros	44
7.1.2.1	Realocação dos PEV	47
7.1.3	Raio de Cobertura de 500 Metros	48
7.1.3.1	Realocação dos PEV	50
8.	CAPACIDADE DOS CONTÊINERES PARA OS PEV	51
8.1	Capacidade Necessária do PEV	53
9.	ANÁLISE DOS RAIOS DE COBERTURA	55
9.2	Análise das Deficiências e Eficiência da Cobertura	59
10.	ESTIMATIVA DE CUSTOS COM BASE NA MELHOR METODOLOGIA	59
11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios para a sociedade atual é o crescimento exponencial da geração de RSU no mundo. O aumento populacional, explosão do consumismo, mudanças nos padrões de consumo, atrelados a inadequada gestão de RSU acentuam o surgimento de impactos ambientais, assim, colaborando para a degradação dos ecossistemas, causando riscos à biodiversidade e prejuízos à saúde pública (SANTOS *et al.*, 2021).

O descarte irregular de RSU pode ocasionar a contaminação do solo e dos recursos hídricos, a proliferação de vetores de doenças e a intensificação das emissões de gases do efeito estufa, tornando essencial a adoção de políticas públicas eficientes para a sua gestão (EVANGELISTA *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2022).

No Brasil, a geração de RSU tem crescido em quantidades alarmantes, atingindo aproximadamente 82,5 milhões de toneladas ao ano, o índice de coleta no país é de cerca de 92% nas áreas urbanas. Apesar disso, somente 4% dos resíduos coletados são reciclados, fato que evidencia a necessidade de ampliação da infraestrutura de coleta seletiva e incrementos no incentivo a participação da sociedade nesse processo (SILVA *et al.*, 2020).

A gestão inadequada de RSU é um problema crescente nos grandes municípios brasileiros, causando danos à saúde pública e impactos ambientais (ALMEIDA *et al.*, 2022). Em Belém, no Pará, a rápida expansão urbana e o crescimento populacional têm ampliado os desafios da coleta seletiva, revelando a necessidade da execução de estratégias eficazes para o descarte ambientalmente adequado, e reaproveitamento de materiais recicláveis (FERNANDES *et al.*, 2021). Os problemas relacionados ao descarte inadequado de RSU no município são constantes, visto que sua gestão e gerenciamento são considerados insatisfatórios. Um grande exemplo disso, é a coleta seletiva da cidade, que atende apenas uma pequena parcela da população (FREIRE, 2010). A crescente urbanização na cidade tem elevado a geração de RSU, reforçando as lacunas referentes a sua gestão.

Nesse contexto, a coleta seletiva surge como uma alternativa sustentável, promovendo a redução da quantidade de resíduos sólidos destinados aos aterros sanitários e incentivando a reciclagem. Entre as estratégias utilizadas para otimizar esse processo, os PEV desempenham um papel fundamental ao facilitar a segregação dos resíduos recicláveis e o encaminhamento para a destinação ambientalmente adequada (ALVES e VIANA, 2023).

Um fator importante na efetividade desse sistema é a localização dos PEV, a fim de garantir acessibilidade e adesão por parte da população. Diversas pesquisas apontam que a distribuição geográfica dos PEV é um fator crucial para sua eficiência, uma vez que a

acessibilidade e localização influenciam diretamente na participação da comunidade (CUNHA *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2021).

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem se destacado como um importante instrumento para determinação da localização dos PEV e para a realização de análises espaciais que otimizem a gestão dos RSU (FERNANDES *et al.*, 2021). O SIG possibilita a integração de diversas variáveis, como densidade populacional, análise da infraestrutura urbana e acessibilidade, permitindo a definição de áreas prioritárias para a instalação dos PEV e garantindo uma distribuição eficiente dos equipamentos de coleta seletiva (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Assim, os PEV representam uma solução importante para a gestão de RSU, proporcionando locais acessíveis para o descarte correto de materiais recicláveis. Estudos demonstram que a distribuição aleatória dos PEV pode diminuir sua efetividade, prejudicando o acesso da população e comprometendo a adesão ao sistema de coleta seletiva (SILVA & LIMA, 2020; FERREIRA & PEREIRA, 2022).

Na cidade de Belém, especialmente nos bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal, a insuficiência de PEV agrava o problema do descarte inadequado de RSU, aumentando a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários (SILVA *et al.*, 2021). Além disso, a ausência de estratégias de planejamento para a implementação desses pontos compromete a eficiência do sistema, sendo necessária uma abordagem metodológica para a definição de locais adequados (SOUZA *et al.*, 2020).

Portanto, a presente pesquisa visa propor uma abordagem metodológica que considere variáveis como a infraestrutura local, geração de resíduos e a acessibilidade por parte da comunidade. A definição de critérios para a localização dos PEV contribuirá para a otimização da coleta seletiva e para o aumento da participação das pessoas, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos RSU na cidade de Belém (FERNANDES *et al.*, 2021).

A relevância do estudo consiste na possibilidade de gerar dados e informações úteis para a elaboração de políticas públicas mais eficazes, ao indicar o PEV como um instrumento estratégico de apoio à coleta seletiva. Embora não seja a única solução, sua correta implementação pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de vida da população, integrando-se a outras ações voltadas à gestão adequada e mais eficiente dos RSU.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Propor uma metodologia para a definição de locais ideais para a instalação de equipamentos de coleta seletiva de materiais recicláveis (PEV) para os bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal em Belém-PA.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados populacionais e geração de RSU dos bairros estudados;
- Dimensionar a capacidade dos PEV;
- Propor localizações adequadas para a instalação dos equipamentos;
- Analisar a viabilidade das localizações;
- Realizar estimativa de custos e equipamentos necessários.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Ao longo das décadas, a geração de RSU no Brasil e no mundo tem crescido desenfreadamente. Fato que foi impulsionado pelo crescimento acelerado da população nos grandes centros urbanos, a urbanização, desenvolvimento industrial e tecnológico, além do surgimento de novos padrões de consumo. Assim, um dos principais desafios enfrentados atualmente por gestores de todo o mundo tem sido a escolha assertiva de práticas e técnicas que proporcionem a gestão sustentável dos RSU (CAIBRE, 2016).

De acordo com dados disponíveis no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022) e no Panorama dos Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2021) foram geradas 81,8 milhões de toneladas de RSU no Brasil, o que corresponde a aproximadamente 381 kg/habitante/ano. Destes, somente 76,1 milhões dos RSU foram coletados, ou seja, a cobertura de coleta no país é de 93% e cerca de 85,3% dos municípios não são atendidos com coleta seletiva porta a porta.

Dentro deste contexto, cabe destacar que os RSU englobam resíduos domiciliares (originários de atividades domésticas em residências urbanas) e os resíduos de limpeza urbana (originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana) (BRASIL, 2010).

Em relação à caracterização e composição dos RSU gerados em nível nacional, observa-se que o principal componente recuperado é a matéria orgânica, que engloba restos de alimentos e biomassa florestal, sendo 45,30% do total de RSU coletados. No que diz respeito aos resíduos recicláveis secos, todos os componentes encontrados representam 33,6% do total de resíduos recolhidos, tendo sua composição formada por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidros (2,7%), metais (2,30%) e embalagens multicamadas (1,40%) (BRASIL, 2022).

Apesar dos avanços no que se refere ao acesso de serviços de coleta de RSU por parte da população, ainda existem regiões que possuem índices de cobertura inferiores ao valor da média nacional. A região Norte é um exemplo desta disparidade, possuindo apenas 82,8% da sua população atendida com os serviços de coleta regular de RSU. Sobre as iniciativas de coleta seletiva no Norte, os percentuais são ainda menores, onde apenas 2% dos municípios possuem oferta de serviços de coleta de materiais recicláveis (ABRELPE, 2022).

Já na cidade de Belém, objeto deste estudo, os valores dos índices de coleta seletiva e recuperação de resíduos recicláveis encontrados são considerados atrasados e reduzidos, em comparação a média nacional e até mesmo, de outras regiões do país.

Schneider *et al.* (2011) apontam que a compreensão das características quantitativas e qualitativas dos RSU é extremamente importante, visto que tais informações permitem que se encontre o tipo de tratamento ideal para a quantidade e para a classificação de cada resíduo gerado. Ademais, por meio do conhecimento das características e propriedades dos RSU pode-se elaborar estratégias para a criação de políticas públicas que possibilitem a sua destinação e disposição correta, dentro das diretrizes propostas pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Segundo a NBR 10.007 (2004), a gravimetria é uma das principais técnicas usadas para a caracterização de RSU. O método consiste na identificação e segregação de todos os componentes encontrados numa determinada amostra, averiguando suas quantidades individuais em relação ao peso total do montante analisado (ABNT, 2004).

A NBR 10.004 (2004) trata sobre a classificação dos resíduos sólidos, que são divididos em perigosos e não perigosos. Os resíduos perigosos pertencem a Classe I e apresentam características como a corrosividade, inflamabilidade, patogenicidade, reatividade e toxicidade. Já os resíduos não perigosos correspondem a classe II e possuem características como a biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.

3.1 Principais Legislações sobre Resíduos Sólidos

De acordo com a Constituição Federal de 1988, no seu artigo 23, inciso VI, “é competência da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (BRASIL, 1988).

No capítulo VI, do artigo 225 da CF/88 há a afirmação de que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Assim, cabe ao Estado o planejamento e a execução de políticas públicas que procurem promover a preservação ambiental, garantindo o meio ambiente ecologicamente equilibrado, que é fundamental para a melhoria e manutenção da qualidade de vida da população.

No Brasil existem legislações específicas que visam a redução dos impactos ambientais e a atenuação dos prejuízos causados à saúde pública provocados pela ineficiência na gestão e no gerenciamento de RSU.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e surge como um importante instrumento para o planejamento em nível nacional, regional e municipal. Dentre os principais objetivos da PNRS estão a redução de danos ambientais, desenvolvimento de tecnologias limpas a serem adotadas durante as etapas de gerenciamento de RSU, proteção da saúde pública, incentivo ao reaproveitamento, reutilização, reciclagem e o tratamento dos RSU (BRASIL, 2010). De acordo com o artigo 9º da referida lei, a **reciclagem** deve ser priorizada como forma de reaproveitamento e reintegração dos resíduos aos processos produtivos, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais e os impactos ambientais da disposição final.

No artigo 7º da PNRS observa-se a adoção da teoria dos 3 Rs, que tem como propósito a não geração, redução, reutilização, reciclagem e o devido tratamento dos resíduos sólidos, além disso, promove a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Também notamos na legislação citada que há o estímulo à indústria de reciclagem e o incentivo ao uso de materiais provenientes de componentes reciclados.

Cabe destacarmos o inciso VIII, no artigo 6º da PNRS, que reconhece o valor econômico e social do resíduo sólido reciclável, sendo sua reciclagem e reutilização responsável pela geração de emprego e renda, assim, promovendo a cidadania (BRASIL, 2010).

A **Lei nº 14.026/2020**, que atualizou o marco legal do saneamento básico, reforça a importância da regionalização dos serviços e do planejamento consorciado, estabelecendo

novos prazos e metas para a eliminação de lixões, especialmente em regiões mais vulneráveis, como a Amazônia Legal (BRASIL, 2020).

O **Decreto nº 10.936/2022**, que substitui o Decreto nº 7.404/2010, atualiza e detalha as **regras para os sistemas de logística reversa**, inclusive com instrumentos de monitoramento, transparência, metas progressivas de reciclagem e estímulo à rastreabilidade dos resíduos (BRASIL, 2022).

3.2 Resíduos Domiciliares e Materiais Recicláveis

Os resíduos com potencial reciclável são encontrados na geração de resíduos domiciliares e outras atividades como serviços e comércios, e geralmente são: plásticos de diversos tipos (mole, duro e PET), papel e papelão, metais, embalagens multicamadas, vidros, têxteis etc.

Os resíduos recicláveis são materiais descartados, que após sua utilização, são capazes de transformar-se em matéria prima durante o processo produtivo para a criação de novos produtos.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o processo de reciclagem é caracteriza como:

Um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social: ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, diminui o volume do lixo e dá emprego a milhares de pessoas (BRASIL, 2025).

Já para o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), na Resolução CONAMA nº 275/2001, “a reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos”.

Ferreira e Lima (2021) observaram que a reciclagem contribui significativamente para a redução do volume de RSU, ajudando a diminuir a pressão sobre os aterros sanitários. A pesquisa evidenciou ainda os benefícios econômicos da reciclagem, com a geração de empregos e a redução de custos relacionados ao manejo de RSU.

Silva *et al.* (2020) acrescentam que o processo de reciclagem tem um impacto positivo não somente na gestão de RSU, mas também na sustentabilidade ambiental. Os autores afirmam que a reciclagem minimiza a quantidade de resíduos sólidos descartados em locais inadequados e diminui a poluição da água, do solo e do ar.

Melo *et al.* (2019) entendem que a reciclagem é uma ferramenta de extrema importância para a inclusão social. Apontaram que, além de reduzir a quantidade de resíduos sólidos enviados aos aterros, a reciclagem também promove a geração de trabalho e renda para populações mais vulneráveis, como trabalhadores que coletam materiais recicláveis.

3.3 Coleta Seletiva

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), coleta seletiva é o nome que se dá ao sistema de:

Coleta dos resíduos orgânicos e inorgânicos ou secos e úmidos ou recicláveis e não recicláveis, que foram previamente separados na fonte geradora. Trata-se de um tipo de tratamento dado ao resíduo, que começa na fonte geradora com a segregação ou separação dos materiais em orgânicos e inorgânicos; e em seguida com a sua disposição para a sua destinação, que poderá ser disposta na porta de sua residência, estabelecimento comercial ou indústria, para posterior coleta porta-a-porta realizada pelo poder público ou por catadores, ou por entrega voluntária a pontos de entrega voluntária ou cooperativas de catadores (BRASIL, 2025).

Em 2022, o Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro, passou a regulamentar de forma mais ampla a PNRS, instituindo, entre outras diretrizes, o Programa Coleta Seletiva Cidadã. Esse programa estabelece que órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta devem promover a separação de resíduos recicláveis descartados na fonte geradora e destiná-los, prioritariamente, a cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis, devidamente cadastradas e habilitadas no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) (BRASIL, 2022). Essa medida teve como objetivo estimular práticas sustentáveis nas instituições públicas, desenvolver a inclusão social e fortalecer a economia solidária, gerando renda para os trabalhadores que atuam no processo de reciclagem de resíduos. Além disso, o decreto contribuiu para a conscientização dos servidores públicos em relação às questões ambientais.

A coleta seletiva é reconhecida como um dos **instrumentos** da Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional do Resíduos Sólidos. Conforme estabelece o artigo 8º, inciso III, da referida lei são: “a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” (BRASIL, 2010).

Outro marco importante é a Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que “estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos (Figura 1), a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva” (BRASIL, 2001).

Figura 1. Padronização de cores - CONAMA nº 275.

 Azul Papel, papelão	 Preto Madeira
 Vermelho Plástico	 Laranja Resíduos perigosos
 Amarelo Metal	 Cinza Resíduo geral não reciclável
 Verde Vidro	 Roxo Resíduos radioativos
 Marrom Resíduos orgânicos	 Branco Resíduos de serviços de saúde

Fonte: Autora (2025), ícones baseados em Freepik (2025).

Os principais objetivos desta resolução são o incentivo à reciclagem de resíduos, visando diminuir a demanda por recursos naturais não renováveis, matérias-primas, água e energia; redução de impactos ambientais e promoção de campanhas de conscientização e educação ambiental. Esses princípios foram reforçados pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, que regulamenta a PNRS e institui o Programa Coleta Seletiva Cidadã, tornando obrigatória, no âmbito da administração pública federal, a separação dos resíduos na fonte geradora e sua destinação para cooperativas e associações de catadores habilitados ao SINIR, assim, promovendo a inclusão social, logística reversa e o fortalecimento da gestão de resíduos sólidos no país (BRASIL, 2022).

Silva *et al.* (2020) demonstraram que, ao implementar a coleta seletiva nas cidades, haverá a diminuição do volume de RSU encaminhados para os aterros sanitários. A pesquisa também confirmou que a coleta seletiva promove a conscientização ambiental e contribui para o aumento das taxas de reciclagem.

De acordo com Barbosa *et al.* (2019), a coleta seletiva é essencial para a gestão sustentável de RSU, porque possibilita a segregação dos resíduos recicláveis na fonte de geração, tornando o envio deles mais fácil para a reciclagem. A pesquisa afirma que a coleta seletiva ajuda na promoção da economia circular, reduzindo a demanda por novos recursos naturais e minimizando os impactos ambientais da produção de novos produtos.

O artigo 4º do Decreto Federal nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, estabelece que, na existência de sistema de coleta seletiva previsto no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, ou de sistema de logística reversa, os consumidores têm a obrigatoriedade de acondicionar corretamente os resíduos sólidos gerados, bem como de disponibilizar de forma adequada os resíduos reutilizáveis e recicláveis para a coleta ou devolução (BRASIL, 2022).

De acordo com o painel sobre o Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), em 2022 foram coletadas aproximadamente 63,8 milhões de toneladas de RSU no Brasil. No entanto, apenas 1,12 milhões de toneladas de resíduos recicláveis secos foram recuperadas. No que diz respeito à coleta seletiva, apenas 32,2% dos municípios brasileiros possuíam alguma iniciativa neste sentido, sendo estas, por vezes pontuais e atingindo apenas uma parcela da população. Estes dados evidenciam a fragilidade dos programas de recuperação de materiais recicláveis no país, sendo necessária uma atuação mais estruturada e robusta por parte do poder público, a fim de modificar este cenário e ampliar a efetividade da coleta seletiva.

Sistemas de Coleta Seletiva

No Brasil, existem diversos sistemas de coleta seletiva, que são utilizados para promover a separação e a destinação adequada de resíduos recicláveis. Os principais sistemas identificados estão presentes no Manual de Coleta Seletiva (CEMPRE, 2014), são eles: coleta seletiva porta a porta; coleta seletiva em PEV; coleta seletiva por postos de troca ou incentivo; e coleta seletiva por cooperativas ou associações de catadores (ABNT, 2020).

1. Coleta Porta a Porta: Nesse modelo, os resíduos recicláveis são recolhidos diretamente nos domicílios, com frequência e rota definidas, por caminhões ou outros veículos coletores;

2. Pontos de Entrega Voluntária (PEV): são locais onde o cidadão leva os resíduos recicláveis até equipamentos fixos denominados PEV, que podem estar em localizações públicas ou privadas (ex: supermercados, escolas, praças);

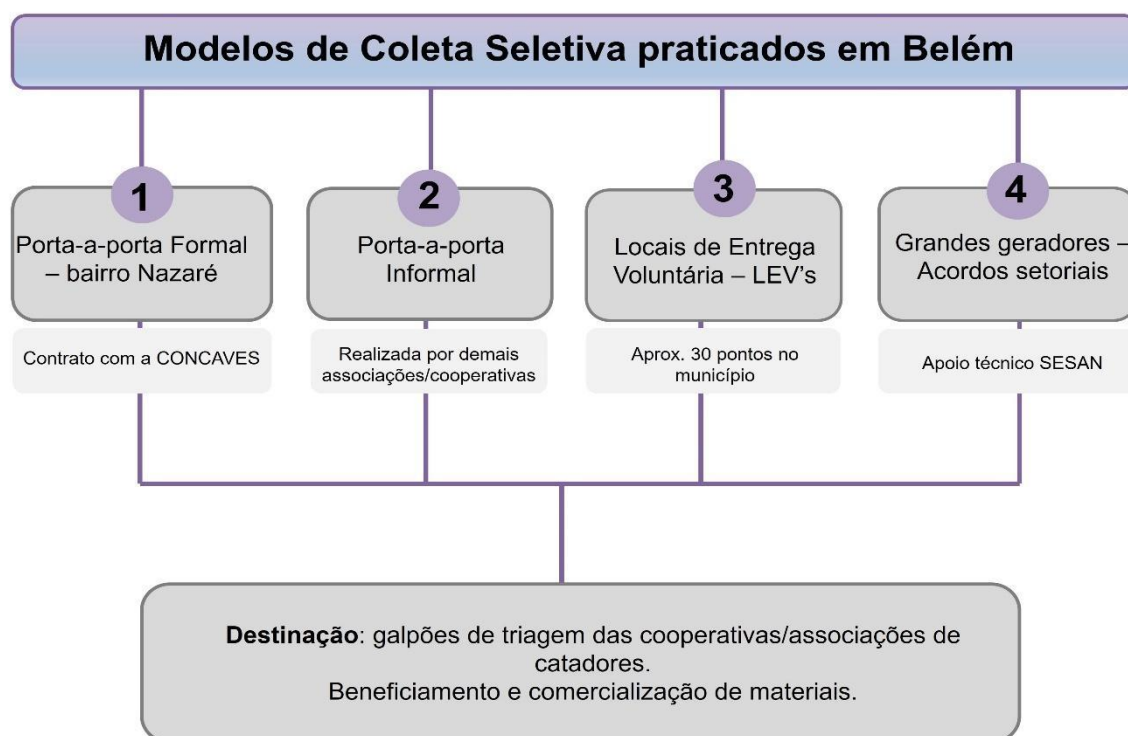
3. Coleta Seletiva com Postos de Troca ou Incentivo: sistema em que o cidadão entrega resíduos recicláveis em troca de benefícios, como alimentos, créditos em contas, produtos ou descontos;

4. Coleta Seletiva por Cooperativas ou Associações de Catadores: Sistema em que cooperativas ou associações de catadores realizam a coleta, triagem, acondicionamento e comercialização dos materiais recicláveis, podendo operar sozinhas ou em parceria com o poder público.

A escolha do modelo de coleta seletiva a ser implantado deve considerar não apenas características socioeconômicas da região e a infraestrutura urbana, mas também fatores como a densidade populacional e a geração de RSU.

Em Belém, foram implantados sistemas de coleta seletiva no Bairro de Nazaré, nos quais foram identificados quatro modelos distintos de funcionamento, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Modelos de coleta seletiva adotados em Belém.



Fonte: Autora (2025), Consórcio EGIS-AMPLA (2019).

A prefeitura municipal desempenha um papel fundamental na implementação e manutenção desses sistemas, atuando direta e indiretamente na execução dos serviços.

No que se refere aos grandes geradores de resíduos, tal segmento recebe apoio técnico da secretaria de Saneamento (SESAN). A categoria é composta por repartições públicas, instituições de ensino, condomínios residenciais, centros e corredores comerciais, além de grandes estabelecimentos comerciais.

Atualmente, a coleta seletiva formal em Belém ocorre exclusivamente no bairro de Nazaré, sendo a única região da cidade onde esse serviço é estruturado e realizado de maneira contínua. A Prefeitura de Belém, por meio da SESA, viabilizou esse serviço a partir de um chamamento público para a contratação de cooperativas e associações de catadores, conforme previsto na PNRS.

Em maio de 2015, a cooperativa CONCAVES foi oficialmente contratada para atuar no bairro de Nazaré, garantindo a coleta dos materiais recicláveis por meio do modelo porta a porta (BELÉM, 2020). Apesar de ser um passo importante para a gestão de RSU em Belém, a limitação da coleta seletiva formal a apenas um bairro revela desafios significativos na ampliação desse serviço para outras regiões da cidade. A falta de infraestrutura adequada, o baixo índice de adesão da população à separação dos resíduos e a necessidade de mais investimentos em educação ambiental são alguns dos obstáculos que impedem a expansão da coleta seletiva para outros bairros.

A experiência no bairro de Nazaré serve como modelo para futuras expansões, demonstrando a viabilidade da parceria entre o setor público e cooperativas de catadores. No entanto, para que Belém avance em direção a uma gestão mais sustentável de RSU é essencial a implementação de políticas públicas que ampliem a cobertura da coleta seletiva, incentivando a instalação de PEV e o envolvimento da população na segregação correta dos materiais recicláveis.

O município de Belém conta com cerca de 30 PEV destinados ao recebimento de materiais recicláveis. Os modelos instalados incluem iglu, contêineres e miniestações de coleta seletiva, que segregam os materiais por tipo e cor. A escolha dos pontos para a instalação dos equipamentos foi baseada apenas na grande circulação de pessoas, sem uma metodologia mais robusta. A coleta nos PEV ocorre toda segunda-feira, com uma equipe específica do Departamento de Resíduos Sólidos (DRES), utilizando caminhões munck para a troca dos contêineres cheios por vazios. No entanto, a Prefeitura de Belém não possui um controle quantitativo dos materiais coletados (BELÉM, 2020).

Vale ressaltar que as informações sobre a localização dos PEV, disponíveis no site da Prefeitura de Belém datam de 2016 e parecem desatualizadas, uma vez que durante a pesquisa

de campo deste estudo, nenhum dos equipamentos listados foi encontrado. Além disso, segundo os dados da própria prefeitura, as miniestações de coleta seletiva (nas cores amarelo, vermelho e azul) (Quadro 1 e Figura 3) instaladas no município, seguem a padronização definida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para a identificação de materiais recicláveis. Essa padronização estabelece que cada cor representa um tipo específico de material, tornando a separação mais eficiente e incentivando a reciclagem. Já os contêineres verdes (Quadro 2 e Figura 4) são utilizados para o descarte de materiais recicláveis misturados.

- Amarelo: Indica a destinação para metais, como latas de alumínio, pregos, arames e embalagens metálicas.
- Vermelho: Destinado a plásticos, incluindo garrafas PET, sacolas plásticas, embalagens de produtos de limpeza e outros materiais desse tipo.
- Azul: Reservado para papel e papelão, abrangendo jornais, revistas, caixas e folhas de papel usadas.

A adoção desse sistema padronizado contribui para a organização e eficiência da coleta seletiva, permitindo que os resíduos sejam encaminhados corretamente para reciclagem.

Quadro 1. Localização das miniestações de coleta seletiva – 3 cores (amarelo, vermelho e azul).

Ponto	Endereço
1	Feira Bandeira Branca – Almirante Barroso com Drº Freitas
2	Praça da República – Campina
3	Praça Batista Campos – Batista Campos
4	Carramachão Mosqueiro – Mosqueiro

Fonte: SEMMA (2016).

Figura 3. Miniestações de coleta seletiva



Fonte: SEMMA (2016).

Quadro 2. Localização dos contêineres verdes – material reciclável misturado.

Ponto	Endereço
5	Igreja Quadrangular – Timbó – Pedreira
6	Praça Brasil – Umarizal
7	Praça Dom Pedro – Cidade Velha
8	Praça Felipe Patroni – Cidade velha
9	Arthur Bernardes – Próximo a Igreja N. Se. Do Perpetuo Socorro
10	Praça Jaú – Sacramenta
11	Praça da Bandeira – Campina
12	Praça Amazonas – Jurunas
13	Praça Floriano Peixoto – em frente ao Mercado de São Braz
14	Ver-o-Rio – Umarizal
15	Praça Estivadores – Memorial dos 400 anos (Próximo ao Sesc Boulevard) Campina
16	Ver-o-Peso – Comercio
17	Horto Municipal – Batista Campos
18	Doca de Souza Franco (Na frente do shopping Boulevard) – Doca
19	Praça Marex – Val de Cans
20	Mosqueiro (Vila) – Mosqueiro
21	Mosqueiro (Morumbira) – Mosqueiro
22	Alcindo Cacela – Unama – Umarizal
23	Conjunto Tapajós – Rua Alicante, ao lado do Antigo Posto Polícia
24	Residencial Viver Primavera – Rodovia do Tapanã
25	Icoaraci – Rua Manoel Barata – Icoaraci
26	Praça D. Alberto Ramos – Marambaia
27	Orla – Praia Grande – Outeiro
28	Escola Bosque – Outeiro
29	Bosque Rodrigues Alves – Marco
30	Praça Benedito Monteiro – Guamá
31	Antônio Baena – Feira da 25 (final) – Marco
32	SESAN – sede Alm. Barroso – Souza

Fonte: SEMMA (2016).

Figura 4. Contêiner verde – materiais recicláveis misturados.



Fonte: SEMMA (2016).

3.4 Cenário Atualizado

Após a finalização deste estudo, a Prefeitura de Belém divulgou uma nova lista com 22 locais para a instalação de equipamentos de coleta seletiva (BELÉM, 2025). No entanto, mais uma vez, percebe-se que não foi adotada uma metodologia criteriosa para a escolha dos pontos, sendo considerados apenas locais de grande circulação. Além disso, a nova distribuição apresenta inconsistências, com alguns equipamentos instalados em áreas muito próximas entre si, resultando em uma cobertura excessiva em determinadas regiões, enquanto outras permanecem sem nenhum atendimento.

3.5 Pontos de Entrega Voluntária (PEV)

São de extrema importância no sistema coleta seletiva, isso porque possibilitam de forma acessível o descarte correto de resíduos recicláveis. Geralmente, são estrategicamente distribuídos em locais de grande circulação de pessoas, supermercados, praças, condomínios facilitando a participação da comunidade. Além de reduzir a quantidade de resíduos com potencial reciclável equivocadamente enviados para aterros sanitários, os PEV possibilitam a conscientização ambiental e aumentam o engajamento da população em causas sustentáveis.

Diversos estudos ressaltam a importância dos PEV na gestão de RSU no Brasil. Um projeto piloto em Poços de Caldas, Minas Gerais, atestou que a implementação de PEV, em conjunto com campanhas de educação ambiental, foi capaz de reduzir em 70% o tempo de coleta, diminuindo os custos com combustível, evidenciando a eficácia desse modelo em comparação à coleta porta a porta (TURCI *et al.*, 2019).

Em Florianópolis, Santa Catarina, um estudo analisou a coleta seletiva exclusiva de vidro pela utilização de PEV. Os resultados demonstram que houve o aumento na participação dos moradores ao longo dos anos, constatando ascensão da conscientização e adesão ao descarte adequado de resíduos recicláveis (LAINO, 2021).

Na zona leste da cidade de Manaus, estado do Amazonas, uma pesquisa detectou desafios na coleta seletiva através de PEV instalados em supermercados. Foi constatada a insuficiência de números de PEV em relação a população, havendo apenas quatro equipamentos para atender uma população de mais de 500 mil pessoas (SANTOS *et al.*, 2022).

Já no trabalho realizado em São José dos Campos, São Paulo, constatou-se a necessidade da divulgação dos PEV para atingir seu público-alvo e aumentar os índices de participação na coleta seletiva. A pesquisa demonstrou que a ausência de informações sobre a localização e os tipos de materiais permitidos nos equipamentos compromete a eficiência do sistema, o que pode provocar o descarte incorreto de resíduos. Assim, observa-se a necessidade da adoção de técnicas e abordagens de comunicação para aumentar o engajamento e participação da população no sistema de coleta seletiva por meio de PEV (RELISE, 2023).

Nos estudos de Lima *et al.* (2022) evidenciaram que a existência de PEV promove a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores que coletam materiais recicláveis. Tal fato ocorre pela simplificação do processo de segregação, já que os componentes dispostos nos equipamentos são de origem reciclável e secos, não encontrando-se resíduos de origem orgânica.

Lopes *et al.* (2015) a partir de uma pesquisa realizada em Salvador, na Bahia, notaram que a implementação de PEV contribuiu para a melhoria na segregação dos materiais recicláveis, além de promover a conscientização dos habitantes sobre a importância do processo de reciclagem.

Pinto *et al.* (2014), por meio do estudo realizado em São Paulo, constataram a importância dos PEV no fomento a inclusão social dos catadores de resíduos recicláveis. Através da instalação dos PEV, a pesquisa evidenciou que a integração dos trabalhadores ao sistema de coleta seletiva pode proporcionar melhorias nas condições de trabalho e ampliar a eficiência na reciclagem dos materiais.

A literatura disponível comprova que, embora os PEV sejam ferramentas essenciais na promoção da coleta seletiva e na conscientização ambiental, o seu êxito depende de fatores como a localização acertada, planejamento adequado e divulgação eficiente para atender às demandas da população.

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A educação ambiental no Brasil é fundamentada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA). Segundo essa legislação, a educação ambiental é definida como:

Os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Art. 1º, Lei nº 9.795/1999).

A lei determina que a educação ambiental deve estar presente em todos os níveis e modalidades educacionais, assegurando a conscientização da sociedade quanto à preservação ambiental e desenvolvimento sustentável.

Além disso, a Constituição Federal de 1988 afirma a relevância da educação ambiental, no Art. 225, ao estabelecer que cabe ao Poder Público a promoção da educação ambiental em todos os níveis de ensino, além da adoção de medidas que visem sensibilização da população sobre a preservação dos recursos naturais.

Outra ferramenta de extrema importância é a PNRS, que evidencia a necessidade de educação ambiental como um dos instrumentos para a gestão e gerenciamento sustentável dos resíduos sólidos, estimulando práticas como a coleta seletiva e a reciclagem.

Dessa forma, a legislação brasileira enfatiza que a educação ambiental é um direito de todos e um dever do Estado em conjunto com a sociedade. Sua implementação é essencial para conscientizar os indivíduos sobre a importância da preservação do meio ambiente e incentivar práticas sustentáveis, como a coleta seletiva, a reciclagem e o consumo responsável.

A Educação Ambiental tem a capacidade de motivar a sociedade no enfrentamento dos desafios ambientais. Além disso, é crucial para a formação de cidadãos conscientes, capazes de tomar decisões corretas e responsáveis em prol do meio ambiente (SORRENTINO *et al.*, 2005).

A educação ambiental, o processo de reciclagem, a coleta seletiva e os PEV estão diretamente interligados. A implementação de programas de coleta seletiva e o uso correto dos PEV dependem do nível de conscientização e participação da sociedade, temas promovidos pela Educação Ambiental. Pesquisas indicam que a inclusão de programas de

Educação Ambiental nos sistemas de coleta seletiva melhora a capacidade de separação dos resíduos na fonte geradora, melhora a qualidade dos resíduos recicláveis coletados e fortalece a cadeia da reciclagem (NASCIMENTO, 2021).

Portanto, fica evidente a importância da adoção de técnicas de Educação Ambiental em iniciativas relacionadas à gestão e gerenciamento de RSU. Sua implementação proporciona conscientização e engajamento da sociedade para a manutenção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, para as atuais e futuras gerações.

5. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Diversos instrumentos e ferramentas podem ser aplicados para otimizar as etapas de gerenciamento de RSU. Entre eles, destaca-se o SIG, um recurso estratégico que facilita a tomada de decisão por parte de órgãos e gestores responsáveis. De acordo com Chandio *et al.* (2012), o SIG tem se mostrado relevante para análises espaciais e, por isso, é amplamente utilizado em estudos voltados ao planejamento territorial e à gestão ambiental por todo o mundo.

Com relação às suas funcionalidades, o SIG pode ser descrito, segundo Lima *et al.* (2012), como um sistema de obtenção, armazenamento, visualização e manutenção de informações georreferenciadas por meio de análises espaciais. O sistema é usado como importante ferramenta na obtenção de dados geográficos, tornando-se fundamental no processo decisório.

Segundo Goodchild (2018), a utilização do SIG permite a visualização de dados e informações espaciais de uma determinada região, permitindo uma análise mais precisa e contextualizada do território. Ou seja, seu uso contribui diretamente para a otimização das etapas de coleta, transporte, destinação e disposição final dos RSU, tornando os processos mais eficientes e sustentáveis.

Neste sentido, é fundamental compreender os fatores que influenciam tanto a quantidade quanto a composição dos RSU gerados pela população. Aspectos como padrões de consumo, nível de urbanização, características socioeconômicas, impactam diretamente o volume e o tipo de resíduo produzido. A partir desta compreensão, torna-se possível planejar de maneira mais efetiva estratégias de coleta, transporte, tratamento e destinação ou disposição final, garantindo maior eficiência das operações e minimização dos impactos ambientais associados ao manejo inadequados dos RSU.

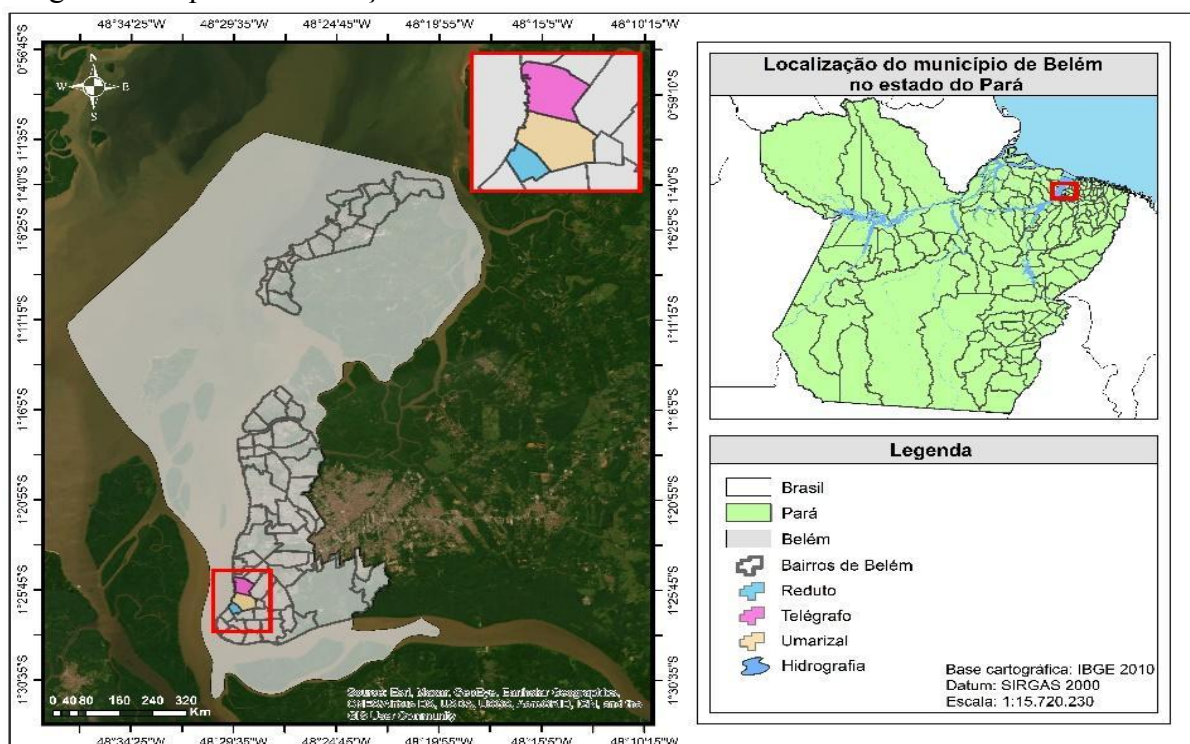
6. METODOLOGIA

Na metodologia adotada neste estudo, cujo objetivo é propor uma ampliação dos equipamentos de coleta seletiva nos bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal, em Belém-PA, foram considerados diversos fatores relevantes, como a infraestrutura urbana das localidades analisadas, a geração de RSU e a cobertura atual dos serviços de coleta. A proposta visa não apenas contribuir para a melhoria da gestão de resíduos sólidos na capital paraense, mas também incentivar a participação da população no descarte adequado de materiais recicláveis. Além disso, o estudo busca fornecer subsídios técnicos e espaciais para a formulação de políticas públicas que ampliem a eficiência da coleta seletiva e aprimorem o gerenciamento dos RSU por meio da implantação de PEV, geograficamente distribuídos de forma estratégica.

6.1 Área de Estudo

Os bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal estão localizados na região central do município de Belém, região norte do Brasil, capital do estado do Pará (Figura 5). Pertencente ao bioma amazônico e caracterizada por seu clima quente e úmido, a cidade possui extensão territorial de 1.059,458 km² e sua população total, de acordo com o censo do ano de 2022 foi de 1.303.403 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 5. Mapa de localização de Belém e dos bairros estudados.



Fonte: Autora (2025).

Segundo dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Belém apresenta 0,82 (kg/hab/dia) de massa coletada per capita de resíduos sólidos domiciliares (RDO) em relação a população urbana. 88,31% da população é atendida pelos serviços de coleta de RDO.

A partir da análise das informações sobre a taxa de recuperação de materiais recicláveis entre as capitais brasileiras (SNIS, 2022), observou-se que a cidade de Belém se encontra na 11ª posição entre as capitais que mais reciclam no Brasil, com 1,19% de materiais recicláveis recuperados em comparação ao total de RSU coletado. Apesar de não se apresentar entre as últimas posições, a taxa de recuperação de materiais com potencial reciclável no município é extremamente baixa (Tabela 1).

Tabela 1. Posição de Belém em relação as capitais que mais reciclam no país.

Posição	Município	Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada (%)
1	Boa Vista	13,31
2	Macapá	6,31
3	Florianópolis	4,74
4	Goiânia	3,83
5	Curitiba	2,7
6	Porto Alegre	2,46
7	Cuiabá	2,33
8	Brasília	2,11
9	João Pessoa	2,07
10	Rio de Janeiro	1,51
11	Belém	1,19
12	Recife	1,14
13	Palmas	0,99
14	Campo Grande	0,79
15	São Paulo	0,77
16	Belo Horizonte	0,76
17	São Luís	0,73
18	Manaus	0,7
19	Aracaju	0,68
20	Vitória	0,66
21	Fortaleza	0,56
22	Natal	0,54
23	Maceió	0,47
24	Teresina	0,26
25	Salvador	0,19
26	Porto Velho	0,14
27	Rio Branco	0

Fonte: Autora (2025), adaptado de SNIS (2022).

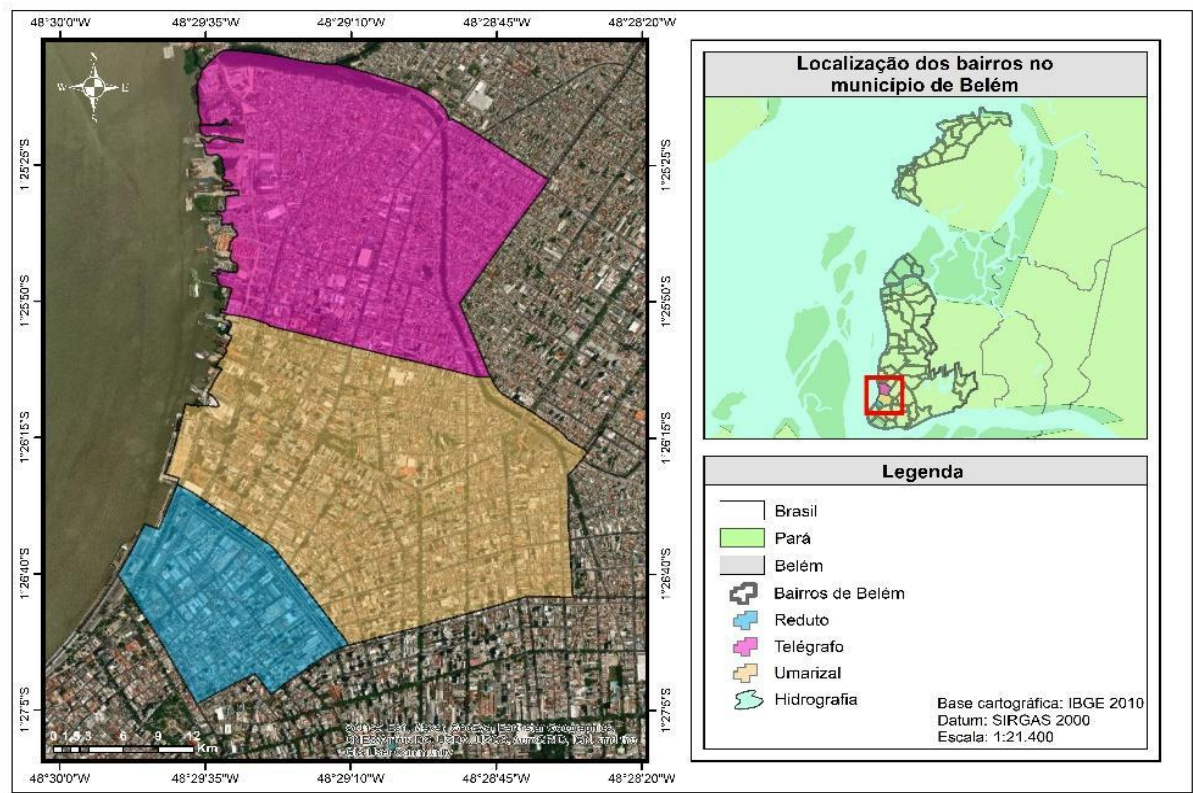
Considerando este cenário, fica evidente que urge a necessidade do planejamento de medidas e a execução de ações que incentivem a recuperação de materiais recicláveis, um exemplo disto, é o uso de equipamentos de coleta, que podem ser instalados em determinados

pontos da cidade, o que facilitaria e impulsionaria a participação popular no processo de coleta seletiva.

6.1.1 Caracterização dos Bairros

Segundo dados disponíveis no site da prefeitura de Belém, por meio da Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana (CODEM), a cidade é composta por 70 bairros. Os bairros escolhidos para compor este estudo foram Reduto, Telégrafo e Umarizal (Figura 6), por serem considerados centrais, possuírem proximidade geográfica e concentrarem uma quantidade significativa da população.

Figura 6. Localização dos bairros escolhidos para o estudo.



Fonte: Autora (2025).

Na Tabela 2 pode-se observar os aspectos populacionais e territoriais dos bairros selecionados para compor o estudo. Nota-se que a menor população e extensão territorial se encontra no bairro do Reduto, em relação aos outros dois bairros.

Tabela 2. Informações geográficas sobre os bairros estudados.

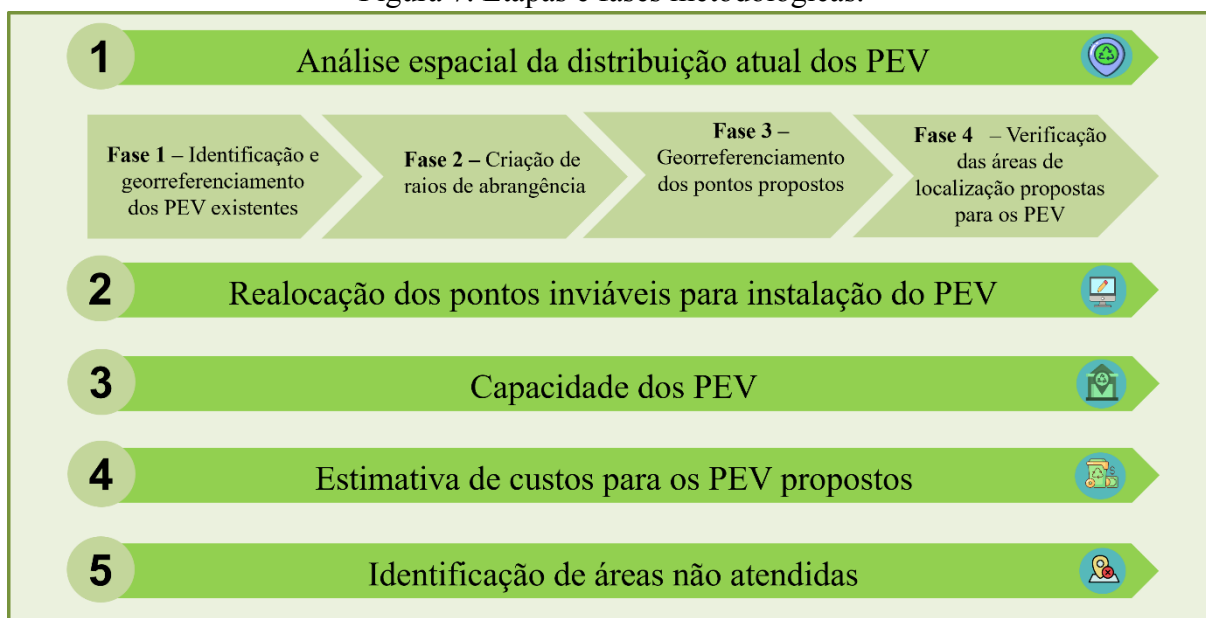
Bairro	População	Extensão territorial (km²)
Reduto	5.168	0,8217
Telégrafo	38.300	2,2232
Umarizal	32.639	2,6295

Fonte: IBGE (2022) e BELÉM (2011).

6.2 Etapas Metodológicas

O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa foi fundamentado na metodologia proposta por Peixoto (2006), que estabelece diretrizes para a localização ideal de equipamentos de coleta seletiva de materiais recicláveis - PEV, em áreas urbanas. Segundo o autor, a distância ideal entre os pontos de coleta deve variar entre 300 a 500 metros, garantindo acessibilidade e eficiência no processo de descarte, sem ultrapassar este intervalo. Com base nesse referencial, o estudo foi estruturado em cinco etapas (Figura 7), contemplando desde a coleta e análise de dados, definição dos pontos estratégicos para a instalação dos PEV, levando em consideração a infraestrutura urbana e viabilidade espacial, e capacidade dos contêineres em cada PEV.

Figura 7. Etapas e fases metodológicas.



Fonte: Autora (2025), ícones baseados em Freepik (2025).

1ª Etapa – Análise Espacial da Distribuição atual de PEV na Área de Estudo

Na primeira etapa da pesquisa foram coletadas informações sobre a localização dos PEV nos bairros analisados. Para isso, foram realizadas visitas de campo e consultas a bases de dados disponíveis *online*, a fim de identificar os equipamentos existentes na área de estudo.

1ª Fase – Identificação e Georreferenciamento dos PEV Existentes

Durante esta etapa, constatou-se a presença de apenas um equipamento de coleta em toda a região de estudo, sendo este o Ecoponto Porto Futuro, localizado no bairro reduto (Figura 8).

Figura 8. Ecoponto Porto Futuro - Reduto.



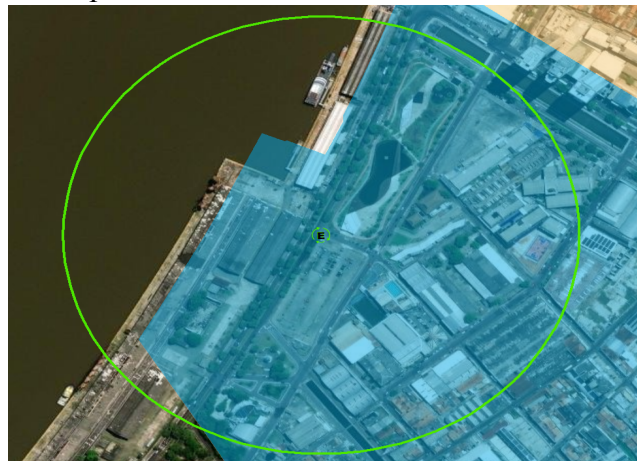
Fonte: Autora (2025).

2ª Fase – Criação de Raios de Abrangência

Consiste na criação de raios de abrangência com base nas distâncias ideais determinadas na pesquisa de Peixoto (2006). De acordo com o autor, a definição de raios de abrangência entre 300 e 500 metros para os PEV está relacionada com a acessibilidade e conveniência para a população, distâncias superiores a esse intervalo tendem a reduzir a participação dos moradores na segregação e destinação correta dos materiais recicláveis. Os raios de abrangência escolhidos para análise foram de 300, 400 e 500 metros, conforme os parâmetros estabelecidos para garantir a eficiência da distribuição dos PEV.

Para a execução desta etapa, utilizou-se como referência o Ecoponto do Porto Futuro, localizado no bairro Reduto. A fim de ilustrar de forma mais clara as funções utilizadas e as diferentes fases do processo de elaboração, toma-se como exemplo o raio de abrangência de 300 metros (Figura 9).

Figura 9. Raio de abrangência de 300 metros para o Ecoponto do Porto Futuro.

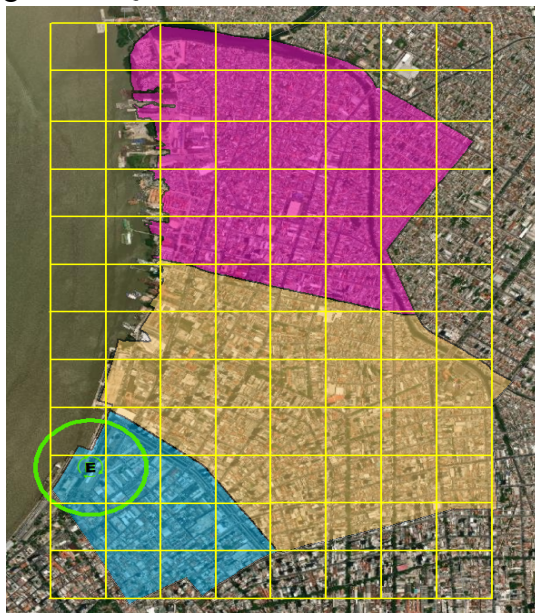


Fonte: Autora (2025).

A partir da localização do Ecoponto do Porto Futuro e com o auxílio da ferramenta Buffer, disponível no software de geoprocessamento ArcGIS, foi gerado um raio de abrangência de 300 metros, conforme a distância estabelecida anteriormente. Esse processo permitiu a delimitação da área de influência do ponto existente.

Em seguida foram construídos quadrantes em toda a extensão territorial dos bairros analisados. Esses quadrantes proporcionaram a criação de um modelo espacial que ajudou a organizar as áreas para a possível instalação dos PEV (Figura 10). Este método visa garantir que os novos pontos estejam dentro das distâncias ideais e atendam de forma eficiente a demanda de coleta seletiva nos bairros estudados.

Figura 10. Quadrantes criados nas áreas do estudo.



Fonte: Autora (2025).

Após a criação dos quadrantes, os círculos de abrangência foram posicionados de forma estratégica em cada um deles (Figura 11), com seus centros representando os locais ideais para a instalação dos PEV.

Figura 11. Posicionamento dos círculos nos quadrantes.



Fonte: Autora (2025).

Ferramentas para a Construção dos Quadrantes e Raios de Abrangência

Inicialmente, foi inserido no ArcGIS o shapefile correspondente aos bairros analisados no estudo, de modo a delimitar geograficamente a área de interesse. A partir dessa base, procedeu-se com a construção da malha de quadrantes, seguindo os seguintes passos:

Criação dos Quadrantes

Utilizou-se a ferramenta de criação de shapefile do tipo line (linha) para gerar uma grade regular sobre os bairros estudados. Essa grade foi construída com divisões proporcionais, garantindo a cobertura homogênea de toda a região. O objetivo da malha foi facilitar o posicionamento e a organização espacial dos PEV ao longo do território.

Criação dos Raios de Abrangência (Buffers)

Para a delimitação das áreas de influência dos PEVs, foi utilizada a ferramenta Buffer do ArcGIS. Essa ferramenta possibilitou a criação de zonas circulares com diferentes distâncias radiais, a partir de pontos centrais. Esses buffers foram posicionados de modo a cobrir a totalidade da área dos bairros, respeitando a malha dos quadrantes.

3ª Fase – Georreferenciamento dos Pontos Propostos

Foram criadas as posições nos locais para a implementação dos PEV por meio do software ArcGIS, onde foi gerado um Shapefile de pontos localizado precisamente nos centros dos raios de abrangência. Após essa etapa, utilizou-se as ferramentas de geoprocessamento Google Earth e Google Maps para obter informações geográficas detalhadas sobre cada ponto gerado, como a localização exata, imagens da área e a representação virtual da região. Esse processo foi realizado para todos os pontos nos raios de abrangência.

Em seguida, foram realizados cálculos para cada círculo de abrangência estudado, com o objetivo de determinar os percentuais de áreas atendidas nos bairros analisados (Reduto, Telégrafo e Umarizal) em relação a área total de cada um. Para isso, utilizou-se a ferramenta Field Calculator, disponível no software de geoprocessamento ArcGis. Os cálculos utilizados consideraram as Equações 1 e 2

$$\text{Área não atendida (\%)} = \frac{\text{área não atendida do bairro}}{\text{área total do bairro}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

A equação 1 determina a proporção da área do bairro que não se encontra coberta pelos PEV dentro dos raios de abrangência.

$$\text{Área atendida (\%)} = 100 - \text{percentual de área não atendida} \quad \text{Eq. 2}$$

Já na equação 2, a área atendida representa a parcela do bairro efetivamente coberta pelos PEV, sendo calculada como o complemento da área não atendida, obtida pela diferença entre a área total (100%) e o percentual da área não atendida.

A partir destes dados, foi possível comparar os resultados obtidos e identificar os bairros com maior e menor proporção de áreas não atendidas, considerando as metodologias aplicadas com raios de coberturas. Considerando a análise das áreas não atendidas em cada uma destas distâncias, será possível avaliar qual método apresenta a melhor cobertura para a implementação dos PEV de coleta seletiva na região.

A análise da cobertura e da eficiência na distribuição dos PEV é fundamental para garantir que a população tenha fácil acesso aos equipamentos de coleta seletiva. Uma distribuição eficiente assegura que o maior número possível de moradores esteja dentro do raio de abrangência, diminuindo as distâncias e incentivando a participação na segregação e destinação adequada dos materiais recicláveis.

Com base nas informações coletadas, foi elaborado o Quadro 3, onde foram apresentados os dados sobre a alocação de todos os pontos, permitindo identificar quais PEV precisaram ser realocados.

Quadro 3. Dados sobre a realocação dos pontos criados

Pontos	Há a necessidade de realocação do ponto?		
	300 metros	400 metros	500 metros
1	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
2	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
3	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
4	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
5	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não

6	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
7	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
8	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
9	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
10	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
11	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
12	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
13	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
14	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não
15	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não	☐ Sim ☐ Não

Fonte: Autora (2025).

4ª Fase – Verificação das Áreas de Localização Propostas para os PEV

A verificação envolveu o uso da ferramenta Street View do Google Maps para analisar as características das regiões onde os pontos foram alocados. Essa ferramenta oferece uma visualização panorâmica, permitindo uma representação virtual detalhada das ruas, logradouros e outras estruturas urbanas, conforme exemplo da Figura 12. Através das imagens capturadas, foi possível avaliar aspectos da área, como a disponibilidade de espaço e o tipo de propriedade do terreno, determinando se essas características atendiam aos requisitos necessários para a instalação dos equipamentos de coleta seletiva.

Figura 12. Logradouro da localização do ponto 1 do círculo de cobertura de 300 metros.



Fonte: Google Earth (2025).

2ª Etapa – Realocação de Pontos Considerados Inviáveis para a Instalação dos PEV

Após a análise detalhada das áreas em que os pontos foram inicialmente gerados, constatou-se que a maioria não atendia aos requisitos necessários para a instalação dos PEV, sendo necessária a realocação deles. Com isso, novos pontos foram identificados para a implementação dos equipamentos, levando em consideração dois parâmetros principais:

1. Área disponível para instalação: A prioridade foi dada a locais com espaço suficiente para acomodar um PEV com dimensões de 930 mm de largura x 1860 mm de comprimento, de forma a garantir que não obstruam as vias de circulação nem interfiram no deslocamento de pedestres. Esse critério visa assegurar a funcionalidade e a segurança da instalação.
2. Localização em áreas de propriedade pública: Para evitar possíveis complicações legais ou logísticas durante a instalação, optou-se por evitar PEV localizados em terrenos de propriedade privada. Assim, os novos pontos foram realocados para áreas públicas dentro da área de influência, respeitando a proximidade máxima possível em relação à posição original dos pontos descartados.

Esses critérios visam otimizar a instalação dos PEV, assegurando que os novos pontos sejam adequados para o recebimento do equipamento, além de acessíveis e que estejam em conformidade com as normas urbanísticas e legais.

3ª Etapa – Capacidade dos PEV

A capacidade dos equipamentos de coleta foi calculada em função dos dados obtidos da geração per capita dos resíduos produzidos na cidade de Belém e a população dos três bairros analisados no estudo para o ano de 2022 (CENSO, IBGE). Como não foram encontradas informações oficiais sobre a quantidade coletada de resíduos por bairro, a geração per capita de Belém foi utilizada como referência. Para chegar nesse valor, utilizou-se a quantidade total de resíduos coletados (SNIS, 2022), em conjunto com a população da cidade. A partir das Equação 3 e Equação 4 foram obtidos os dados da quantidade de resíduos gerados.

$$\text{Geração per capita (Belém): } \frac{\text{Total de resíduos gerados}}{\text{População total}} \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{Quantidade de RSU produzida: } \text{População bairro} \times \text{geração per capita Belém} \quad \text{Eq. 4}$$

Em seguida, foi necessário fazer a conversão dos valores dos resíduos encontrados em quilogramas para o volume do equipamento utilizado como referência do estudo, que está em litros. Então, utilizou-se a seguinte fórmula (Eq. 5):

$$\text{Conversão kg para litros: } \frac{\text{total de RSU produzido por bairro} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{dia}}}{0,2 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{l}}} \quad \text{Eq. 5}$$

4ª Etapa - Estimativa de Custos para os PEV Propostos

Para a elaboração deste trabalho, foi utilizado como referência o modelo de PEV com capacidade de 2.500 litros. Sua estrutura resistente e volume considerável o torna adequado para implantação em áreas urbanas, onde há maior geração de resíduos e necessidade de pontos de descarte acessíveis à população.

Durante a obtenção de dados para a pesquisa, foram encontradas duas opções de fornecedores (Figura 32 e Figura 33) para os equipamentos de coleta (PEV), com capacidade de 2.500 litros, e que estão apresentados a seguir:

- o **Fornecedor 1 - TNA Plast:** R\$ 9.664,54 por unidade (valor com desconto via PIX).

Figura 32. Modelo do fornecedor TNA Plast.



Fonte: TNA Plast (2025).

- o **Fornecedor 2 - Valle dos Plásticos:** R\$ 11.680,90 por unidade.

Figura 33. Modelo do fornecedor Valle dos Plásticos.



Fonte: Valle dos Plásticos (2025).

Com base na melhor metodologia identificada no estudo, considerando os raios de cobertura para instalação nos três bairros e os números de PEV necessários (capacidade) foi possível fazer uma estimativa de custos para a instalação dos equipamentos, priorizando o menor custo, utilizando os dados dos fornecedores encontrados. Na Equação 5, está apresentada a formulação proposta.

$$CE = N^{\circ} \text{ de PEV} \times \text{valor do equipamento (Fornecedor)}$$

Eq. 5

Onde:

CE: Custo dos equipamentos para instalação;

Nº de PEV: quantidade de PEV definidos após o procedimento metodológico (área de cobertura).

5ª Etapa – Identificação das Áreas Não Atendidas para Cada Raio de Abrangência

Foi realizada a identificação das áreas não atendidas dentro dos diferentes raios de abrangência definidos no estudo. Para essa análise, foi utilizado o software ArcGIS, que permitiu o processamento espacial necessário para determinar as regiões que não são contempladas pelos referidos raios. Inicialmente, foram gerados os polígonos representando os raios de cobertura por meio do formato shapefile, possibilitando uma visualização precisa dos espaços não alcançados. Em seguida, aplicou-se a ferramenta Field Calculator para quantificar as áreas não atendidas, expressando os resultados em metros. Essa etapa foi essencial para identificar as lacunas na cobertura e propor melhorias na distribuição dos equipamentos de coleta analisados no estudo.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Localização Geográfica e Avaliação do Local de Instalação dos PEV

Por intermédio do uso das ferramentas Shapefile, buffer etc. foram criados raios de cobertura e posições para a implementação dos PEV, tomando como informações a localização geográfica da região, área disponível e a visualização de imagens dos logradouros.

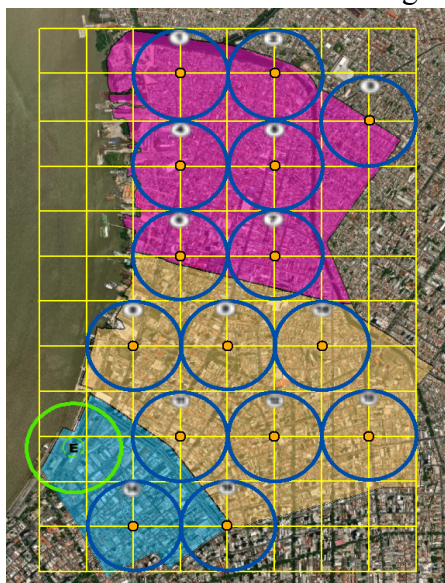
Após a criação dos pontos para a instalação dos PEV, foi realizada uma análise visual para verificar a viabilidade desses locais. Essa análise foi conduzida por meio da ferramenta Street View do Google Earth, permitindo a observação detalhada da área e a identificação de possíveis obstáculos à instalação dos PEV. Caso a região fosse considerada inadequada, seria necessária a realocação do ponto para um local mais apropriado.

Em seguida, foi realizada a identificação das vias de circulação, classificando-as em principais e secundárias com base na intensidade do tráfego. Além disso, analisou-se a estrutura urbana da área, levando em consideração fatores como acessibilidade, disponibilidade de espaço e o domínio da propriedade, garantindo que os PEV sejam instalados em locais estratégicos e de fácil acesso para a população.

7.1.1- Raio de Cobertura de 300 Metros

Utilizando a metodologia proposta neste trabalho, foram definidos quinze pontos com raios de cobertura de 300 metros para os três bairros (Figura 13).

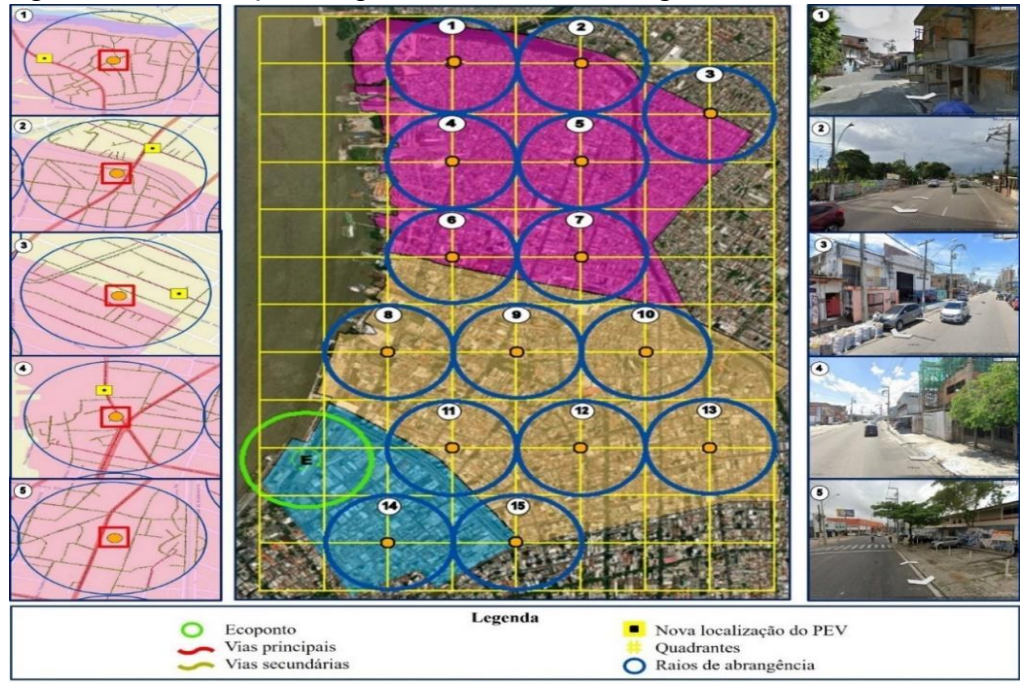
Figura 13. Posições encontradas no raio de abrangência de 300 metros.



Fonte: Autora (2025).

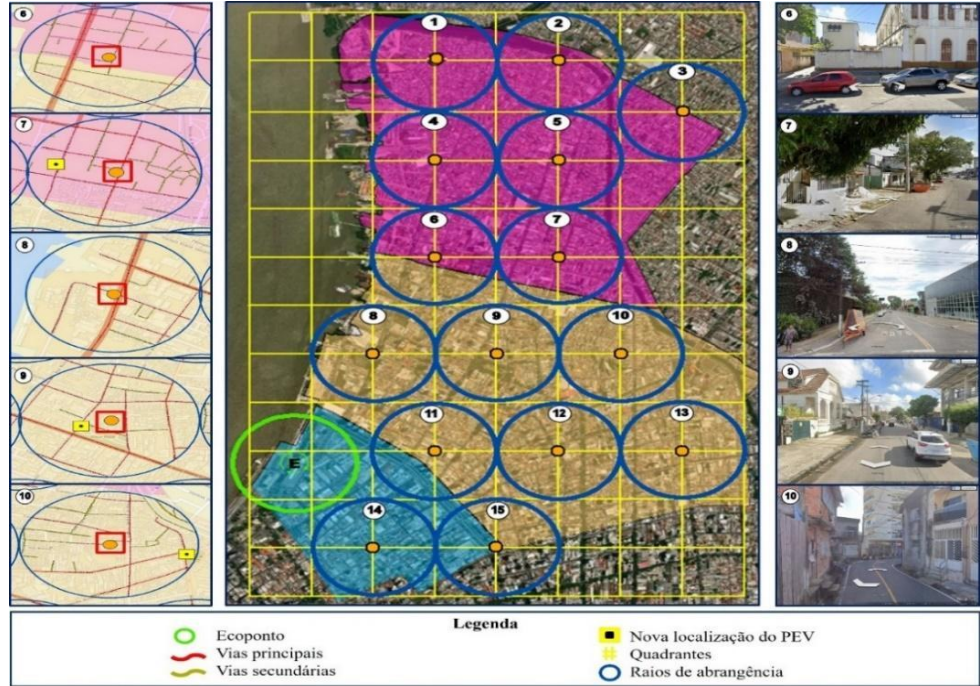
Após a definição das localizações, os pontos foram destacados no mapa territorial dos bairros estudados (Figuras 14, Figura 15 e Figura 16), garantindo uma visualização clara da distribuição espacial dos PEV. Cada ponto foi posicionado exatamente no centro dos círculos de abrangência de 300 metros, assegurando uma cobertura equitativa da área. Além disso, cada círculo foi alocado dentro do quadrante previamente definido pela metodologia, permitindo uma organização estruturada e eficiente para a análise e implementação dos PEV.

Figura 14. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.



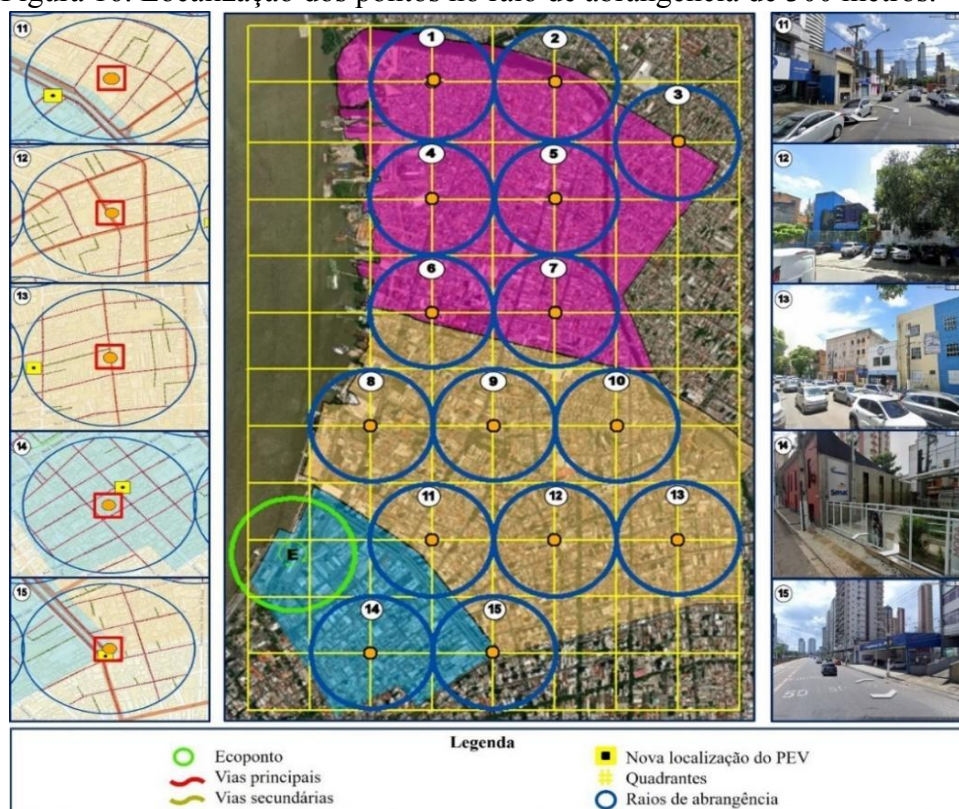
Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Figura 15. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Figura 16. Localização dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Após a verificação dos locais em que os pontos foram dispostos, foi possível obter informações sobre a necessidade de realocação, respeitando os critérios já estabelecidos e mencionados nos itens 1 e 2 dispostos na etapa de realocação dos pontos criados.

Por meio da ferramenta Google Maps, foi possível obter as coordenadas geográficas de cada ponto criado para a instalação dos PEV. O conhecimento preciso dessas coordenadas é de extrema relevância para o planejamento e a gestão eficiente dos PEV, pois permite a localização exata das posições no território, facilitando sua integração com os sistemas de coleta seletiva.

Além disso, o conhecimento das coordenadas geográficas possibilita a realização de análises espaciais mais detalhadas, auxiliando na identificação de áreas estratégicas para a instalação dos PEV, considerando fatores como acessibilidade, fluxo populacional e infraestrutura urbana. Esses dados também são fundamentais para a atualização de mapas dos equipamentos de coleta, permitindo que gestores públicos, empresas privadas, cooperativas de catadores de materiais recicláveis e a própria população em geral tenham acesso a uma localização precisa dos pontos, otimizando o processo de descarte adequado dos resíduos recicláveis. A partir da utilização das funções disponíveis neste software de geolocalização,

foram definidos quinze pontos potenciais para a instalação dos PEV, a fim de verificar a viabilidade da instalação do sistema de coleta seletiva em cada bairro.

Na Tabela 3, estão apresentados os dados geográficos de cada posição gerada com base na metodologia de 300 metros de raio, além disso, também é possível verificar os dados da viabilidade da implementação dos PEV.

Tabela 3. Dados geográficos dos PEV (raio de abrangência de 300 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.

Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem	Há a necessidade de realocação?
1	Passagem União, 173. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4201588062632857	-48.48910686607634	11/2018	☒ Sim ☐ Não
2	Av. Pedro Álvares Cabral, 3127. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4203484475021126	-48.48373857613569	05/2024	☒ Sim ☐ Não
3	Trav. Mauriti, 413. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4232438646290189	-48.47851503165681	04/2024	☒ Sim ☐ Não
4	Avenida Arthur Bernardes, 234. Telégrafo, Belém-PA.	-1.425688564820035	-48.48900550467189	05/2024	☒ Sim ☐ Não
5	Avenida Senador Lemos, 2053. Sacramenta, Belém-PA.	-1.4251596902949224	-48.48441696234361	01/2023	☐ Sim ☒ Não
6	Rua do Una, 95. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4312421142796325	-48.489324120015226	04/2024	☐ Sim ☒ Não
7	Rua Curuçá, 849. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4312366125049758	-48.48393913137647	05/2024	☒ Sim ☐ Não
8	Avenida Pedro Álvares Cabral, 769. Umarizal, Belém-PA.	-1.4368045656927133	-48.491925977686854	05/2024	☐ Sim ☒ Não
9	Rua Cônego Jerônimo Pimentel, 911. Umarizal, Belém-PA.	-1.436817436540617	-48.48654520467185	04/2023	☒ Sim ☐ Não
10	Travessa Soares Carneiro, 1340. Umarizal, Belém-PA.	-1.436733414763065	-48.4811901335077	06/2022	☒ Sim ☐ Não
11	Avenida Senador Lemos, 107. Umarizal, Belém-PA.	-1.4417291134509622	-48.49029027768705	05/2024	☒ Sim ☐ Não
12	Travessa Dom Romualdo de Seixas, 1221. Umarizal, Belém-PA.	-1.4424561170094297	-48.48377389117952	04/2024	☐ Sim ☒ Não
13	Avenida Alcindo Cacela, 691. Umarizal, Belém-PA.	-1.4421790389354494	-48.47835810652289	04/2024	☒ Sim ☐ Não
14	Rua Aristides Lobo, 1065. Reduto, Belém-PA.	-1.4479656665758467	-48.49193484885098	03/2023	☒ Sim ☐ Não
15	Avenida Doca de Souza Franco, 150. Reduto, Belém-PA.	-1.4477145982643767	-48.486851671465665	04/2024	☒ Sim ☐ Não

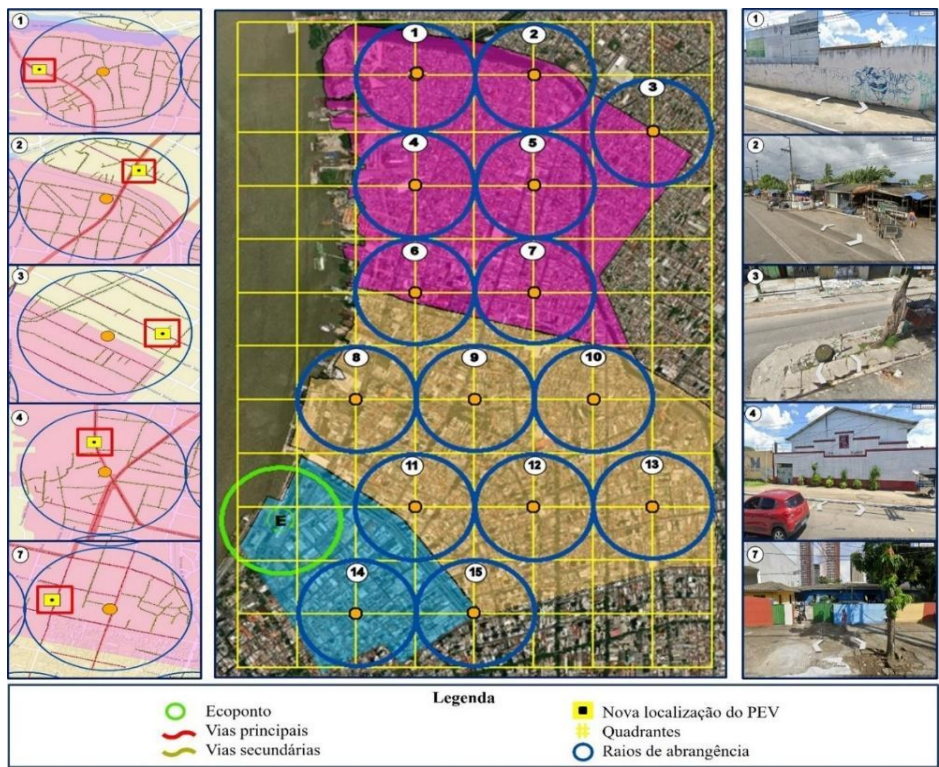
Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Onze dos quinze pontos gerados foram considerados incompatíveis para a instalação dos PEV. As razões para essa incompatibilidade incluem a insuficiência de área disponível para acomodar o equipamento de coleta e a localização em áreas de propriedade privada, o que inviabiliza a implementação dos PEV nesses locais.

7.1.1.1 Realocação dos PEV

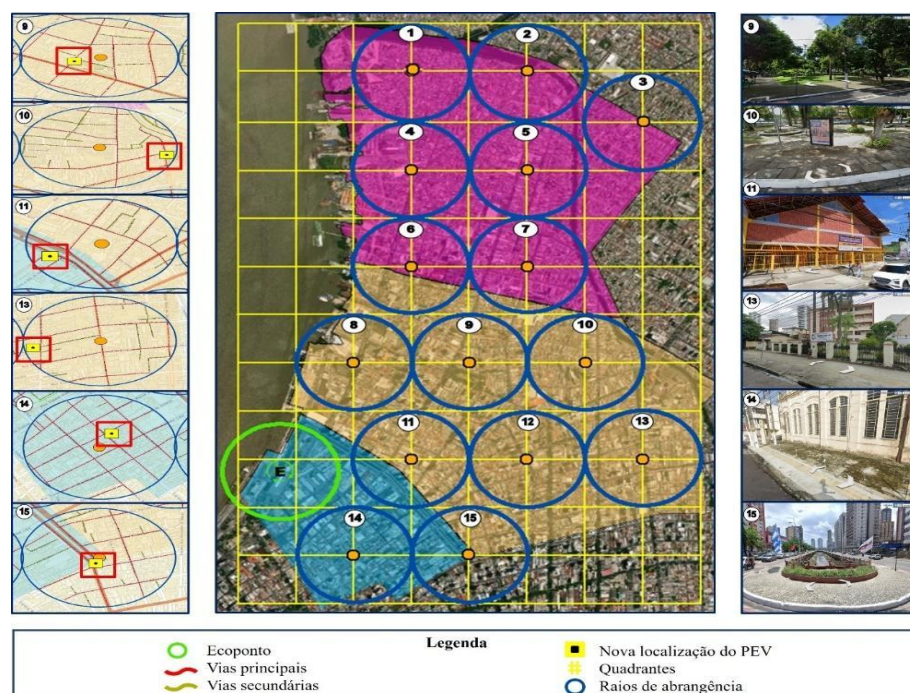
As novas indicações de posições dos PEV foram ajustadas com base nos critérios estabelecidos e podem ser visualizadas no mapa territorial dos bairros (Figuras 17 e Figura 18) e na Tabela 4 com suas respectivas coordenadas geográficas.

Figura 17. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Figura 18. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 300 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Tabela 4. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 300 metros.

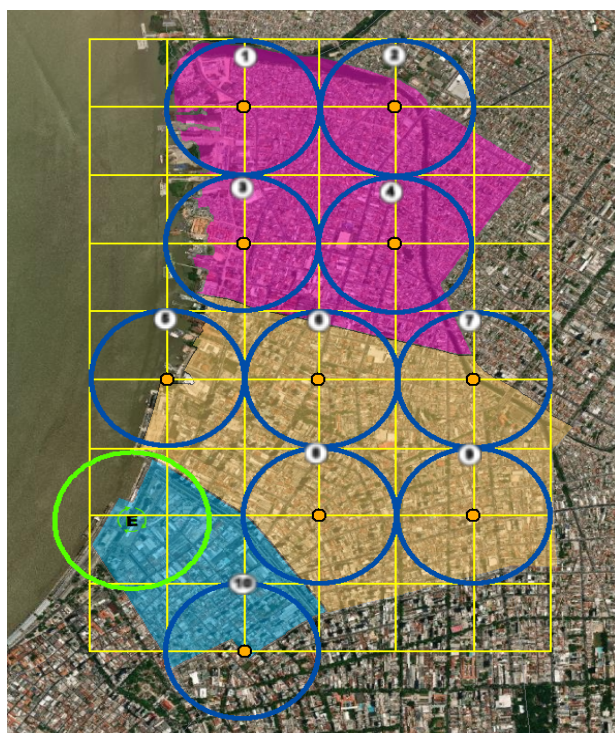
Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem
1	Avenida Arthur Bernardes, 1019. Telégrafo, Belém-PA.	-1.420132989926056	-48.49148050467197	05/2024
2	Avenida Pedro Álvares Cabral, 3225. Sacramento, Belém-PA.	-1.419083904335968	-48.48317194936264	05/2024
3	Travessa Barão do Triunfo, 931. Sacramento, Belém-PA.	-1.4228926390748808	-48.47674000467191	01/2023
4	Avenida Arthur Bernardes, 391. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4246705140222848	-48.48964167327157	05/2024
7	Avenida Senador Lemos, 1402. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4310174926824881	-48.48551546234357	05/2024
9	Avenida Senador Lemos, 713. Telégrafo, Belém-PA.	-1.437001216629957	-48.48763044700025	05/2024
10	Avenida Alcindo Cacela, 130. Umarizal, Belém-PA.	-1.4372842166496123	-48.47901386049263	05/2024
11	Avenida Visconde de Souza Franco, 458. Reduto, Belém-PA.	-1.4429065372794632	-48.49109950652283	04/2024
13	Travessa 14 de Março, 805. Umarizal, Belém-PA.	-1.4424273880909801	-48.48057779303038	05/2024
14	Rua Ó de Almeida, 1170. Campina, Belém-PA.	-1.446976341083512	-48.49151480467189	03/2023
15	Avenida Doca de Souza Franco, 48. Reduto, Belém-PA.	-1.4478641141110382	-48.48662240467182	04/2024

Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

7.1.2 Raio de Cobertura de 400 Metros

A aplicação do método para os raios de abrangência de 400 metros resultou na geração de dez pontos, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19. Posições encontradas no raio de abrangência de 400 metros.



Fonte: Autora (2025).

Com o auxílio do Google Maps, foram obtidas as coordenadas geográficas dos pontos criados para a instalação dos PEV para cobertura de 400 metros de raio. As informações geográficas possibilitam análises espaciais detalhadas, auxiliando na escolha de áreas estratégicas com boa acessibilidade e infraestrutura urbana. A Tabela 5 apresenta os pontos definidos, indicando as suas coordenadas de localização geográfica, e a análise das condições da região quanto a possibilidade de instalação dos equipamentos de coleta, PEV.

Nove dos dez pontos gerados foram considerados inadequados para a instalação do equipamento de coleta, pois não atendiam aos critérios estabelecidos para a área destinada aos PEV. Diante disso, tornou-se necessária a realocação dos pontos, por meio da identificação e criação de novas localizações que atendam aos requisitos de espaço disponível e viabilidade de implementação (**Realocação de Novos Pontos**).

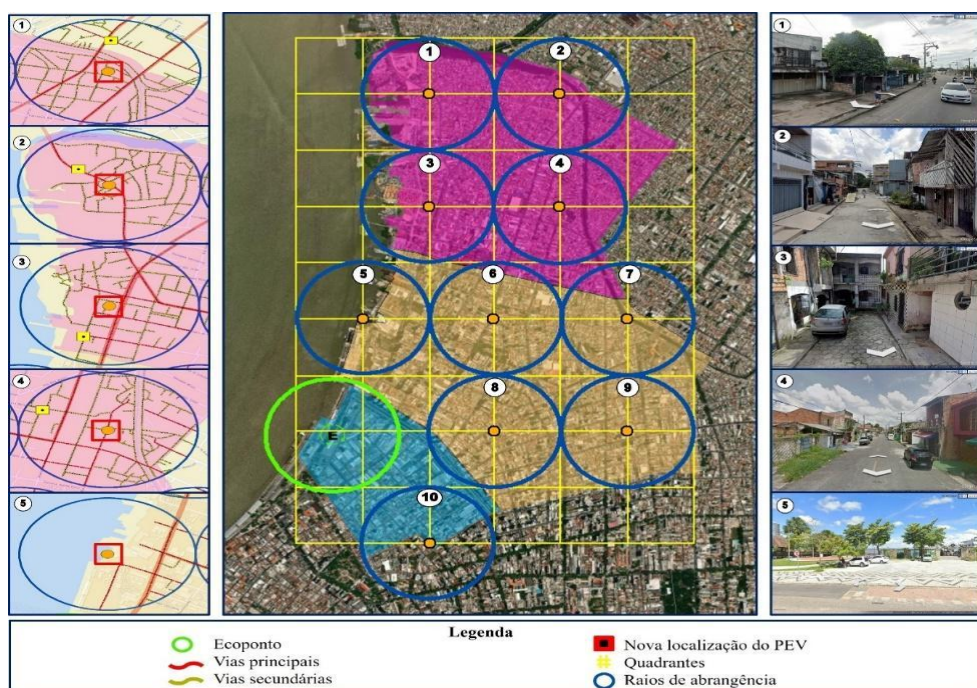
Tabela 5. Dados geográficos dos PEV (raio de abrangência de 400 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.

Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem	Há a necessidade de realocação?
1	Avenida Arthur Bernardes, 756. Telégrafo, Belém-PA.	-1.421184537740566	-48.48981363135835	03/2023	☒ Sim ☐ Não
2	Passagem Padre Marcos, 32. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4209654878444178	-48.48301914700019	05/2024	☒ Sim ☐ Não
3	Víela Lobatinho, 67. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4282259885131425	-48.49020806049268	06/2022	☒ Sim ☐ Não
4	Rua Curuçá, 1218. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4280365864854871	-48.482751089328694	11/2018	☒ Sim ☐ Não
5	Avenida Marechal Hermes, 759. Umarizal, Belém-PA.	-1.4349169655440486	-48.49331283350773	04/2024	☐ Sim ☒ Não
6	Avenida Senador Lemos, 885. Umarizal, Belém-PA.	-1.435399514645451	-48.48707301816425	05/2024	☒ Sim ☐ Não
7	Travessa Antônio Baena, 1351. Pedreira, Belém-PA.	-1.4353190127643054	-48.47964430467179	06/2022	☒ Sim ☐ Não
8	Passagem Secundária, 52. Umarizal, Belém-PA.	-1.443035413591255	-48.48637392001524	09/2012	☒ Sim ☐ Não
9	Rua Antônio Barreto, 1070. Umarizal, Belém-PA.	-1.443487040790381	-48.47894554700014	05/2024	☒ Sim ☐ Não
10	Rua Boaventura da Silva, 72. Umarizal, Belém-PA.	-1.450444642965323	-48.48965161816432	04/2024	☒ Sim ☐ Não

Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

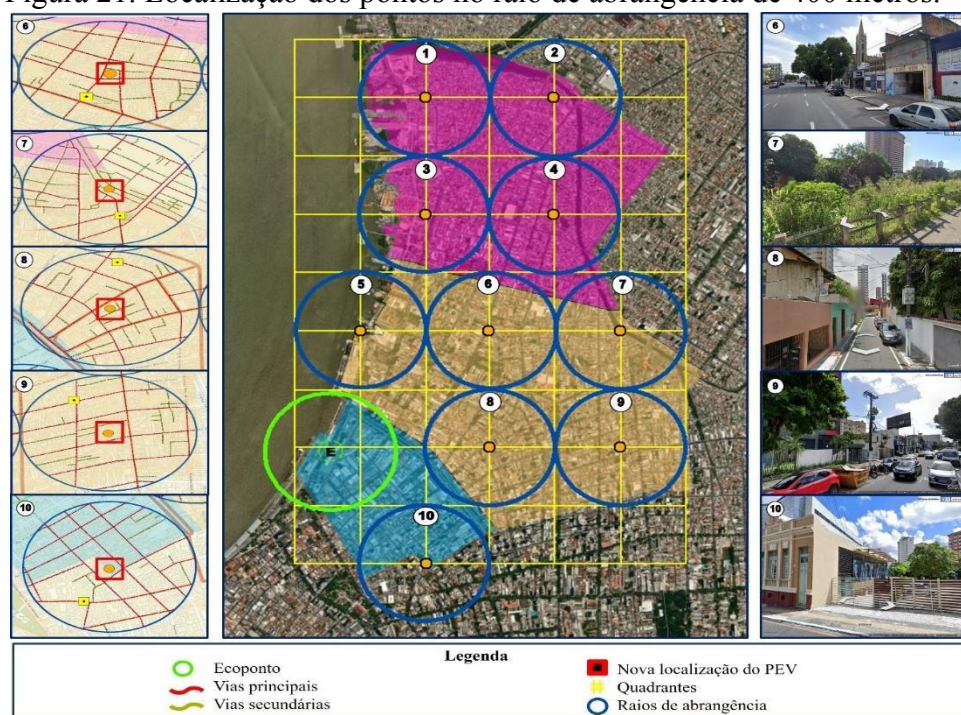
No raio de cobertura de 400 metros, cada ponto foi posicionado no centro dos círculos de abrangência e alocado dentro dos quadrantes definidos, assegurando uma cobertura equilibrada e organizada para a instalação dos PEV (Figuras 20 e Figura 21).

Figura 20. Localização dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Figura 21. Localização dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

7.1.2.1 Realocação dos PEV

As novas localizações do raio de cobertura de 400 metros foram ajustadas mais adequadamente e podem ser visualizadas no mapa territorial dos bairros e na Tabela 6 com suas respectivas coordenadas geográficas (Figura 22 e Figura 23).

Figura 22. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.

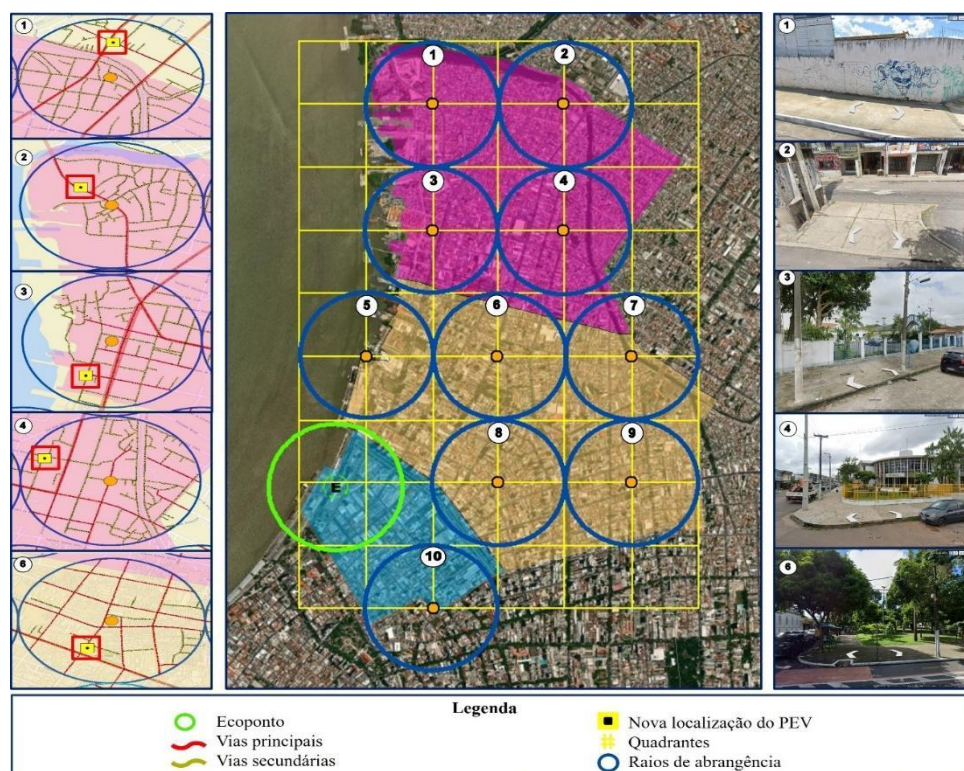


Figura 23. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 400 metros.

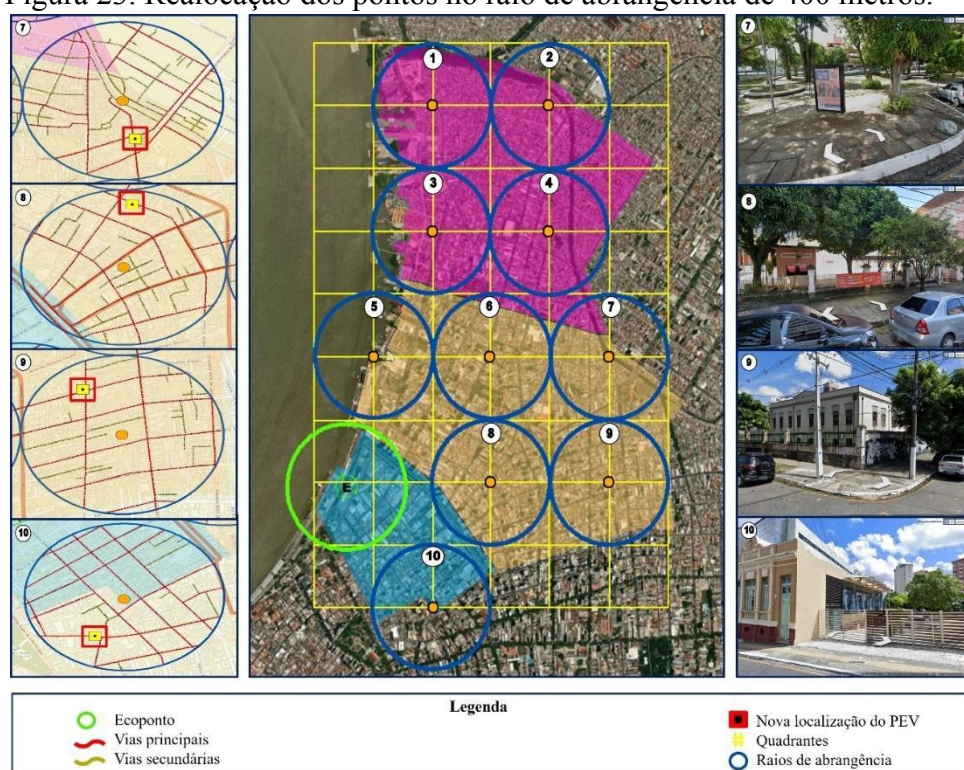


Tabela 6. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 400 metros.

Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem
1	Avenida Arthur Bernardes, 1019. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4200900877639973	-48.49151269117951	05/2024
2	Travessa Barão do Triunfo, 130. Sacramento, Belém-PA.	-1.4187658365510474	-48.483082106522744	01/2023
3	Rua Professor Nelson Ribeiro, 270. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4302856632113434	-48.490827589328454	01/2023
4	Rua Frederico Scheneippe. 317. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4269319061339372	-48.48590995068101	01/2023
6	Avenida Senador Lemos, 713. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4369690402447408	-48.4876626335078	05/2024
7	Avenida Alcindo Cacela, 130. Umarizal, Belém-PA.	-1.437262765728832	-48.479024589328475	05/2024
8	Travessa Dom Romualdo de Seixas, 795. Umarizal, Belém-PA.	-1.4394790877607277	-48.486105233507644	04/2024
9	Rua Oliveira Belo, 407. Umarizal, Belém-PA.	-1.4407303642298304	-48.48065399117946	04/2024
10	Avenida Governador José Malcher, 262. Nazaré, Belém-PA.	-1.4519600922838332	-48.491011518164186	04/2024

Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

7.1.3 Raio de Cobertura de 500 Metros

A aplicação do método para os raios de cobertura de 500 metros resultou na geração de cinco pontos (Figura 24).

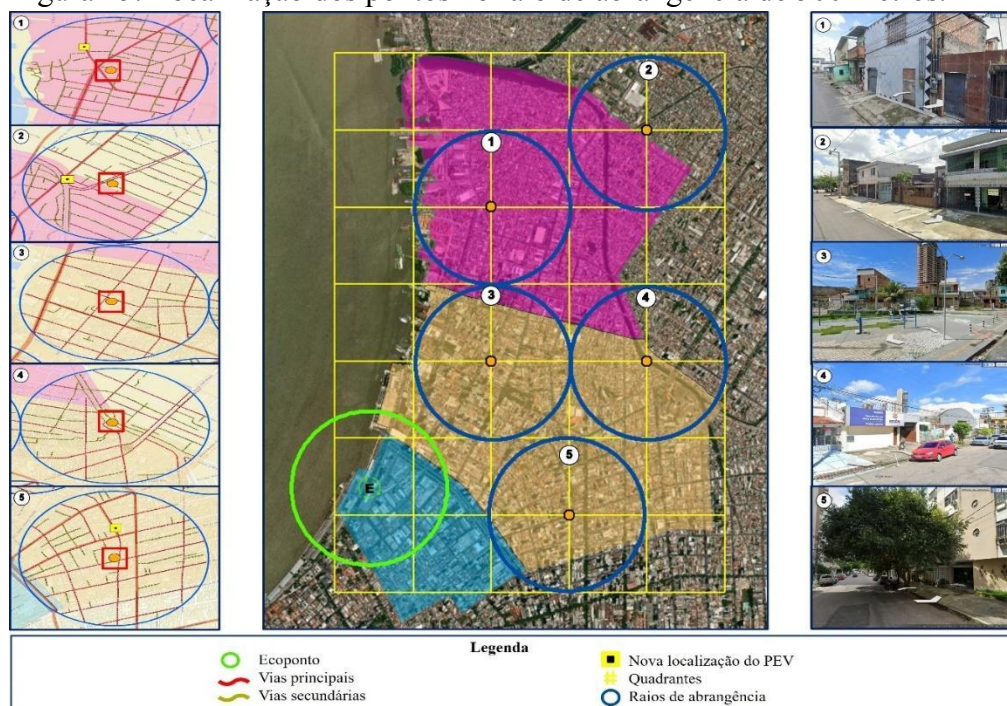
Figura 24. Posições encontradas no raio de abrangência de 500 metros.



Fonte: Autora (2025).

Cada ponto foi centralizado nos círculos de abrangência e posicionado dentro dos quadrantes estabelecidos, assegurando uma cobertura adequada e facilitando a implementação dos equipamentos de coleta (Figura 25).

Figura 25. Localização dos pontos no raio de abrangência de 500 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Utilizando o Google Maps, foram obtidas as coordenadas geográficas dos pontos produzidos para a instalação dos PEV. A análise espacial auxilia na identificação de locais estratégicos, considerando fatores como acessibilidade e infraestrutura urbana. Na Tabela 7 apresenta-se as coordenadas geográficas de cada um dos pontos definidos e a avaliação da necessidade de realocação dos PEV.

Tabela 7. Dados geográficas dos PEV (raio de abrangência de 500 metros) e identificação da necessidade ou não de realocação.

Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem	Há a necessidade de realocação?
1	Passagem Marinho, 388. Sacramento, Belém-PA.	-1.4218276645185297	-48.47951742001532	01/2023	☒ Sim ☐ Não
2	Travessa Rosa Moreira, 55. Telégrafo, Belém-PA.	-1.426106239340948	-48.48822296049248	05/2024	☒ Sim ☐ Não
3	Rua Canal do Galo, 4798. Pedreira, Belém-PA.	-1.4352755401033672	-48.47924131816424	06/2022	☐ Sim ☒ Não
4	Travessa Soares Carneiro, 493. Umarizal, Belém-PA.	-1.4353392146401442	-48.48785064885105	04/2024	☐ Sim ☒ Não
5	Travessa Dom Romualdo de Seixas, 1408. Umarizal, Belém-PA.	-1.44443431714742	-48.48389700467189	05/2024	☒ Sim ☐ Não

Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

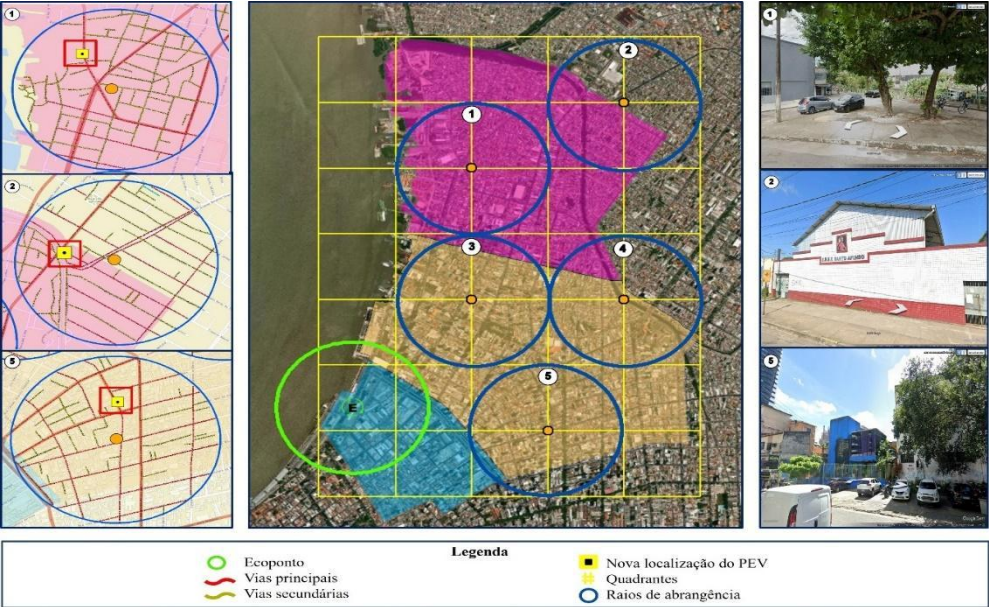
Três dos cinco pontos criados foram considerados inapropriados para o recebimento dos PEV, devido a fatores como falta de espaço disponível ou localização em áreas

inadequadas. Assim, tornou-se essencial realocar esses pontos para novas posições, garantindo que atendam aos critérios necessários para a instalação dos equipamentos de coleta seletiva.

7.1.3.1 Realocação dos PEV

Foram sugeridas novas regiões para o reposicionamento dos pontos considerados inadequados para a instalação dos equipamentos de coleta. Tais localidades apresentavam características propícias para a implementação dos PEV, como área disponível e terreno de propriedade pública. Na metodologia de 500 metros de raio de cobertura, foi necessária a realocação de três dos cinco pontos inicialmente definidos, pois não atendiam aos critérios para a instalação dos equipamentos. As novas posições foram ajustadas para locais mais adequados e podem ser visualizadas no mapa territorial dos bairros (Figura 26) e na Tabela 8 com suas respectivas coordenadas geográficas.

Figura 26. Realocação dos pontos no raio de abrangência de 500 metros.



Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Tabela 8. Coordenadas geográficas dos pontos realocados no raio de abrangência de 500 metros.

Ponto	Endereço	Latitude	Longitude	Data da imagem
1	Travessa Mauriti, 24. Telégrafo, Belém-PA.	-1.421818215581394	-48.481257747000264	06/2022
2	Avenida Arthur Bernardes, 391. Telégrafo, Belém-PA.	-1.4220650411290865	-48.48965593350771	06/2022
5	Travessa Dom Romualdo de Seixas, 1221. Umarizal, Belém-PA.	-1.442402489828798	-48.48374170467196	04/2024

Fonte: Autora (2025), Google Maps (2025).

Resumo dos Pontos Criados e Realocados para cada Raio de Abrangência

Na tabela abaixo (Tabela 9), podemos observar a quantidade de pontos criados e realocados para cada raio de cobertura analisado no estudo.

Tabela 9. Informações sobre os pontos analisados.

Cobertura (m)	Pontos Criados	Realocação
300	15	11
400	10	9
500	5	3

Fonte: Autora (2025).

8. CAPACIDADE DOS CONTÊINERES PARA OS PEV

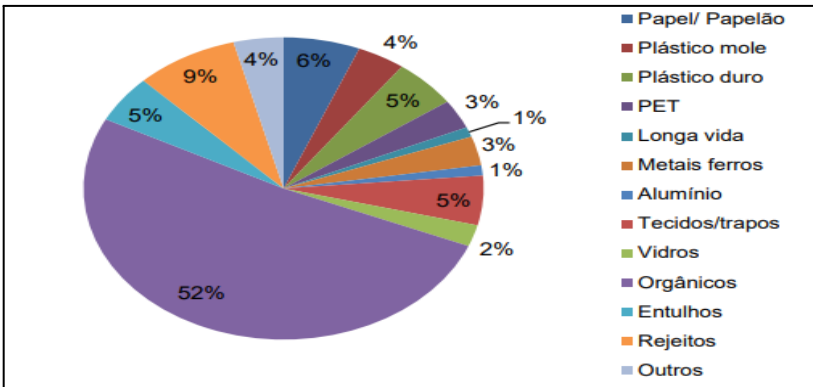
Com os dados obtidos no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (BELÉM, 2020) foi possível identificar a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares em Belém (Tabela 10 e Figura 27), onde revela que a maior parte dos resíduos domiciliares gerados é composta por resíduos orgânicos, que representam 52% do total, com 362,78 kg.

Tabela 10. Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de Belém.

Tipo de Resíduos/Bairro	Total (kg)	%
Papel/Papelão	43,68	6,18%
Plástico Mole	27,50	3,89%
Plástico Duro	36,73	5,20%
PET	21,93	3,10%
Longa Vida	7,45	1,05%
Metais/Ferros	22	3,11%
Alumínio	7,75	1,10%
Tecidos/Tapos	37,36	5,29%
Vidros	16,30	2,31%
Orgânicos	362,78	51,34%

Fonte: Consórcio EGIS – AMPLA (2020).

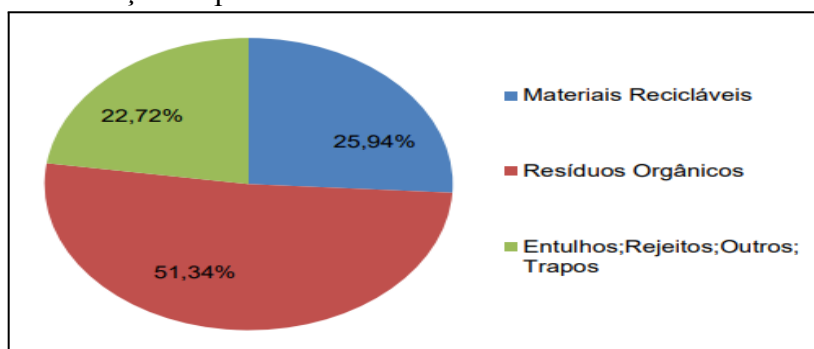
Figura 27. Composição gravimétrica dos resíduos domiciliares.



Fonte: Consórcio EGIS-AMPLA (2020).

Em relação ao potencial de reciclagem, nota-se que há uma quantidade significativa de materiais recicláveis, somando um total de 25,94% do total coletado (Figura 28).

Figura 28. Composição gravimétrica de materiais recicláveis em relação ao percentual total de resíduos domiciliares.



Fonte: Consórcio EGIS-AMPLA (2020).

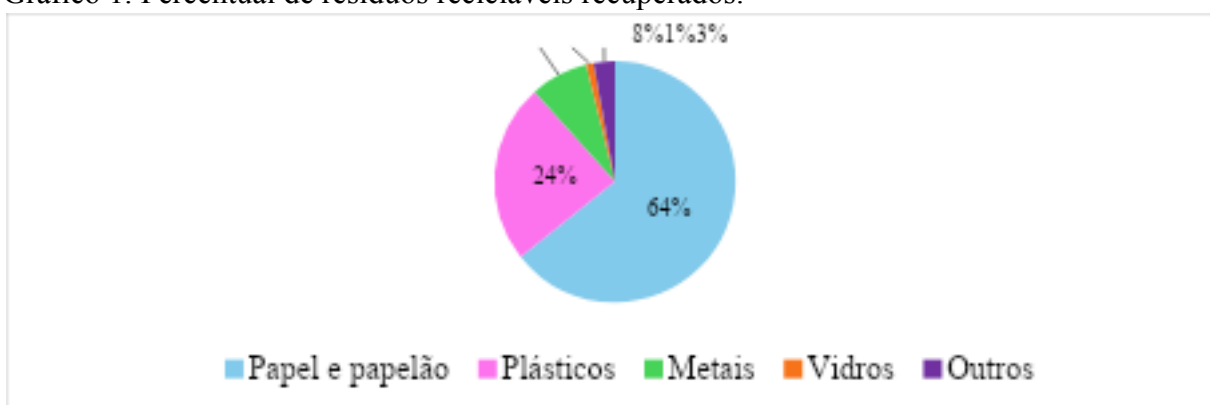
De acordo com os dados disponíveis no SNIS para o ano de 2022, o total de resíduos domiciliares coletados no município foi igual a 346.026,7 toneladas. Desse montante, a quantidade recuperada de materiais com potencial reciclável recuperados foi de apenas 5.861,40 toneladas (Tabela 11) e Gráfico 1).

Tabela 11. Componentes encontrados e quantidade recuperada de resíduos recicláveis.

Tipo de Material	Quantidade Recuperada (tonelada/ano)
Papel/Papelão	3.767,10
Plásticos	1.415,20
Metais	453,1
Vidros	59,6
Outros (exceto pneus e eletrônicos)	166,4

Fonte: SNIS (2022).

Gráfico 1. Percentual de resíduos recicláveis recuperados.



Fonte: SNIS (2022).

Apesar do alto potencial de reaproveitamento dos resíduos domiciliares coletados em Belém, a taxa de recuperação ainda se mostra abaixo do ideal. Do total de 25,94% de

materiais recicláveis presentes nos resíduos gerados, apenas 5.861,4 toneladas foram efetivamente recuperadas, de um volume total de 346.026,7 toneladas (SNIS 2022).

Mesmo diante dessa limitação na recuperação dos recicláveis, o município apresenta um bom potencial para implementação e ampliação de iniciativas de reaproveitamento, como a coleta seletiva e reciclagem.

8.1 Capacidade Necessária do PEV

Quantidade de RSU Produzida nos Bairros Estudados

Através do conhecimento do valor da quantidade total de resíduos domiciliares coletados e da população do município foi possível estimar a geração per capita de Belém (**Capacidade dos PEV**) que é igual a 266 kg/habitante/ano. Para o cálculo do quantitativo de resíduos per capita gerados diariamente o valor de 266 kg foi dividido pela quantidade de dias do ano (365 dias), resultando no total de 0,73 kg/habitante/dia.

Após o conhecimento do valor da geração per capita, a quantidade de habitantes de Belém e dos bairros estudados, foi possível estimar-se a quantidade produzida de resíduos dos três bairros analisados (*Tabela 12*).

Tabela 12. Informações sobre a quantidade de RSU gerada por bairro.

Bairro	População	Geração per capita (kg/hab/dia)	Quantidade produzida de RSU
Reduto	5.168	0,73	3.772,64
Telégrafo	38.300		27.959
Umarizal	32.639		23.826,47

Autora: (2025).

Em seguida, considerando o valor diário e a densidade média dos RSU, que varia entre 150 kg/m³ e 250 kg/m³, sendo adotado o valor médio de 200 kg/m³ ou 0,2 kg/m³ (RIBEIRO, 2017), obteve-se a capacidade necessária para os PEV.

Considerando que apenas 2% do total de RSU coletado (SNIS, 2022) sejam considerados materiais recicláveis destinados aos PEV, teremos:

Tabela 13. Informações sobre a capacidade diárias dos PEV.

Bairro	Total de RSU	Recicláveis 2% (kg/dia)	Recicláveis (L/dia)	PEV necessários por dia (L/2.500)
Reduto	3.772,64	75,45	377,26	0,15
Telégrafo	27.959	559,18	2.795,90	1,12

Umarizal	23.826,47	476,53	2.382,65	0,95
----------	-----------	--------	----------	------

Autora: (2025).

Então, teremos os seguintes percentuais de capacidade ocupada sobre o volume total dos PEV:

- **Reduto:** Em 1 dia gera apenas 15% do total da capacidade do PEV;
- **Telégrafo:** Em 1 dia gera 112% da capacidade de 1 PEV;
- **Umarizal:** Em 1 dia gera 95% da capacidade do PEV.

Demanda Semanal de PEV

Para o cálculo da quantidade necessária de PEV para atender as necessidades dos bairros semanalmente, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$PEV \text{ por semana} = \frac{L.dia \times 7}{2500}$$

Onde:

L x dia – Quantidade de recicláveis geradas diariamente no bairro;

7 – Quantidade de dias da semana;

2500 (L) – Capacidade do PEV utilizado como referência no estudo.

A partir desta análise, obteve-se os seguintes resultados (*Tabela 14*):

Tabela 14. Informações sobre Demanda dos PEV.

Bairro	Qtde. de recicláveis(L/dia)	Qtde. de dia da semana	Volume produzido (L/semana)	Demanda de PEV (Volume/2.500)
Reduto	377,26	7	2.640,82	1
Telégrafo	2.795,90		19.571,30	7 a 8
Umarizal	2.382,67		16.678,69	6 a 7

Autora: (2025).

Como a melhor metodologia do trabalho propõe a instalação de 10 pontos, seria necessária uma distribuição racional, que atendesse melhor as necessidades de cada bairro. Assim, uma alocação proporcional dos 10 PEV seguiria a seguinte configuração (*Tabela 15*):

Tabela 15. Informações sobre o volume disponível semanalmente nos PEV.

Bairro	Qtde. de PEV (dia)	Volume do PEV (L)	Volume disponível (L)
Reduto	1	2.500	2.500
Telégrafo	5		12.500

Umarizal	4		10.000
----------	---	--	--------

Autora: (2025).

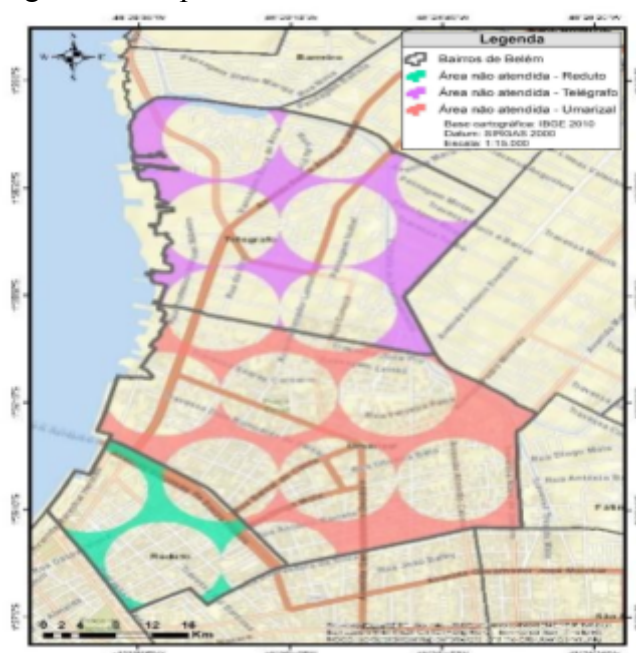
Assim, como o bairro Reduto produz menos resíduos semanalmente em relação aos outros bairros estudados, ficará apenas com um equipamento de coleta, com um volume disponível de 2.500 litros por semana. O Telégrafo possui a maior geração entre os três bairros analisados, então, receberá cinco PEV, já o Umarizal, que apresentou uma produção intermediária, ficará com quatro equipamentos de coleta para atender às suas necessidades semanais.

9. ANÁLISE DOS RAIOS DE COBERTURA

9.1.1 Cobertura de 300 Metros

Os percentuais de áreas não atendidas são relativamente baixos nos três bairros analisados (Figura 29). O maior índice de áreas não atendidas foi registrado no bairro do Umarizal (31%), enquanto o menor ocorreu no Telégrafo (23,70%), notando-se uma maior eficiência neste último. O bairro do Reduto apresentou um percentual intermediário (29%) (Tabela 16).

Figura 29. Mapa de áreas não atendidas – 300 metros.



Fonte: Autora (2025).

Tabela 16. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 300 metros.

Bairro	Área não atendida (%)	Área atendida (%)
Reduto	29,00%	71,00%
Telégrafo	23,70%	76,30%
Umarizal	31,00%	69,00%

Fonte: Autora (2025).

Esse cenário indica que, com raios de cobertura de 300 metros, a maioria das áreas dos bairros está razoavelmente atendida, com percentuais de cobertura superiores a 69%, refletindo uma boa distribuição dos pontos de localização dos PEV nesta metodologia.

9.2.1 Cobertura de 400 metros

Ao expandir o círculo de abrangência para 400 metros (Figura 30), verifica-se uma leve melhora geral no atendimento, com redução nos percentuais de áreas não atendidas, exceto no bairro do Reduto, que apresentou um aumento, passando de 29% para 31,68%. O bairro do Telégrafo manteve o melhor desempenho, reduzindo sua área não atendida para 21,57%, seguido pelo Umarizal (24,21%), ambos com cobertura superior a 75% (Tabela 17).

Figura 30. Mapa de áreas não atendidas – 400 metros.



Fonte: Autora (2025).

Tabela 17. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 400 metros.

Bairro	Área não atendida (%)	Área atendida (%)
Reduto	31,68%	68,32%
Telégrafo	21,57%	78,43%
Umarizal	24,21%	75,80%

Fonte: Autora (2025).

Esses resultados indicam que a ampliação do raio de cobertura para 400 metros gerou uma cobertura mais eficiente, principalmente, no Telégrafo e no Umarizal.

9.3.1 Cobertura de 500 metros

Com o aumento do círculo de abrangência para 500 metros (Figura 31), o padrão esperado de maior cobertura não se manteve uniforme. O bairro do Reduto apresentou um comportamento incomum, com o percentual de área não atendida subindo para 49,75%, praticamente igualando-se à área atendida (50,25%). O Telégrafo também teve um aumento significativo na área não atendida, atingindo 44,56%, o Umarizal foi o único bairro a manter uma cobertura eficiente, sendo o bairro com a menor concentração de áreas não atendidas, apenas 27,45% de área não atendida (Tabela 18).

Figura 31. Mapa de áreas não atendidas – 500 metros.



Fonte: Autora (2025).

Tabela 18. Percentual de área não atendida para raio de cobertura de 500 metros.

Bairro	Área não atendida (%)	Área atendida (%)
Reduto	49,75%	50,25%
Telégrafo	44,56%	55,44%
Umarizal	27,45%	72,55%

Fonte: Autora (2025).

A partir destes dados, é possível constatar-se que a ampliação para 500 metros não foi eficaz em todos os bairros, evidenciando a necessidade de uma análise mais detalhada da distribuição dos PEV e das particularidades da localização sugerida para a instalação.

Portanto, conforme a observação dos dados dispostos nas tabelas, nota-se que a expansão da cobertura para 500 metros, em vez de aumentar significativamente a eficiência do atendimento, resultou em maiores áreas não contempladas em alguns bairros, especialmente no Reduto e no Telégrafo. Isso evidencia que a relação entre o aumento dos raios de abrangência e a melhoria no atendimento não é diretamente proporcional, e que nem todos os raios de cobertura sugeridos na metodologia serão, de fato, eficientes.

Esse diagnóstico reforça a importância de utilizar-se ferramentas como o SIG para aprimorar o planejamento espacial e identificar as limitações de cada região.

9.2 Análise das Deficiências e Eficiência da Cobertura

A análise dos percentuais de área não atendida revela deficiências significativas na cobertura espacial dos PEV em determinados bairros, em especial, quando o raio de cobertura é ampliado para 500 metros. Enquanto o cenário com 300 e 400 metros demonstra uma cobertura mais eficiente e homogênea, a situação se torna mais crítica na simulação de 500 metros, sugerindo que esta metodologia é considerada ineficiente e não deverá ser aplicada na área de estudo.

10. ESTIMATIVA DE CUSTOS COM BASE NA MELHOR METODOLOGIA

Foi realizada uma estimativa de custos com base na melhor metodologia identificada no estudo, que considera a instalação dos PEV em um raio de cobertura de 400 metros. Para este cenário, com a implantação de 10 PEV, foram levantados orçamentos junto a dois fornecedores (**Estimativa de Custo dos Equipamentos – PEV**). A Tabela 19 apresenta os valores de mercado apresentados pelos dois fornecedores consultados para a aquisição dos equipamentos PEV.

Tabela 19. Valores de mercado encontrados para os PEV.

Fornecedor	Quantidade	Valor Unitário do Equipamento (R\$)	Valor Total (R\$)
Fornecedor 1	10	9.664,54	96.645,40
Fornecedor 2	10	11.680,90	116.809,00

Fonte: Autora (2025).

Apesar do custo total para a aplicação da metodologia de 400 metros ser mais elevado em relação aos outros raios de cobertura, como a de 500 metros, ela deve ser escolhida porque apresenta maior eficiência, com percentuais de cobertura superiores a 65% em todos os bairros analisados. Portanto, mesmo com o orçamento sendo maior, o investimento no método de 400 metros representa uma escolha mais estratégica, garantindo melhor utilização dos recursos públicos e maior eficácia na gestão de RSU.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada permitiu avaliar a distribuição e a adequação dos PEV nos bairros do Reduto, Telégrafo e Umarizal em Belém – PA, com base em uma abordagem metodológica que considerou fatores como a geração de RSU, a infraestrutura urbana e a acessibilidade da população. Durante o levantamento, foi identificado que, nos três bairros estudados, havia apenas um PEV em funcionamento, evidenciando a insuficiência dessa estrutura para atender à demanda local para entrega de materiais recicláveis.

Os resultados indicaram que a quantidade de RSU gerada nesses bairros é compatível com os modelos de PEV utilizados como referência no estudo (**Estimativa de Custo dos Equipamentos – PEV**), demonstrando que a ampliação e a redistribuição desses pontos poderiam melhorar significativamente a eficiência da coleta seletiva. Além disso, ao analisar os diferentes raios de cobertura, verificou-se que os círculos de abrangência com raio de 400 metros foram os que melhor atenderam à área territorial dos bairros, resultando em uma menor extensão de áreas sem cobertura adequada.

Dessa forma, este estudo reforça a necessidade de ampliar e otimizar a localização dos PEV nesses bairros, garantindo maior acessibilidade para a população e incentivando a participação na coleta de recicláveis. As informações obtidas podem servir como base para a formulação de políticas públicas voltadas à gestão de RSU, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para a implantação de um sistema mais sustentável de coleta seletiva, promovendo a destinação adequada e reciclagem de RSU na cidade de Belém.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos. Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 27 jan. 2025.

ALMEIDA, R. S.; COSTA, M. F.; SOUZA, P. H. Gestão de resíduos sólidos urbanos e seus impactos ambientais nas cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 17, n. 3, p. 245-263, 2022. Disponível em: <https://www.revistameioambiente.org.br/artigo/gestao-de-residuos-solu-os-urbanos-e-seus-impactos-ambientais>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ALMEIDA, T. R.; OLIVEIRA, M. G.; SOUZA, D. M. A importância da coleta seletiva nas cidades brasileiras de médio porte. *Revista Brasileira de Planejamento Urbano*, v. 10, n. 1, p. 34-47, 2021. Disponível em: <https://www.revistaplanejamento.ufpr.br>. Acesso em: 24 fev. 2025.

ALVES, L. R.; VIANA, T. P. A importância dos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) na coleta seletiva e sua distribuição nas cidades. *Revista de Sustentabilidade Urbana*, v. 10, n. 2, p. 88-104, 2023. Disponível em: <https://revistasustentabilidadeurbana.com.br>. Acesso em: 24 mar. 2025.

ALVES, M. de S.; VIANA, Á. L. Proposta de geolocalização dos pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis na cidade de Manaus. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, Boa Vista, v. 16, n. 48, p. 374–393, 2023. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2923>. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10431647>. Acesso em: 21 mar. 2025

BARBOSA, G. M.; SILVA, L. T.; PINTO, E. A. A coleta seletiva e sua contribuição para a sustentabilidade ambiental no Brasil. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 11, n. 2, p. 45-56, 2019. Disponível em: <https://www.revistagerenciamentoambiental.org.br>. Acesso em: 14 mar. 2025.

BELÉM. Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Saneamento Básico de Belém. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2020. Disponível em: <https://pmsb-pgirs.belem.pa.gov.br/documentos/>. Acesso em: 5 dez. 2025.

BELÉM. Prefeitura Municipal. *Anuário Estatístico do Município: caracterização do território*. 2011. Disponível em:
http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/1_01_Caracterizacao%20do%20Territorio.pdf. Acesso em: 15 fev. 2025.

BELÉM. Prefeitura Municipal. Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana – CODEM. *Mapas dos bairros de Belém*. Disponível em:
<https://codem.belem.pa.gov.br/mapas/bairros-de-belem/>. Acesso em: 15 fev. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). *Diagnóstico Temático: Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos*. Disponível em:
https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 27 jan 2025.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 10 dez. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 dez. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 abr. 2001. Disponível em:
https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=275&Itemid=112. Acesso em: 21 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Reciclagem e reaproveitamento*. Disponível em:
<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>. Acesso em: 27 jan 2025.

CARVALHO, M. C. N. de. Análise quantitativa de pontos de entrega voluntária de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no município de Caruaru-PE. In: *Anais do Congresso Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2022. p. 1-10. Disponível em:
https://abes-dn.org.br/anais-eletronicos/21silubesa_download/412_tema_iii.pdf. Acesso em: 24 jan. 2025.

- CAIBRE, D. I.; PANDOLFO, A.; BERTICELLI, R.; BRUM, E. M.; GOMES, A. P. Análise da viabilidade do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso aplicado a uma cidade de médio porte. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 2, 2016. Acesso em: 24 jan. 2025.
- CHANDIO, I. A. *et al.* Geographic information system and remote sensing applications in flood hazard management: a review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, v. 3, p. 933-947, 2011. Acesso em: 24 jan. 2025.
- CUNHA, A. B.; SANTOS, F. R.; MELO, G. R. Planejamento estratégico para a localização de PEVs utilizando SIG: um estudo aplicado. *Gestão e Planejamento Ambiental*, v. 15, n. 1, p. 55-74, 2022. Disponível em: <https://revistagestaoplambiental.com.br>. Acesso em: 24 mar. 2025.
- CUNHA, D. R.; MOREIRA, T. G.; SILVA, F. L. Eficiência dos pontos de entrega voluntária para a coleta seletiva em áreas urbanas. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 112-125, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.ufba.br/gestaoambiental>. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbga.2022.0567>. Acesso em: 24 dez. 2025.
- EVANGELISTA, J. P.; LIMA, C. R.; FERREIRA, D. S. Impactos do descarte irregular de resíduos sólidos urbanos no meio ambiente. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 14, n. 4, p. 201-219, 2020. Acesso em: 20 mar. 2025.
- EVANGELISTA, Jordanez Ferreira *et al.* Panorama da geração de resíduos sólidos urbanos - RSU no Brasil e seus impactos ao meio ambiente: uma análise comparativa de 2011 a 2018. [S.l.]: Instituto Federal do Pará, 2020. Acesso em: 20 mar. 2025.
- FERREIRA, C. L.; LIMA, A. F. A reciclagem e seu impacto econômico e ambiental na gestão de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 12, n. 3, p. 199-211, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.ufba.br/gerenciamento>. Acesso em: 26 jan. 2025.
- FERNANDES, A. L.; COSTA, D. F.; SOUZA, E. R. Proposta metodológica para localização de PEVs em áreas de alta densidade populacional. *Revista de Sustentabilidade Urbana*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 45-59, 2021. DOI: 10.11606/rsu.2021.7586. Acesso em: 26 jan. 2025.
- FERNANDES, E. L.; PEREIRA, J. M.; OLIVEIRA, H. S. O uso de SIG para a otimização da coleta seletiva e gestão de resíduos urbanos. *Revista de Geotecnologias Aplicadas*, v. 8, n. 3, p. 112-130, 2021. Acesso em: 21 jan. 2025.
- FERREIRA, G. C.; PEREIRA, F. L. Análise de impacto da coleta seletiva na redução de resíduos sólidos urbanos: o caso de Belém. *Revista de Engenharia Ambiental*, Belém, v. 29, n. 2, p. 205-220, 2022. DOI: 10.12955/rea.2022.5875. Acesso em: 20 dez. 2025.

FERREIRA, M. R.; PEREIRA, S. A. A coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas para uma gestão eficiente. *Cadernos de Sustentabilidade e Desenvolvimento Urbano*, v. 12, n. 1, p. 67-85, 2022. Acesso em: 20 dez. 2025.

FREIRE, T. S. C. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Município de Belém: uma análise do gerenciamento e da possibilidade de geração de renda através da reciclagem de resíduos sólidos (1997/2010). 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Pará, Belém. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/2712>. Acesso em: 26 abr. 2025.

GOODCHILD, M. F. Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2018. Acesso em: 20 dez. 2025.

IBGE. Censo Demográfico 2022. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 27 fev 2025.

LAINO, L. O. H. F. Estudo de caso da coleta seletiva exclusiva de vidro por pontos de entrega voluntária (PEV) em Florianópolis (SC). 2021. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/229435>. Acesso em: 26 abr. 2025.

LIMA, R. S.; LIMA, J. P.; SILVA, T. V. V. Roteirização em arcos com um sistema de informações geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 2, p. 180-196, 2012. Acesso em: 26 abr. 2025.

LIMA, L. S.; SILVA, R. M.; SOUZA, A. P. Contribuição dos Pontos de Entrega Voluntária como instrumento para o fortalecimento da gestão municipal e práticas de coleta seletiva: uma análise bibliométrica. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357646311>. Acesso em: 26 fev. 2025.

LIMA, R. F.; SOUZA, C. T.; SILVA, M. A. Coleta seletiva e sustentabilidade urbana: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Políticas Ambientais*, v. 6, n. 4, p. 123-138, 2018.

Disponível em: <https://www.revistapoliticasantambientais.com.br>. Acesso em: 26 fev. 2025.

LOPES, R. D.; SANTOS, L. A. dos; SOUZA, M. C. de. A implantação de pontos de entrega voluntária como ferramenta para a gestão de resíduos sólidos urbanos em Salvador-BA. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 75-84, 2015. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/288074452>. Acesso em: 26 abr. 2025.

MELO, F. A. S.; SOUZA, P. A.; OLIVEIRA, T. M. A reciclagem como ferramenta para a inclusão social e geração de trabalho e renda. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, v. 14,

n. 3, p. 174-186, 2019. Disponível em: <https://www.politicaspUBLICAS.usp.br>. Acesso em: 24 jan. 2025.

NASCIMENTO, M. L. da S. Educação ambiental nos programas de coleta seletiva. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, v. 2, n. 3, p. 134, 2021. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/2360>. Acesso em: 12 jan. 2025.

OLIVEIRA, V. T.; SOUZA, D. F.; MARTINS, C. H. Análise espacial e SIG na gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso em cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Planejamento Territorial*, v. 9, n. 2, p. 135-152, 2022. Acesso em: 12 jan. 2025.

PINTO, A. R.; SANTOS, F. A.; SILVA, J. G. Reciclagem e seus impactos no desenvolvimento sustentável: uma análise das políticas públicas. *Revista Brasileira de Planejamento Urbano*, v. 9, n. 1, p. 87-98, 2018. Disponível em: <https://www.revista.urbanismoufrj.br>. Acesso em: 10 jan. 2025.

PINTO, S. J. A.; SILVA, T. C.; ALMEIDA, C. M. P. Pontos de entrega voluntária como ferramenta de inclusão social e gestão de resíduos. *Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 3, n. 2, p. 98-115, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistaambiental/article/view/136267>. Acesso em: 12 jan. 2025.

POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 1 jan. 2025.

SAÚDE & NATUREZA. Modelos de coleta seletiva e a importância da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. *Revista Saúde & Natureza*, Maringá, v. 54, n. 1, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/94NNYLb9dGZq6LPK8mwcCpj>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SANTOS, G. P.; MEDEIROS, L. M.; ROCHA, B. T. A urbanização e seus impactos na geração de resíduos sólidos urbanos: desafios e soluções. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 16, n. 2, p. 98-114, 2021. Acesso em: 12 jan. 2025.

SANTOS, D. S.; LIMA, V. T. A.; SILVA, G. C. Os desafios da coleta seletiva na modalidade ponto de entrega voluntária – PEV na zona leste da cidade de Manaus. *Revista Geomae - Geografia Meio Ambiente e Ensino*, v. 13, n. 1, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/index.php/geomae/article/view/4733>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SANTOS, J. P. dos; SILVA, F. T. da. Avaliação da eficácia dos pontos de entrega voluntária na coleta de resíduos recicláveis em Curitiba-PR. *Revista Brasileira de Planejamento Territorial*, 66

v. 9, n. 1, p. 142-157, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revista/issue/view/166>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SANTOS, V. C. P.; SOUZA, P. A. S.; CUNHA, J. A. da; PINTO, E. S. Proposta de geolocalização dos pontos de entrega voluntária no bairro do Guamá, Belém-PA. *Revista Brasileira de Planejamento Territorial*, v. 13, n. 2, p. 123-135, 2022. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2923>. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, C. S. S. da; BOLL, N.; ZANIN, G. B.; PERETTI, G.; SOUZA, D. S. de. Análise histórica da geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/11815>. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, J. R.; LIMA, C. A. A problemática da distribuição inadequada dos Pontos de Entrega Voluntária: uma análise em cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 13, n. 4, p. 190-208, 2020. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, L. R.; ARAÚJO, J. M.; GOMES, E. A. Desafios da coleta seletiva na gestão de resíduos urbanos: análise de casos no Brasil. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 153-167, 2021. DOI: 10.5988/rgas.2021.0046. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, R. P.; COSTA, A. L.; MENDES, T. F. Eficiência da coleta seletiva e a importância da participação comunitária. *Revista de Gestão de Resíduos*, v. 11, n. 1, p. 75-92, 2021.

Disponível em:

<https://www.revistagerenciamentoderesiduos.org.br/artigos/eficiencia-coleta-seletiva>. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, R. P.; LIMA, P. A. Efeitos da localização inadequada dos pontos de entrega voluntária na eficiência da coleta seletiva: estudo de caso em São Paulo. *Revista Brasileira de Resíduos Sólidos*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 89-104, 2020. DOI: 10.1590/rbrs.2020.1234. Disponível em: <https://www.rbrs.org.br/article/1234>. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, L. C.; ALMEIDA, S. P.; SOUZA, F. R. A importância da coleta seletiva na gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 8, n. 3, p. 102-112, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.ufba.br/gestaoambiental>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SILVA, R. D.; SANTOS, M. B.; ALMEIDA, T. S. A importância da reciclagem para a sustentabilidade ambiental nas cidades. *Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 112-125, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/32040860>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SOUZA, D. H.; MARTINS, P. R.; ALMEIDA, G. T. Metodologias para otimização da gestão de resíduos sólidos urbanos: aplicações de SIG e geolocalização. *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 147-164, 2020. Disponível em:

<https://www.revengambiente.org.br/metodologias-sig>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SOUZA, F. P.; SOARES, M. A.; GOMES, P. F. Políticas públicas e gestão de resíduos sólidos: uma revisão das melhores práticas. *Revista de Políticas Ambientais*, Recife, v. 19, n. 4, p. 300-314, 2020. DOI: 10.14582/rpa.2020.0046. Disponível em:

<https://www.rpa.org.br/artigos/politicas-gestao-residuos>. Acesso em: 2 jan. 2025.

SORRENTINO, M. *et al.* Educação ambiental como política pública. 2005. Disponível em: <https://amda.org.br/opiniaio/2346-conceitos-de-educacao-ambiental/>. Acesso em: 5 jan. 2025.

TURCI, L. F. R. *et al.* Projeto piloto de ponto de entrega voluntária de material reciclável em bairro do município de Poços de Caldas-MG. *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 22, n. 1, p. 193-204, 2019. Disponível em:

<https://www.revistabrasileiramultidisciplinar.com.br/article/projeto-piloto-pev>. Acesso em: 5 jan. 2025.

TAVARES, J. P.; ALMEIDA, R. F.; COSTA, L. M. Análise dos impactos ambientais da coleta seletiva em áreas urbanas: estudo de caso em Fortaleza. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 18, n. 2, p. 115-130, 2023. Disponível em:

<https://www.revistaestudosambientais.com/artigos/impactos-coleta-seletiva>. Acesso em: 5 jan. 2025.

TEIXEIRA, M. G.; SILVA, F. R.; PEREIRA, A. S. Sustentabilidade e gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios e soluções. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, v. 15, n. 1, p. 50-67, 2022. Disponível em: <https://www.rbpp.gov.br/sustentabilidade-residuos>. Acesso em: 5 fev. 2025.

VIEIRA, D. L.; OLIVEIRA, H. M. Geoprocessamento aplicado à localização de pontos de entrega voluntária em municípios brasileiros. *Revista de Geotecnologias Aplicadas*, v. 11, n. 4, p. 220-237, 2023. DOI: 10.11606/rga.2023.1419. Disponível em:

<https://revistageotec.app.br/article/2023/11/4/220>. Acesso em: 2 mai. 2025.

XAVIER, T. R.; MENDES, F. S.; ALMEIDA, P. C. Impactos socioambientais da coleta seletiva: estudo comparativo entre capitais brasileiras. *Revista Brasileira de Sustentabilidade*, v. 13, n. 2, p. 89-105, 2024. Disponível em:

<https://www.revistabsustentabilidade.org.br/artigos/impactos-coleta>. Acesso em: 6 mai. 2025.

ZANIN, G. B.; LIMA, J. R.; SANTOS, V. T. A utilização de SIG para otimização da coleta seletiva em regiões metropolitanas. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 20, n. 1, p. 45-62,

2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/15000>. Acesso em: 27 mar. 2025.

ZULUAGA, C. M.; RODRIGUES, L. A.; PEREIRA, F. J. Avaliação dos pontos de entrega voluntária para resíduos eletrônicos em cidades brasileiras. *Revista de Gestão Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 73-89, 2023. Disponível em: <https://www.revgestaoambiental.org.br/artigos/pev-eletronicos>. Acesso em: 27 abr. 2025.