



### III-338 - PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEV): UMA PROPOSTA PARA O BAIRRO DO GUAMÁ-BELÉM/PA

**Paulo Alexandre da Silva Souza<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

**Risete Maria Queiroz Leão Braga<sup>(2)</sup>**

Professora Associada da Universidade Federal do Pará, vinculada a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Tecnologia.

**Jaqueline Sarmiento dos Santos<sup>(3)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia pelo PPGEDAM/UFPA. Servidora pública, atua como Engenheira, na Prefeitura Multicampi da UFPA, na área de saneamento. Doutoranda em Engenharia Civil pelo PPGE/UFPA.

**Mariane Furtado Gonçalves<sup>(4)</sup>**

Professora Adjunto da Universidade Federal do Pará, vinculado a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA) do Instituto de Tecnologia.

**Adnilson Igor Martins da Silva<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo PPGE/UFPA, e atualmente doutorando na mesma área e instituição. Servidora Pública, atua como Engenheiro na UFPA, na área de saneamento, e exerce a função de Diretor de Infraestrutura da Prefeitura Multicampi da UFPA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá - Belém - PA - CEP: 66075-110 - Brasil - Tel: +55 (91) 98426-3578 e-mail: [paulo.alexandre15@gmail.com](mailto:paulo.alexandre15@gmail.com)

#### RESUMO

Os pontos de entrega voluntária de resíduos sólidos (PEV) são locais onde a comunidade pode descartar os resíduos para posterior entrega aos catadores de materiais recicláveis. Para que uma população participe da coleta seletiva por meio do PEV é necessário observar e atender alguns quesitos, entre os quais: localização e distância de suas residências. O presente estudo teve como objetivo investigar possíveis instalações de PEV para a coleta seletiva de materiais recicláveis domiciliares e comerciais no bairro do Guamá-Belém-PA, baseado nas características do local e a sua produção de resíduos. A metodologia consistiu em levantar a quantidade de resíduos domiciliares gerados pela população, a partir de dados disponibilizados pela Secretaria de Saneamento (SESAN) e pelo seu Departamento de Resíduos Sólidos (DRES). O número de PEV necessários para cobrir a densidade da área foi definido levando em consideração a quantidade total de materiais recicláveis a serem coletados e o volume médio de recicláveis que um PEV pode comportar. O raio de abrangência da área do estudo foi definido empregando-se o software AutoCAD®, com emprego da ferramenta Geographic Location, e os comandos Zoom e Pan para a delimitação do bairro e de seus logradouros pelo comando Polyline. O estudo sugere a instalação de 10 PEV que poderiam ser alocados em diversos pontos do bairro. Entretanto, é importante realizar ações de conscientização e educação ambiental para a população local, destacando a importância de utilizar corretamente o PEV e não descartar resíduos fora dele. Além disso, é necessário o monitoramento frequente do local e a implementação de medidas de fiscalização para coibir o descarte indevido de resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Localização, Pontos de Entrega Voluntária, Coleta Seletiva, Resíduos Sólidos.

#### 1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento eficiente de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um desafio crescente no Brasil, como evidencia o aumento da geração de RSU de 67 milhões para 82,5 milhões de toneladas entre 2010 e 2020 (ABRELPE, 2021). Neste contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº



12.305 de 2010 constitui um marco legislativo significativo, estabelecendo um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para melhorar a gestão e o manejo de resíduos no Brasil (BRASIL, 2010).

A coleta seletiva, definida como a segregação dos resíduos segundo sua composição (Brasil, 2010), é um instrumento chave da PNRS, trazendo benefícios como a redução da exploração de recursos naturais e a minimização da poluição (SANTOS, 2016). Ela se divide em dois modelos principais: remoção porta a porta e Pontos de Entrega Voluntária (PEV) (BARKI, 2012).

Conforme definido pela norma ABNT NBR 17100-1:2023 – Gerenciamento de resíduos, os PEV são estruturas para entrega voluntária de resíduos, essenciais para a correta destinação dos recicláveis (ABNT, 2023). Estes contentores facilitam a segregação e coleta, contribuindo para uma gestão de resíduos sólidos mais eficiente (PEIXOTO, 2006).

A eficácia dos PEV, contudo, está intimamente ligada à sua localização e à participação comunitária. Peixoto (2006) e Oliveira e Paschoalin Filho (2016) observaram que, a proximidade dos PEV aos usuários é crucial para incentivar a separação voluntária de materiais recicláveis. Portanto, a sua distribuição em locais predefinidos seria um fator importante para solução dos problemas dos resíduos.

Assim, este estudo concentra-se no bairro do Guamá em Belém/PA, um dos mais populosos da capital e com potencial significativo para a geração de materiais recicláveis. A recente remoção do único PEV administrado pelo poder público, em 2022 (SEMMA, 2016) expôs uma lacuna na infraestrutura de coleta seletiva do bairro.

Atualmente, o bairro conta com a presença de um ecoponto da iniciativa privada, o 'E+Reciclagem', que evidencia a necessidade de mais opções de pontos de coleta seletiva na área. Assim, o objetivo deste trabalho é propor a expansão da rede de PEV no Guamá para melhorar a coleta seletiva de resíduos domiciliares e comerciais. A proposta considera as características únicas do bairro e sua produção de resíduos, visando aprimorar a gestão de resíduos, assim como, promover a conscientização ambiental e estimular a participação ativa da comunidade.

## **OBJETIVO**

O trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) para a coleta seletiva de resíduos domiciliares e comerciais no bairro do Guamá-Belém-Pa.

## **METODOLOGIA**

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O Bairro do Guamá, localizado no município de Belém-PA, ocupa uma área de 4.1754 km<sup>2</sup> com um total de 94.610 habitantes (IBGE, 2010). O bairro além de comportar uma das maiores populações da capital, apresenta diversos empreendimentos e pontos de comércio, refletindo a dinâmica social e econômica, influenciando na geração de resíduos. A estrutura econômica do bairro é considerada como classe média a média baixa (DRES, 2019).

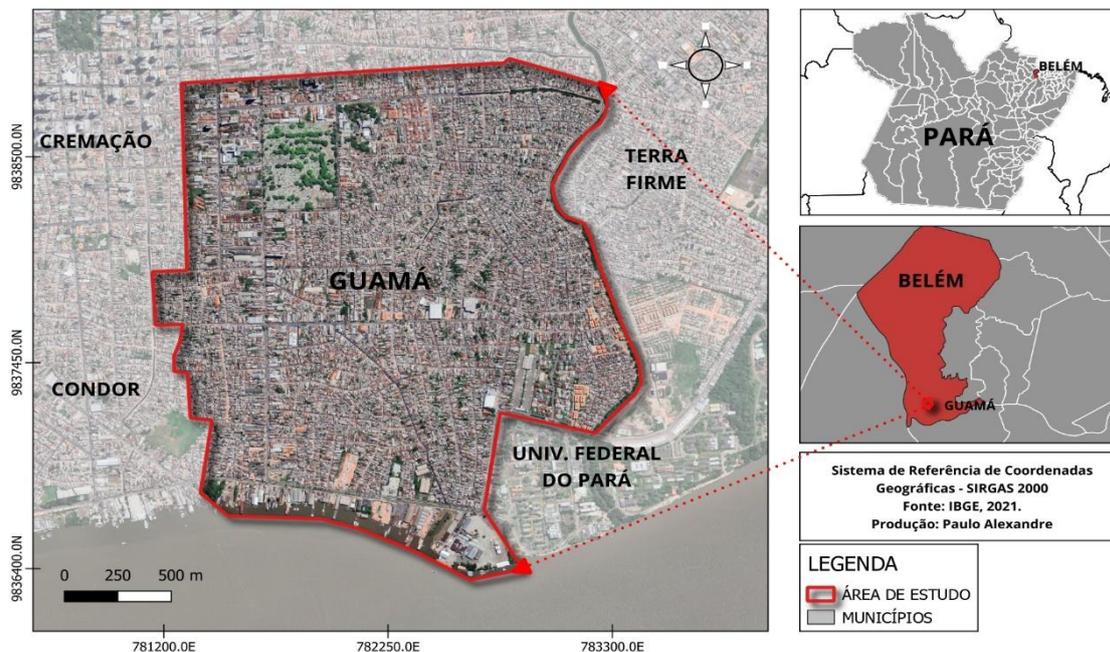
O bairro além de comportar uma das maiores populações da capital, apresenta diversos empreendimentos e pontos de comércio, dentre eles uma feira municipal, localizada no cruzamento entre a Rua Barão de Igarapé-Miri e a Avenida José Bonifácio. Possui movimentação e influência na economia local, bem como na estruturação social do bairro e de bairros limítrofes. Trata-se de um espaço convencional de comercialização de produtos, dedicado à venda de frutas, legumes, carne, pescados, farinhas, ervas medicinais tradicionais e produtos industrializados convencionais.



O bairro do Guamá apresenta uma combinação de residências, áreas comerciais, cemitério, hospitais e supermercados de médio e grande porte, é válido presumir que a distribuição dos PEV pode ser equitativa, podendo abranger diferentes áreas (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da localização do bairro do Guamá

## LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO DO GUAMÁ



Conforme a necessidade, de acordo com o Departamento de Resíduos Sólidos (DRES) da Prefeitura Municipal de Belém (PMB), a coleta é realizada no regime porta a porta diariamente ou em dias alternados (sendo mais comum nas segundas, quartas e sextas-feiras) em horários diurnos ou noturnos, respeitando a demanda de resíduos gerados e a característica do local (vias pavimentadas, característica da via, etc.).

### DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO DA COLETA SELETIVA

Para alcançar o objetivo geral do estudo foi levantado, pela análise gravimétrica, os materiais recicláveis gerados pela população do bairro, e com o emprego do programa de Software AutoCad identificou-se prováveis áreas para instalação dos PEV, verificando a viabilidade do espaço e o fluxo de contribuintes na geração de resíduos domiciliares.

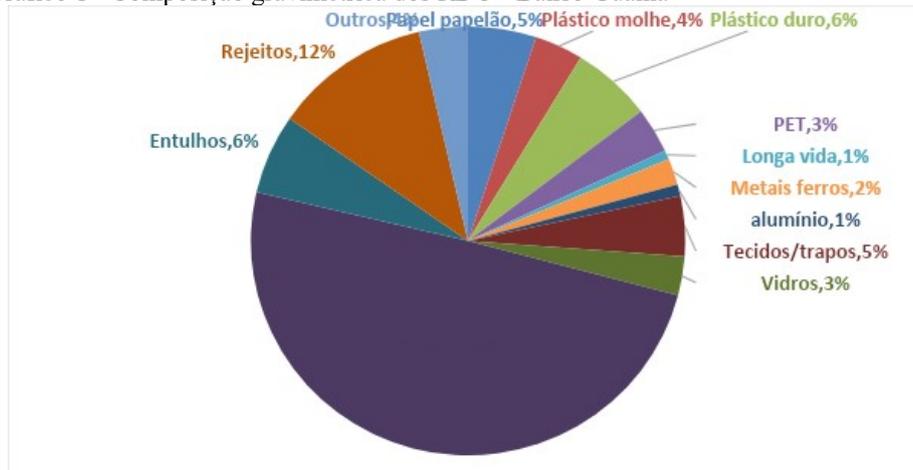
Optou-se pela modalidade de coleta por PEV, considerando as vantagens relacionadas a redução de custos e eficiência operacional, devido a menor quantidade de paradas em relação à coleta porta a porta, o que consequentemente reduz os tempos de coleta.

Para dimensionar e estimar a abrangência da coleta seletiva de forma adequada, garantindo a eficiência operacional e a capacidade de atender à demanda da população de forma sustentável levou-se em consideração quatro aspectos principais: a quantidade de materiais recicláveis a ser coletada, a frequência de coleta, o dimensionamento e localização dos PEVs e a frota necessária para a coleta.

### QUANTIDADE DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

O cálculo da quantidade de materiais recicláveis foi obtido de acordo com a Equação 1, que relaciona a participação da população, a partir de pesquisas porta a porta, Peixoto (2006) indica. O Valor de  $Q_r$  foi definido de acordo com análise gravimétrica para o bairro do Guamá (Gráfico 1), onde observa-se que 49% dos resíduos coletados é matéria orgânica, e 45% são resíduos inorgânicos, ou seja, a maioria recicláveis. No entanto, existem perdas de materiais, haja vista que a matéria orgânica pode ficar misturada aos recicláveis, portanto, considerou-se que apenas 80% deste material pode ser aproveitado.

Gráfico 1 - Composição gravimétrica dos RDO - Bairro Guamá



Fonte: DRES, 2019.

Desta forma, utilizando a Equação 1, tem-se:

$$Q_r = Q_l * i * r \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

$Q_r$ : per capita de materiais recicláveis gerados diariamente por habitante, em kg/hab.dia;

$Q_l$ : per capita de resíduos sólidos domiciliares gerados diariamente (kg/habitante.dia), que no bairro do Guamá é de 0,7 kg/hab.dia;

$i$ : percentual de inorgânicos obtido por análise gravimétrica (50% - SESAN/DRES, 2019);

$r$ : percentual de materiais recicláveis aproveitáveis (80% do valor de  $i$ ).

Quando não for possível essa realização, uma estimativa inicial de aproximadamente 25% da população para a abrangência pela coleta seletiva. No estudo, foram empregados 3 cenários de estimativa de participação da população para o bairro do Guamá adotou-se três cenários, onde estimou-se a participação da população: 5% (pessimista), 10% (mediano) e 25% (otimista), para definir a abrangência da coleta seletiva.

Com a Equação 2 obtém-se a quantidade total de materiais recicláveis a ser coletado semanalmente.

$$Q_{rt} = (7 * N_{hab} * p * Q_r) / 1000 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

$Q_{rt}$ : Quantidade total de materiais recicláveis a ser coletada semanalmente;

7: número de dias da semana a considerar;

$N_{hab}$ : número de habitantes da região onde haverá coleta seletiva;

$p$ : percentual de participação da população (cenários);

$Q_r$ : per capita de materiais recicláveis gerados diariamente por habitante, em kg/habitante.dia.

### Frequência de Coleta

A definição da frequência de coleta para PEV é importante porque está diretamente ligada à quantidade a ser coletada, ao dimensionamento dos PEV e a capacidade dos veículos a serem utilizados.



Inicialmente, foi adotada uma coleta por semana dos resíduos nos PEV. Essa frequência é estabelecida levando em consideração a quantidade a ser coletada, a capacidade dos PEV e dos veículos de coleta. No entanto, é importante realizar uma avaliação periódica para verificar se essa frequência é suficiente.

Nessa avaliação, é necessário considerar a quantidade real de resíduos a ser coletada, levando em conta a participação da população, a capacidade de armazenamento dos PEV e dos veículos, bem como a eficiência do processo de coleta. Se os PEV e/ou a frota de veículos estiverem operando no limite de sua capacidade ou se a quantidade de resíduos gerados exigir uma frequência maior de coleta, é necessário realizar ajustes.

### **DIMENSIONAMENTO E LOCALIZAÇÃO DOS PEVS**

A partir da quantidade total a ser coletada é possível calcular o número de PEV que serão instalados. Para tanto, deve-se estabelecer a capacidade dos PEV a serem implantados. Em geral, a capacidade volumétrica varia de 1.000 a 2.500 litros. A capacidade de carga do contêiner varia de acordo com o fabricante (PEIXOTO, 2006). O cálculo da quantidade de PEVs foi realizado de acordo com a Equação 3.

$$N_{pev} = Q_{rt} / (C_c * f) \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

$N_{pev}$ : número de PEVs a serem instalados;

$Q_{rt}$ : Quantidade total de materiais recicláveis a ser coletada semanalmente;

$C_c$ : capacidade de carga do container, em toneladas;

$f$ : frequência de coleta, em vezes por semana.

A distância máxima de um PEV até o usuário é um fator importante a ser considerado no dimensionamento do número de PEV. É fundamental garantir que a distância de caminhada para os cidadãos seja tolerável e incentive a participação no programa de coleta seletiva.

Ao definir uma distância máxima de caminhada, você está incentivando a população a adotar a prática sustentável de caminhar até o PEV em vez de utilizar veículos motorizados. Isso contribui para a redução do impacto ambiental e promove um estilo de vida mais saudável.

Assim, de acordo com estudos de Peixoto (2006), considera-se a participação do usuário apenas por meio de caminhada, e que a distância ideal até o PEV seja de 300 metros, podendo chegar ao máximo de 500 metros. Após o cálculo do número de PEVs necessários, é importante realizar a divisão das áreas de forma apropriada.

A divisão das áreas pode ser realizada levando em consideração a densidade demográfica da região e a quantidade de resíduos gerados, buscando uma distribuição homogênea ou proporcional.

Quando a densidade demográfica é homogênea em toda a região, é possível dividir a área em partes iguais, garantindo uma distribuição equitativa dos PEVs. Essa abordagem é adequada para áreas em que a quantidade de habitantes e a geração de resíduos são relativamente uniformes.

No entanto, em regiões com densidade demográfica heterogênea, é necessário levar em consideração a ocupação do espaço. Nesses casos, as áreas devem ser proporcionais à ocupação, atribuindo uma área maior para a região menos densa e uma área menor para a região mais densa. Dessa forma, é possível garantir uma distribuição adequada dos PEVs, levando em conta as diferenças na geração de resíduos e na população atendida.

Se a divisão das áreas em círculos com raio de 500 metros não atender à condição da distância máxima de caminhada de 500 metros, é necessário fazer ajustes para garantir que a área esteja dentro dessa distância.

Uma abordagem possível é reduzir o raio dos círculos para 370 metros, como mencionado anteriormente. Isso garantirá que a área esteja circunscrita em um círculo com raio menor e, conseqüentemente, dentro da distância máxima de caminhada de 500 metros.

A partir da quantidade total a ser coletada foi possível calcular o número de PEV que serão instalados. Adotou-se uma capacidade volumétrica de 500 e 1.000 litros.

A estratégia de implementação dos PEV baseou-se em análises de distâncias e na distribuição geográfica, usando o software AutoCAD® para mapeamento preciso e planejamento eficaz. O bairro do Guamá foi dividido em áreas levando-se em consideração a densidade demográfica da região e a quantidade de resíduos gerados, buscando uma distribuição homogênea ou proporcional. No estudo dividiram-se as áreas em círculos com o raio dos círculos para 370 metros, a fim de possibilitar um melhor deslocamento da população.

### Frota

A frota a ser utilizada terá como prioridade os veículos que a empresa já possua e que pode ser disponibilizado para a coleta seletiva. No caso de aquisição, para o município que adotar coleta por meio de PEV é conveniente que seja um caminhão munck, visto que há redução no tempo de coleta em comparação aos outros tipos de veículos (carro de mão, carroça, carro coletor armado ou motorizado).

As equações 4 e 5 são empregadas para determinar o número de viagens por semana e o número de viagens semanais por veículo são apresentadas a seguir.

$$Nvi=Qyt/Ccc \quad (Eq.4)$$

Onde:

Nvi: número de viagens semanais, em viagens / semana;

Ccc: capacidade de carga do veículo, em toneladas.

$$Nvive=Nvi/(nve*f) \quad (Eq.5)$$

Onde:

Nvive: número de viagens semanais por veículo, em viagens;

nve: número de veículos.

### RESULTADOS

A quantidade per capita diária de materiais recicláveis gerados pela população em 2020 foi de 0,0735 kg/hab.dia. A quantidade semanal a ser coletada, considerando diversos cenários de participação da população está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1 - Relação de percentual de participação da população x quantidade de resíduos**

Cenários de participação da população (%)	Quantidade coletada de recicláveis (Ton)
5	2,67
10	5,35
15	8,03

Com base na quantidade de resíduos coletados semanalmente, calculou-se o número de PEV necessários a serem instalados, considerando a capacidade de carga do contêiner e a frequência da coleta semanal (Tabela 2).

**Tabela 2 - Percentual de participação da população, quantidade de PEV e capacidade de contêiner**

Capacidade do contêiner (ton)	Frequência de Coleta/semana	Percentual de participação da população		
		5%	10%	15%
1				

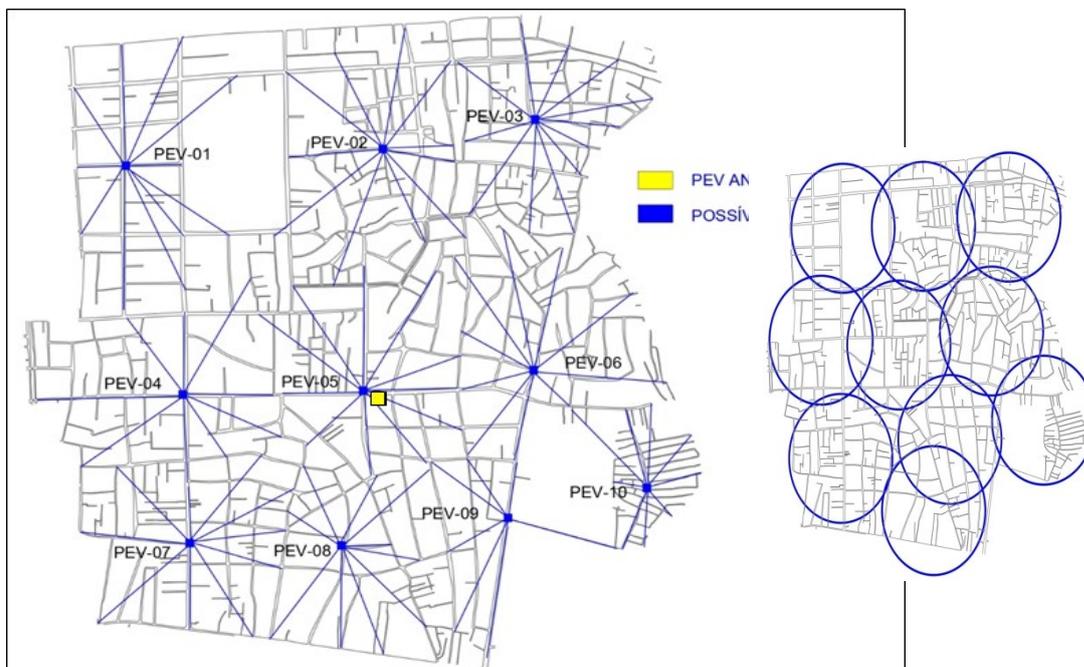
0,5	1	6 PEV	10 PEV	16 PEV
1	1	3 PEV	6 PEV	8 PEV

Para atender à condição de que todas as áreas estejam circunscritas em círculos com raio de 370 metros, que indica a distância ideal de caminhada para o PEV, é necessário garantir que não haja sobreposição de círculos na localização dos PEV. No entanto, pequenas áreas não foram circunscritas devido à ocupação por empreendimentos e instituições, criando lacunas na cobertura do serviço de coleta seletiva na região.

Essas áreas não cobertas pelos PEV podem representar um desafio logístico e de cobertura do serviço. Portanto, aumentar a quantidade de PEV é uma opção viável. Isso pode ser alcançado instalando PEV adicionais em locais estratégicos mais próximos das áreas não atendidas.

Uma representação gráfica dos 10 PEV e seus respectivos pontos de atendimento, pelo método das p-medianas, está expressa na Figura 1.

**Figura 1: Mapa com delimitação das áreas e localização dos PEV de acordo com os arcos representativos - raio de distância de 370 m**



O alcance médio para cada PEV foi de 337,37 metros, atendendo as distâncias e coberturas máximas exigidas.

### ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a distribuição dos PEV verificou-se, pelo Google Maps, os locais que seriam os mesmos seriam instalados. Em alguns pontos observou-se que existe um espaço adequado para a locação do contêiner. Entretanto, outros PEV apresentaram espaço reduzido de instalação, haja vista que o contêiner apresenta dimensões de (1,80x0,90x1,83m) o que implicaria no tráfego de pedestres, podendo trazer interrupções no fluxo de veículos e riscos aos transeuntes.

### CONCLUSÕES

Um problema recorrente é o aumento da geração de resíduo devido ao crescimento da renda e do consumismo, que ocorre em taxas maiores do que o crescimento populacional. Diante disso, é fundamental adotar medidas para reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos.



A reciclagem, proporcionada pela coleta seletiva, contribui significativamente para a redução dos custos relacionados à disposição do resíduo. Quando os materiais são reciclados, a quantidade de resíduo destinado aos aterros sanitários é reduzida, o que implica em menor necessidade de investimentos na implantação e manutenção desses aterros.

Os resultados deste estudo revelaram a necessidade de expandir a rede de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) no bairro do Guamá, uma vez que apenas um PEV não atende à demanda gerada pela população. Além disso, a distância até o único PEV existente é significativa, o que dificulta a participação efetiva da população na coleta seletiva. O método utilizado para avaliar a alocação de novos PEV mostrou-se eficiente e de fácil aplicação, proporcionando uma distribuição mais precisa desses pontos.

No entanto, é fundamental acompanhar de perto a conscientização da população e implementar medidas de fiscalização para evitar o descarte indevido de resíduos nos PEV. A colaboração entre a comunidade e as autoridades municipais é essencial para uma gestão eficaz dos resíduos, incluindo a expansão da rede de PEV para outros bairros, a fim de atender às necessidades da população de maneira adequada.

Como recomendações futuras, sugere-se a análise dos custos relacionados ao aumento da frequência da coleta e ao número de PEV. Além disso, é possível aprimorar a capacidade volumétrica de cada região para otimizar a entrega de resíduos recicláveis pela população e sua coleta pelas autoridades municipais. A criação de um sistema de entrada e saída de dados centralizados podem facilitar a gestão da coleta seletiva e garantir informações precisas para tomadas de decisão eficazes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2013.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17100-1 /2023. Gerenciamento de resíduos Parte 1: estabelece os requisitos gerais aplicáveis às etapas de gerenciamento de resíduos.
3. BARKI, T. V. P. Guia de implantação de coleta seletiva em municípios. Brasília. 2012.
4. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras providências. Presidência da República, Casa Civil, Brasília. Recuperado em 15 de abril de 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm), 2002. Acesso em: 10/03/2023
5. Departamento de Resíduos Sólidos (DRES) – Prefeitura Municipal de Belém – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Consórcio EGIS-AMPLA. <http://ww4.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2020/10/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o-Geral-de-Bel%C3%A9m-Relat%C3%B3rio-3.1-1.pdf>. Acesso: janeiro 2022.
6. OLIVEIRA, R. B.; PASCHOALIN FILHO, J. A. *Mapa interativo para a localização de pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis na cidade de São Paulo*. Exacta – EP, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 163-171, 2016.
7. PEIXOTO, K. Contribuição ao planejamento e operação da coleta seletiva em área urbana. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. 2006.
8. SANTOS, G. O. *Resíduos sólidos e aterros sanitários: em busca de um novo olhar*. Recife: Imprima, 1. Ed, 2016. 80 p
9. SEMMA. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Mapa de Distribuição Dos LEV's para a Destinação dos Resíduos Recicláveis. 2016. Disponível em: <https://semma.belem.pa.gov.br/relacao-distribuicao-dos-levs-com-indicacao-de-rede-de-cooperativas-de-catadores-para-a-destinacao-dos-residuos/>. Acesso em: 03/08/2023.