



## PLANO DE ACONDICIONAMENTO, COLETA E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – ESTUDO DE CASO EM MICRORREGIÃO DO RECIFE.

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.X-001>

**Eduardo Antonio Maia Lins (\*), Itamar Victor de Lima Costa, Antonio Pereira de Brito Neto, Rui Pedro Cordeiro Abreu de Oliveira, Sarah Maia Pianowski**

\* Instituto Federal de Pernambuco / Universidade Católica de Pernambuco; e-mail: [eduardomaialins@gmail.com](mailto:eduardomaialins@gmail.com)

### RESUMO

Uma das vertentes da limpeza urbana está associada ao acondicionamento e coleta de lixo, que visa a melhor maneira de destinar adequadamente os resíduos sólidos. Contudo existem inúmeros desafios como a topografia local, custos das máquinas e equipamentos, bem como a educação da população local. Ao analisar os centros urbanos, percebe-se um processo contínuo de mudanças, seja por manutenção nas vias, congestionamentos ou pelo crescimento natural das cidades. Gerenciar as rotas de coleta é uma atividade complexa que exige um planejamento capaz de organizar os melhores traçados, atendendo toda população com a regularidade exigida. Analisar o local em questão, e promover uma forma de acondicionamento e coleta com maior eficiência na destinação final dos resíduos. A metodologia utilizada consistiu no levantamento de dados topográficos e populacionais da microrregião analisada da cidade do Recife/PE através de pesquisa. Depois, adotou-se as medidas necessárias, através de cálculos e software para o planejamento do acondicionamento, das rotas de coleta e destinação final dos resíduos. Analisando a pontuação das ameaças foi possível observar que a gestão integrada apresenta o maior número de pontos, seguida da educação ambiental, disposição final e produção de resíduos. O modelo aplicado poderia conduzir a situações diferenciadas, como por exemplo, disposição final ou produção de resíduos com a maior pontuação e não a gestão integrada. Foi possível perceber que mesmo com os inconvenientes encontrados na microrregião, é sempre possível adequar o projeto a fim de melhorar o resultado da destinação dos resíduos, onde ao se fazer um estudo prévio do local e da população em questão, pôde-se estabelecer as melhores ferramentas e soluções para os fatores que podem ser um empecilho no projeto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão; Resíduos; Transporte; Rotas.

### ABSTRACT

One of the aspects of urban cleaning is associated with packaging and garbage collection, which aims at the best way to properly dispose of solid waste. However, there are numerous challenges such as the local topography, costs of machinery and equipment, as well as the education of the local population. When analyzing urban centers, one can see a continuous process of changes, whether due to road maintenance, congestion, or the natural growth of cities. Managing collection routes is a complex activity that requires planning capable of organizing the best routes, serving the entire population with the required regularity. Analyze the place in question and promote a form of packaging and collection with greater efficiency in the destination of waste. The methodology used consisted of surveying topographic and population data of the analyzed micro-region of the city of Recife/PE through research. Afterwards, the necessary measures were adopted, through calculations and software for planning the packaging, the collection routes and destination of the residues. Analyzing the threat score, it was possible to observe that integrated management presents the highest number of points, followed by environmental education, final disposal, and waste production. The model applied could lead to different situations, such as final disposal or waste production with the highest score and not integrated management. It was possible to perceive that even with the inconveniences found in the micro-region, it is always possible to adapt the project in order to improve the result of the destination of the residues, where, by making a previous study of the place and the population in question, it was possible to establish the best tools and solutions for the factors that can be a hindrance in the project.

**KEYWORDS:** Management; Waste; Transport; Routes.

### INTRODUÇÃO

A limpeza urbana é um desafio diário presente em quase todos os lugares do mundo, sendo responsável por manter as cidades mais limpas e seguras. No entanto, a atividade dos trabalhadores da limpeza urbana, no Brasil, é integrante dos trabalhos desvalorizados (LHUILIER, 2005): tarefas socialmente consideradas à parte, evitadas e ocultadas, como também o trabalhador que as executa pelo vínculo estabelecido entre ele e o seu objeto de trabalho.



Uma das vertentes da limpeza urbana estão associadas ao acondicionamento e coleta de lixo, que visa a melhor maneira de destinar adequadamente os resíduos sólidos. Contudo existem inúmeros desafios como a topografia local, custos das máquinas e equipamentos, bem como a educação da população local. De acordo Rodrigues, Magalhães Filho & Pereira (2016), com as formas físicas que a cidade assume, além de depender do meio físico em que se implantou, sofrem as influências de seu sistema de tráfego, de seus equipamentos urbanos e do convívio social das pessoas, entre outros.

Ao analisar os centros urbanos, percebe-se um processo contínuo de mudanças, seja por manutenção nas vias, congestionamentos ou pelo crescimento natural das cidades. Gerenciar as rotas de coleta é uma atividade complexa que exige um planejamento capaz de organizar os melhores traçados, atendendo toda população com a regularidade exigida. Com a melhoria das rotas é possível aperfeiçoar a coleta evitando o incômodo do acúmulo de lixo nas portas de residências e comércios, e consequentemente danos à comunidade. A engenharia desenvolve técnicas que se aplicadas tornam ferramentas capazes de melhorar a estruturação e planejamento da gestão desses resíduos.

Na cidade do Recife, mais precisamente na Microrregião 3.2 (Envolvendo 4 bairros da zona norte do Recife), local do estudo em questão, o acondicionamento e coleta requer bastante atenção, tendo em mente os desafios que estão inseridos no local. Neste trabalho, foi realizada uma análise de cada bairro da microrregião em questão, e um planejamento a fim de melhorar a eficiência da destinação dos resíduos gerados no local.

## OBJETIVOS

Analisar o local em questão, e promover uma forma de acondicionamento e coleta com maior eficiência na destinação final dos resíduos. Fora os objetivos específicos:

- Coletar dados da topografia e contingente populacional das regiões em questão;
- Quantificar a geração de lixo per capta no local;
- Apresentar as melhores alternativas para uma destinação adequada dos resíduos;
- Conscientizar os leitores sobre a importância do trabalho do acondicionamento e da coleta de lixo.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada consistiu no levantamento de dados topográficos e populacionais da microrregião analisada (Figura 1) da cidade do Recife/PE através de pesquisa. Depois, adotou-se as medidas necessárias, através de cálculos e software Google Earth (2021), para o planejamento do acondicionamento, das rotas de coleta e destinação final dos resíduos.

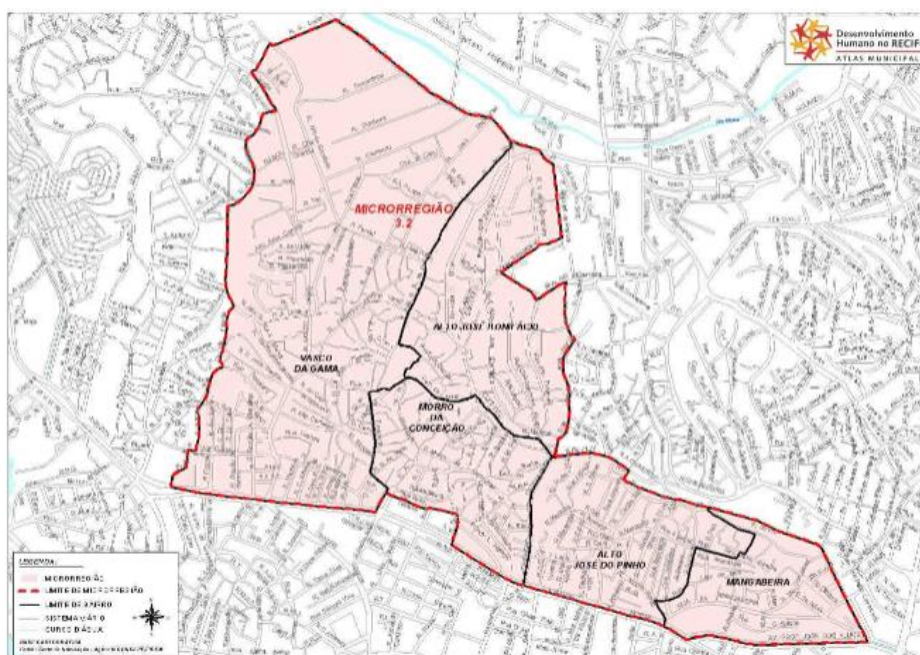


Figura 1. Microrregião 3.2 (RMR). Fonte: Prefeitura do Recife (2021).



## Sistematização das Informações – CDP

A Sistemática CDP aplicada normalmente na elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico e por consequência no PMGIRS apresenta basicamente um método de ordenação criteriosa e operacional dos problemas e fatos, resultantes de pesquisas e levantamentos, proporcionando apresentação compreensível e compatível com a situação atual da microrregião estudada.

A classificação dos elementos segundo Condicionantes/Deficiências/ Potencialidades, (CDP) atribui uma função dentro do processo de desenvolvimento. Isto significa que as tendências desse desenvolvimento podem ser percebidas com maior facilidade. De acordo com esta classificação é possível estruturar a situação do local estudado com referência a gestão de resíduos sólidos da seguinte maneira:

- Condicionantes: Elementos existentes no ambiente urbano, planos e decisões existentes, com consequências futuras no saneamento básico ou no desenvolvimento do Município, e que pelas suas características e implicações devem ser levados em conta no planejamento de tomadas de decisões. Exemplos: rios, morros, vales, o patrimônio histórico e cultural, sistema viário, legislação etc.

- Deficiências: São elementos ou situações de caráter negativo que significam estrangulamentos na qualidade de vida das pessoas e dificultam o desenvolvimento do Município.

- Potencialidades: São aspectos positivos existentes no Município que devem ser explorados e/ou otimizados, resultando em melhoria da qualidade de vida da população.

As deficiências e as potencialidades podem ter as seguintes características: técnicas, naturais, culturais, legais, financeiras, sociais, administrativas e econômicas. A utilização da sistemática CDP possibilita classificar todos os aspectos levantados nas leituras técnicas e comunitárias (diagnóstico dos resíduos sólidos) nestas três categorias, visando a montagem dos cenários, identificando as ações prioritárias e as tomadas de decisões.

## Metodologia para a construção dos cenários futuros da microrregião analisada

A aplicação do CDP direciona para aplicação da metodologia proposta para construção dos Cenários Futuros. A sequência do trabalho obedece a metodologia descrita e proposta, de acordo com os parâmetros a seguir identificados:

- a) Ameaças e oportunidades do atual modelo de gestão;

Primeiro são elencadas todas as ameaças e oportunidades do atual modelo de gestão de resíduos.

- b) A identificação das ameaças críticas através de matriz numérica;

A segunda etapa consiste em identificar as prioridades, através do produto das Relevâncias e Incertezas de cada Ameaça, anteriormente elencadas. Sendo os índices de relevância e incerteza os seguintes:

Alta = 05

Média = 03

Baixa = 01

- c) A convergência das ameaças críticas

Após a elaboração da matriz numérica, as ameaças foram agrupadas por aspecto que é pertinente. Dividindo-se em: Gestão Integrada de Resíduos, Produção de Resíduos, Disposição Final e Educação Ambiental. Após o agrupamento foram adicionados os valores obtidos na matriz numérica elaborada anteriormente.

- d) A hierarquização dos principais temas.

Na última etapa é realizada a hierarquização por ordem decrescente, do grupo que mais pontuou, para o que menos pontuou.



### - Caracterização das áreas:

#### Mangabeira

O bairro da Mangabeira está localizado na microrregião 3.2 da RMR (Região Metropolitana do Recife), com uma área total de 29 ha e estando a 5,61 km do Marco Zero (Centro do Recife) e tem uma população de aproximadamente 6.950 habitantes (PREFEITURA DO RECIFE, 2020), o que gera uma quantidade diária 6,3 toneladas de resíduos urbanos (Figura 2). A topografia da região varia entre 7 m, no seu ponto mais baixo, e 39 m no seu ponto mais elevado. A altitude predominante é a de 7 m, constituindo assim uma área plana.



Figura 2: Mangabeira (Mapa topográfico). Fonte: Os Autores (2022).

#### Alto José do Pinho

O bairro do Alto José do Pinho tem sua localização na microrregião 3.2 da RMR (Região Metropolitana do Recife). Possui uma área total de 41 ha e está situada a 6,05 km do marco zero. Concentra uma população de aproximadamente 12.334 habitantes (Prefeitura do Recife, 2021), gerando uma quantidade de resíduo, por dia, de 11,2 toneladas. A região apresenta uma topografia com altitudes que varia entre 8 m, no seu ponto mais baixo, e 53 m, aproximadamente, no seu ponto mais elevado. A altitude predominante é a de 43 m, constituindo assim uma área de morro.



Figura 3. Alto José do Pinho (Mapa topográfico). Fonte: Os Autores (2022).



### Morro da Conceição

O Morro da Conceição é um bairro famoso pela festa religiosa em homenagem a Santa Nossa Senhora da Conceição, e está localizado também na microrregião analisada da RMR (Região Metropolitana do Recife). Possui um território que abrange uma área total de aproximadamente 38 ha e está a uma distância de 6,76 km do marco zero. Possui uma população de aproximadamente 10.182 habitantes (Prefeitura do Recife, 2020), gerando uma quantidade de resíduo, por dia, 9,3 toneladas. O Morro da conceição apresenta uma topografia com altitudes que variam de 30 m, no seu ponto mais baixo, e 63 m, aproximadamente, no seu ponto mais elevado. A altitude predominante é a de 45 m, constituindo assim uma área de morro.

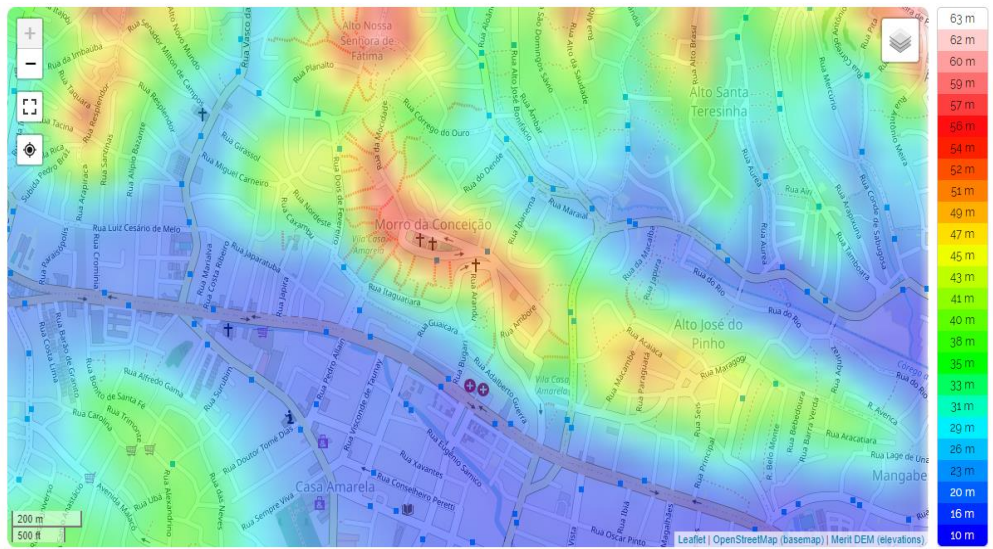


Figura 4. Morro da Conceição (Mapa topográfico). Fonte: Os Autores (2022).

### Vasco da Gama

O bairro Vasco da Gama é o maior dentre os presentes na microrregião analisada da RMR, com uma área total de 160 ha. Também possui a maior população dos bairros presentes desta microrregião, possuindo aproximadamente 31.025 habitantes, gerando uma quantidade de resíduos por dia de 28,2 toneladas. A topografia da região varia em média de 26 m no seu ponto mais baixo até cerca de 67 m no seu ponto mais elevado.

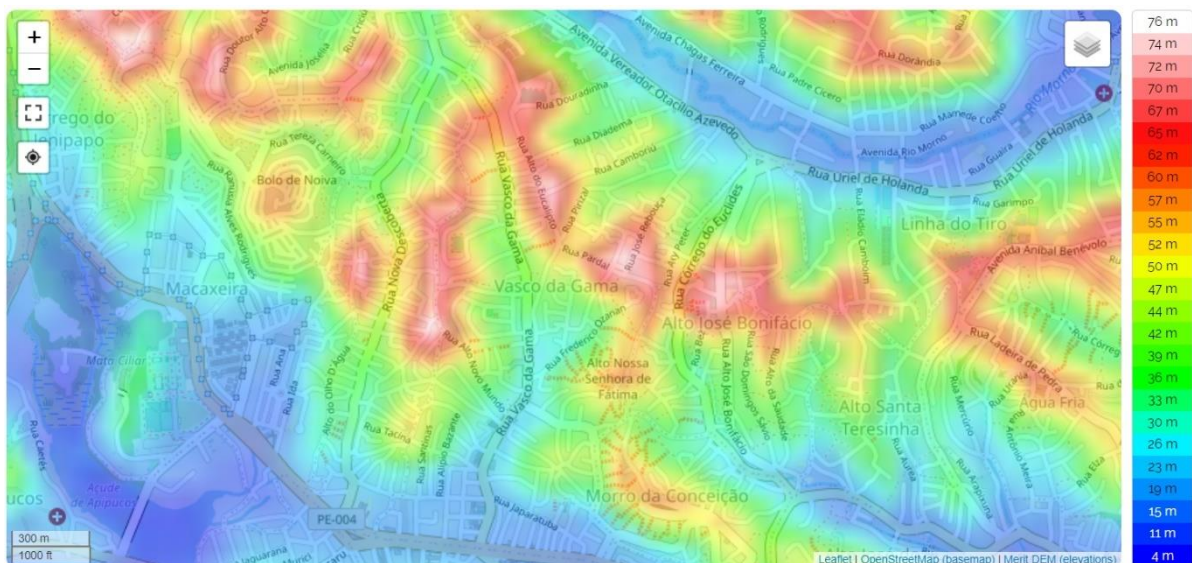


Figura 5. Vasco da gama (Mapa topográfico). Fonte: Os Autores (2022).



### Alto José Bonifácio

Localizado ao lado do bairro Vasco da gama, o bairro Alto José Bonifácio possui uma área total de 57 Hec e uma população de aproximadamente 12462 habitantes, e gera uma quantidade de resíduos de aproximadamente 11340,42 Kg/dia.

Devido a sua localização, a topografia local também varia bastante, onde em média, seu ponto mais baixo é de 36 m e seu ponto mais elevado é cerca de 73 m de altitude. Nessa área, nota-se a constituição de várias cotas, como mostra o mapa topográfico a seguir:

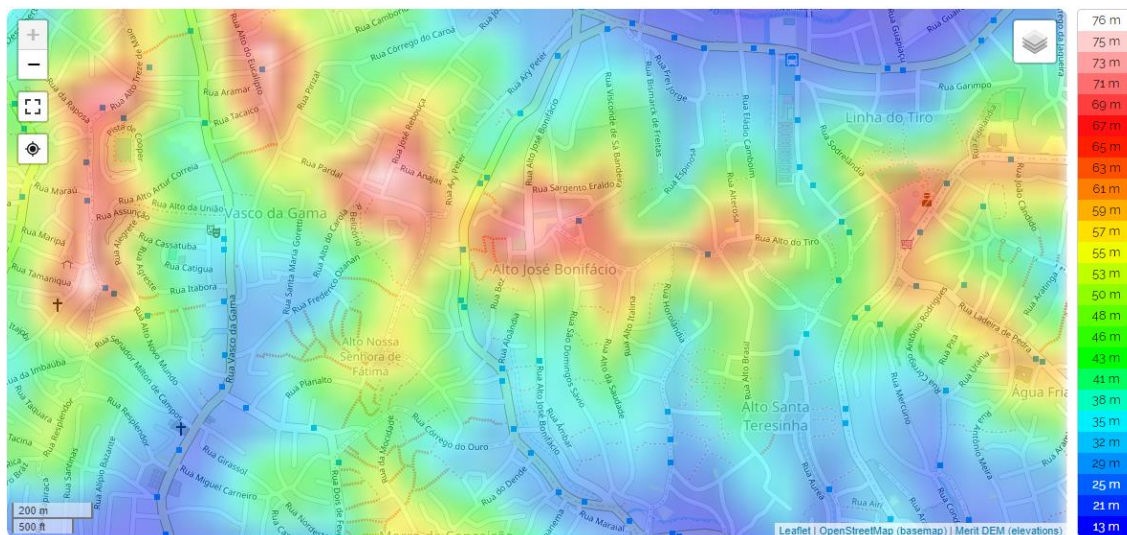


Figura 6. Alto José Bonifácio (Mapa topográfico). Fonte: Os Autores (2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Problemática da Gestão na Microrregião:

Durante o século XX, as pessoas que não conseguiram se adaptar ao grande processo do avanço da urbanização e que não tinham qualidade de vida adequada tiveram que tomar certas medidas a fim de se encaixarem na sociedade, esse processo originou o processo das favelas onde geralmente são instaladas em locais bem inadequados de habitação (morros e margens de rio) (CARDOSO, 2007).

Na Microrregião analisada, percebe-se em vários locais uma formação de moradias muito semelhante às favelas, onde diversas habitações foram construídas em morros, e com espaçamento mínimo entre elas. Esse certo tipo de organização dificulta a coleta dos resíduos, pois tanto o mínimo espaçamento entre as moradias, como as diversas variações de cotas e locais irregulares impossibilita a passagem dos caminhões de coleta, o que acaba levando muitas vezes a escolha de se optar pela coleta manual, onde os coletores terão que encarar o desafio de subir o morro diariamente para fazer a coleta pelas casas. Além dos problemas de coleta, a instalação de moradias em morros pode causar também diversos problemas ambientais, onde caso haja ocorrência de fenômenos climáticos inesperados, tais como precipitação intensas e fora de época, enchentes etc.

### Análise do CDP:

O Quadro 1 a seguir apresenta a aplicação do método CDP, que apresenta as deficiências e as potencialidades encontradas na microrregião baseadas em características: técnicas, naturais, culturais, legais, financeiras, sociais, administrativas e econômicas. A utilização da sistemática CDP classificará todos os aspectos levantados nas leituras técnicas e comunitárias (diagnóstico dos resíduos sólidos) nestas três categorias, visando a montagem dos cenários, identificando as ações prioritárias e as tomadas de decisões.



Quadro 1: Aplicação do Método CDP.

| C    | D   | P     | Fator   |
|------|-----|-------|---|
|      | Red |       | Déficit financeiro pela não cobrança de taxas e tarifas dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos dos geradores que não estão enquadrados na Lei Nº 8.408/99.                                   |
|      | Red |       | Falta de fiscalização integrada (EMLURB).   |
|      | Red |       | Inexistência de banco de dados atualizado com indicadores que permitam o acesso dos usuários do sistema.  |
|      | Red |       | 100% da área urbana é atendida pela coleta de resíduos sólidos.   |
|      | Red |       | Existência de associações para a coleta, triagem e comercialização dos resíduos recicláveis.  |
|      | Red |       | A coleta seletiva é exercida na quase totalidade da cidade por catadores autônomos  |
| Blue |     |       | Área ocupada pela microrregião apresenta alta sensibilidade ambiental.  |
|      | Red |       | Baixa motivação de grande parte da população urbana relativamente ao manejo de resíduos sólidos, tendo em vista a existência de “pontos de lixo” e não pagamento pelos serviços prestados pelo Município.         |
| Blue |     |       | Os serviços de coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos produzidos pelos geradores que não estão enquadrados na Lei Nº 8.408/99 estão concessionados com exclusividade pela EMLURB              |
| Blue |     |       | A cidade conta com Secretarias Executivas Regionais (SER's).  |
|      |     | Green | Resíduos de Serviços de Saúde são terceirizados com a empresa privada, dispostos para inertização em aterro sanitário.  |
|      | Red |       | Baixa eficiência dos programas de educação ambiental e sensibilização da população relacionada à coleta e destinação final de resíduos nas diferentes tipologias – domiciliar, comercial, industrial e especiais. |
|      |     | Green | Varrição e lavagem das calçadas e sarjetas das principais vias e avenidas.  |
|      |     | Green | Podação, capina e roçagem executadas com frequência regular.  |
|      |     | Green | Existência de programa de trituração de materiais provenientes da poda, capina e roçagem para produção de briquetes.  |
| Blue |     |       | Crescimento populacional elevado da população residente e flutuante.  |
|      |     | Green | Produção de biogás/metano, já determinados em análises de caracterização e quantidade.  |
|      | Red |       | Inexistência de projeto detalhado de MDL.   |
|      | Red |       | Falta de estudo conclusivo sobre o uso de novas tecnologias para a destinação final de resíduos sólidos no Brasil, Região Nordeste e Recife.  |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | Existência de Estação de Transbordo  |
|  |  |  | Instalação de ECOPONTO   |
|  |  |  | Inexistência de programa e plano bem detalhado para a coleta seletiva de resíduos orgânicos (42,7%), para disposição conjunta com resíduos vegetais tendo em vista a Compostagem, Vermicompostagem e Biodigestão Anaeróbia para produção de energia. |
|  |  |  | Existência de Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Demolição.   |
|  |  |  | Sistema de Informações Geográficas controlando a operação do sistema de coleta domiciliar  |
|  |  |  | Existência de Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental – EMLURB.  |
|  |  |  | Existência de empresas terceirizadas e quarteirizadas prestando serviços às empresas concessionárias comprometendo o controle e qualidade dos serviços prestados.  |
|  |  |  | Presença institucional da Empresa Municipal de Limpeza Urbana – EMLURB.  |
|  |  |  | Presença institucional da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano – SECTMA.  |

Fonte: Os Autores (2022).

O diagnóstico foi realizado no local onde foram obtidas informações básicas para o preenchimento do Quadro 1. Analisando-se tecnicamente, nesta Microrregião, os veículos de coleta mais comuns são os caminhões compactadores e os caminhões basculantes. Os caminhões compactadores de lixo são responsáveis por reduzir o volume dos resíduos que são coletados pela equipe de colaboradores da prefeitura ou das empresas terceirizadas que fazem o trabalho. Geralmente, os caminhões são fabricados com chapas de aço reforçadas e tampas que procuram garantir vedação. Geralmente sua capacidade média gira em torno de 10 a 15 m<sup>3</sup>. Já um caminhão basculante ou caminhão basculante, também chamado de caminhão-caçamba ou simplesmente caçamba, é um tipo específico de caminhão equipado com uma caçamba articulada na parte traseira. Geralmente comporta até 32 m<sup>3</sup>. Contudo todos os bairros da microrregião analisada são constituídos por ruas estreitas, escadarias e pontos de grande altitude, onde nem sempre esses veículos conseguem passar e realizar as coletas dos resíduos.

### Construção dos cenários futuros da microrregião analisada

A aplicação do CDP no item anterior abre o caminho para aplicação da metodologia proposta para construção dos Cenários Futuros para a Microrregião. A segunda etapa consiste em identificar as prioridades, através do produto das Relevâncias e Incertezas de cada Ameaça, anteriormente elencadas. Sendo os índices de relevância e incerteza os seguintes: Alta = 05, Média = 03, Baixa = 01. A Tabela 1 apresenta as prioridades para cada ameaça, onde R (Relevância), I (Incerteza) e P (Prioridades) estão associadas a Equação 1:

$$P = R \times I$$

(Equação 1)

Também serão acrescentadas cores nas Tabelas referentes ao tipo de estudo realizado:

Gestão Integrada = Vermelho

Produção de Resíduos = Amarelo

Disposição Final = Azul

Educação = Verde





Tabela 1: Prioridades.

| R | I | P  | Fator   |
|---|---|----|---|
| 5 | 5 | 25 | Déficit financeiro pela não cobrança de taxas e tarifas dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos dos geradores que não estão enquadrados na Lei Nº 8.408/99.                                   |
| 5 | 3 | 15 | Falta de fiscalização integrada (EMLURB).   |
| 5 | 5 | 25 | Inexistência de banco de dados atualizado com indicadores que permitam o acesso dos usuários do sistema.  |
| 5 | 5 | 25 | 100% da área urbana é atendida pela coleta de resíduos sólidos.   |
| 5 | 3 | 15 | Existência de associações para a coleta, triagem e comercialização dos resíduos recicláveis.  |
| 5 | 3 | 15 | A coleta seletiva é exercida na quase totalidade da cidade por catadores autônomos  |
| 5 | 5 | 25 | Área ocupada pela microrregião apresenta alta sensibilidade ambiental.  |
| 5 | 5 | 25 | Baixa motivação de grande parte da população urbana relativamente ao manejo de resíduos sólidos, tendo em vista a existência de “pontos de lixo” e não pagamento pelos serviços prestados pelo Município.         |
| 5 | 3 | 15 | Os serviços de coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos produzidos pelos geradores que não estão enquadrados na Lei Nº 8.408/99 estão concessionados com exclusividade pela EMLURB              |
| 5 | 1 | 5  | A cidade conta com Secretarias Executivas Regionais (SER's).  |
| 5 | 1 | 5  | Resíduos de Serviços de Saúde são terceirizados com a empresa privada, dispostos para inertização em aterro sanitário.  |
| 5 | 5 | 25 | Baixa eficiência dos programas de educação ambiental e sensibilização da população relacionada à coleta e destinação final de resíduos nas diferentes tipologias – domiciliar, comercial, industrial e especiais. |
| 5 | 5 | 25 | Varrição e lavagem das calçadas e sarjetas das principais vias e avenidas.  |
| 5 | 5 | 25 | Podação, capina e roçagem executadas com frequência regular.  |
| 5 | 1 | 5  | Existência de programa de trituração de materiais provenientes da poda, capina e roçagem para produção de briquetes.  |
| 5 | 5 | 25 | Crescimento populacional elevado da população residente e flutuante.  |
| 3 | 5 | 15 | Produção de biogás/metano, já determinados em análises de caracterização e quantidade.  |
| 3 | 5 | 15 | Inexistência de projeto detalhado de MDL.   |
| 3 | 5 | 15 | Falta de estudo conclusivo sobre o uso de novas tecnologias para a destinação final de resíduos sólidos no Brasil, Região Nordeste e Recife.  |



|   |   |    |  |
|---|---|----|--|
| 5 | 5 | 25 | Existência de Estação de Transbordo  |
| 5 | 3 | 15 | Instalação de ECOPONTO   |
| 5 | 5 | 25 | Inexistência de programa e plano bem detalhado para a coleta seletiva de resíduos orgânicos (42,7%), para disposição conjunta com resíduos vegetais tendo em vista a Compostagem, Vermicompostagem e Biodigestão Anaeróbia para produção de energia. |
| 5 | 1 | 5  | Existência de Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Demolição.   |
| 5 | 1 | 5  | Sistema de Informações Geográficas controlando a operação do sistema de coleta domiciliar  |
| 5 | 1 | 5  | Existência de Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental – EMLURB.  |
| 5 | 1 | 5  | Existência de empresas terceirizadas e quarteirizadas prestando serviços às empresas concessionárias comprometendo o controle e qualidade dos serviços prestados.  |
| 5 | 1 | 5  | Presença institucional da Empresa Municipal de Limpeza Urbana – EMLURB.  |
| 5 | 1 | 5  | Presença institucional da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Controle Urbano – SECTMA.  |

Fonte: Os Autores (2022).

Analisando a pontuação das ameaças (Tabela 2), foi possível observar que a gestão integrada apresenta o maior número de pontos, seguida da educação ambiental, disposição final e produção de resíduos. O modelo aplicado poderia conduzir a situações diferenciadas, como por exemplo, disposição final ou produção de resíduos com a maior pontuação e não a gestão integrada.

**Tabela 2: Pontuação das Ameaças.**

| Ameaças Críticas      | Pontuação |
|-----------------------|-----------|
| Gestão Integrada      | 295       |
| Produção dos Resíduos | 25        |
| Disposição Final      | 45        |
| Educação Ambiental    | 75        |

Fonte: Os Autores (2022).

### Mudança do Cenários

Diante do quadro apresentado, mudanças profundas devem ser necessárias, principalmente na gestão integrada que possui Leis e normas, mas não são colocados integralmente em prática, seja pela falta de investimentos ou de fiscalização pelos órgãos ambientais. Pela Lei Nº 12.305/2010 (atualizada pelo Decreto 10.936/22) e Decreto Nº 7.404/2010, a logística reversa, a reciclagem energética e a coleta seletiva com inclusão social dos catadores deverão estar presentes na definição desse cenário.

Aspectos práticos operacionais também deverão ser repensados, como o uso das máquinas e equipamentos inadequados na microrregião analisada, sugerindo-se o uso de meios não usuais na região. Estes meios devem ser coletas manuais e/ou mecânicas. Dentre os tipos de veículos de coleta não usuais pode-se destacar:

- “Motolixo”:



A “motolixo” tem capacidade de carga de aproximadamente 250 kg (Figura 7), o modelo do ciclo motor pode ser tanto a honda CG 125 ou 150 como também o modelo da Yamaha YBR 125. A “motolixo” se destaca pela praticidade e pela economia de combustível que pode chegar a impressionantes 25 km/L. Tendo uma manutenção barata e peças acessíveis.

- **Bicicletas coletoras:**

As bicicletas coletoras, também chamadas de “ecobikes”, podem suportar um total de carga de 300 kg, e como diferencial não necessita de abastecimento e possui uma manutenção extremamente barata.

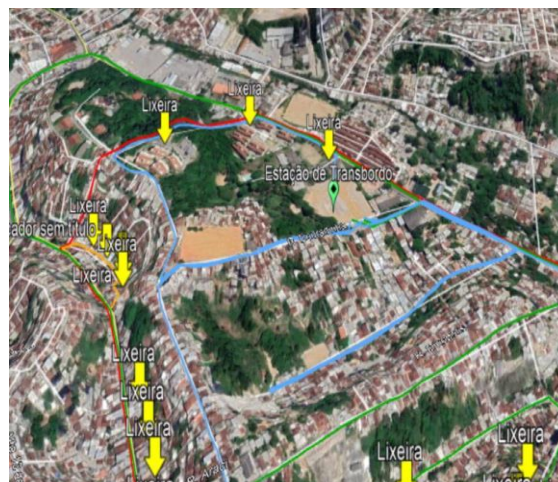
- **Coleta manual:**

A coleta manual se caracteriza pela saída dos garis até as regiões de difícil acesso). Geralmente são utilizados carros de mão para que os garis possam fazer a coleta e carregar até os caminhões basculantes, que auxiliam nesse tipo de coleta.

- **Implantação de Estação de Transbordo**

As estações de transbordo são pontos de transferência intermediários de resíduos coletados na cidade, criados em função da considerável distância entre a área de coleta e o local de destinação final. Nas estações de transbordo os resíduos coletados pelos caminhões compactadores são descarregados e, depois, colocados em carretas de maior capacidade que levam estes resíduos até o aterro sanitário. Desta forma, há uma redução no número de caminhões na malha viária, contribuindo, também, para a minimização das emissões dos gases de efeito estufa, prejudiciais a camada de ozônio. Os resíduos descarregados nas estações de transbordo são carregados no mesmo dia em carretas com grande capacidade de carga, que levam os resíduos até o aterro sanitário.

No estudo em questão, uma estação de transbordo foi projetada no bairro do Vasco da Gama, a fim de melhorar a eficácia no transporte de resíduos, até o aterro sanitário mais próximo, para que lá os resíduos possam receber um melhor tratamento.



**Figura 7. Estação de transbordo: projeção do local.**

- **Mudanças nas Rotas de Coleta**

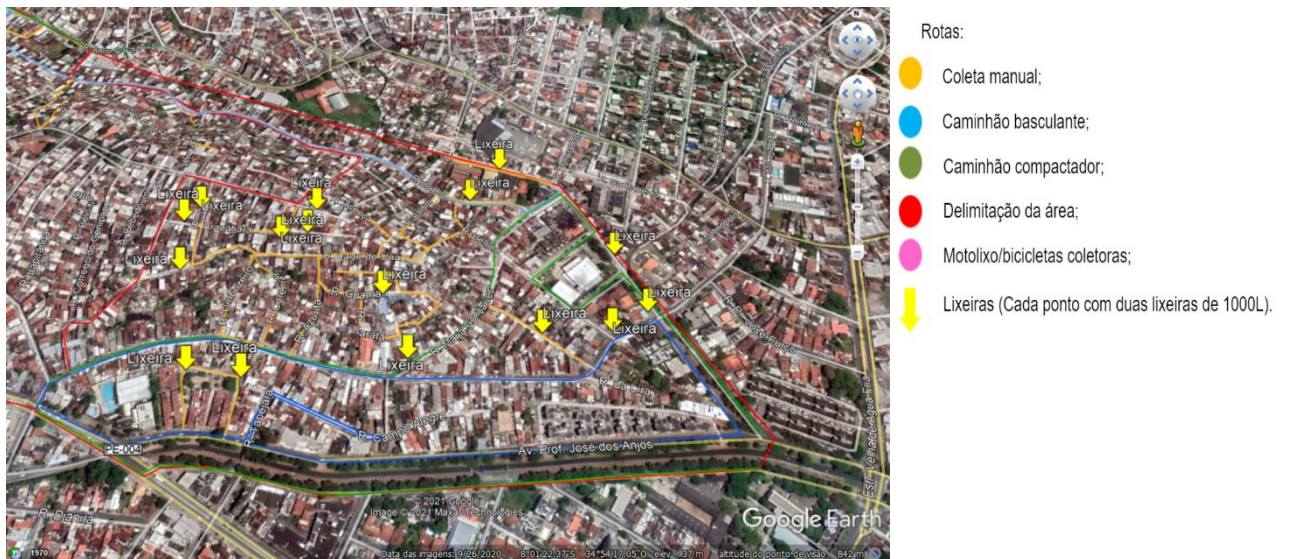
Para cada área foi realizado um traçado de coleta, utilizando os dados de satélite (Google Earth, 2021). Com isso, foram determinadas novas rotas para cada bairro que compõe a microrregião (Figura 8 a 14). Ao todo na microrregião estudada estimou-se, em torno de 360 lixeiras o que dará um total de 360.000 litros destinados ao acondicionamento do resíduo. Foi encontrado um valor de 66 t/d de resíduo gerado baseado no número de habitantes no local (72.953 pessoas) com o fator de geração per capita de resíduos na cidade do Recife (0,91 kg/hab.dia), estimando-se um valor de 283,3 m³/d. Com isto, pôde-se determinar uma coleta alternada, que se caracteriza por uma coleta quatro vezes na semana (Tabela 3). Dessa forma, não se terá grandes volumes de resíduos acumulados nas regiões.



**Tabela 3: Dias de coleta.**

| Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado | Domingo |
|---------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|
| ✓       | X     | ✓      | X      | ✓     | X      | ✓       |

A coleta aos domingos se dá pelo alto fluxo populacional em áreas de lazer, comerciais e residenciais, onde o consumo aumenta. Com a pandemia da Covid-19, a população se encontrava mais em casa o que elevava a quantidade de resíduos gerados, justificando assim o número de dias de coletas.



**Figura 8. Rotas no Bairro da Mangabeira. Fonte: Google Earth (2021).**



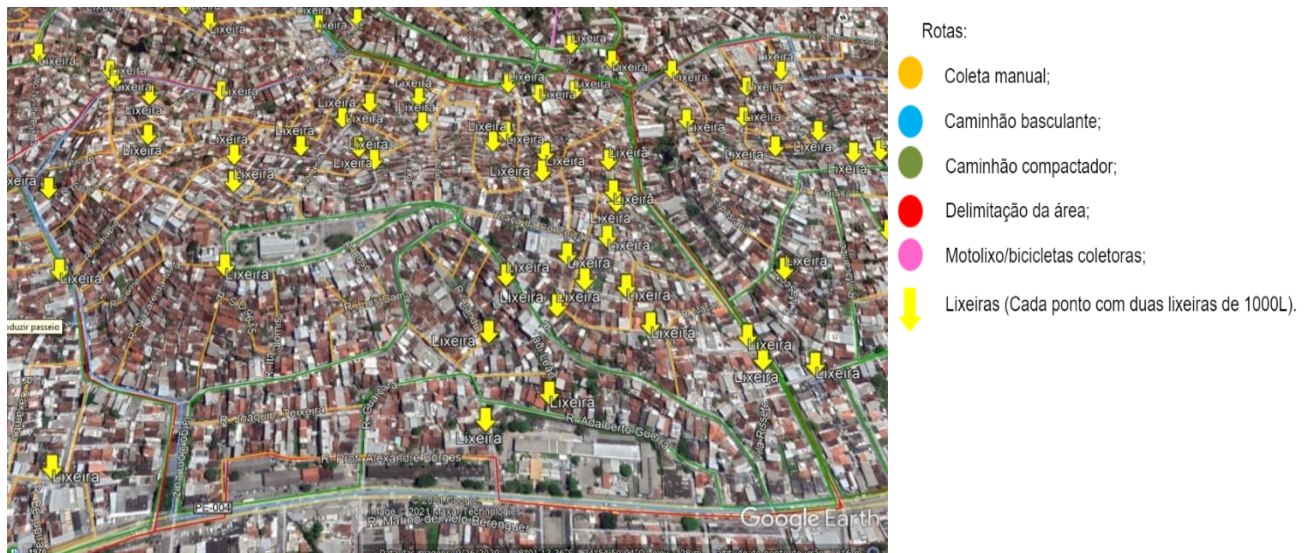
**Figura 9. Rotas no Bairro do Alto José do Pinho. Fonte: Google Earth (2021).**

Segundo Wu (2007), a roteirização é uma importante ferramenta na área de transportes, pois permite que se atendam pontos dispersos geograficamente, diminuindo distâncias e tempos. O autor ainda afirma que para a determinação de rotas com maior eficiência, fatores como tipo de veículo, restrições operacionais, duração do trajeto e janelas de tempo devem ser considerados. Por sua vez Cunha (2000) afirma que os problemas de roteirização em relação ao ambiente de distribuição, podem ser divididos em dois grupos: roteirização no meio urbano, em que tanto os atendimentos quanto a base localizam-se na mesma área urbana e os percursos do roteiro são predominantemente urbanos, e a roteirização intermunicipal, na qual os atendimentos localizam-se em municípios distintos da base (entre si, os percursos do roteiro são predominantemente rodoviários).

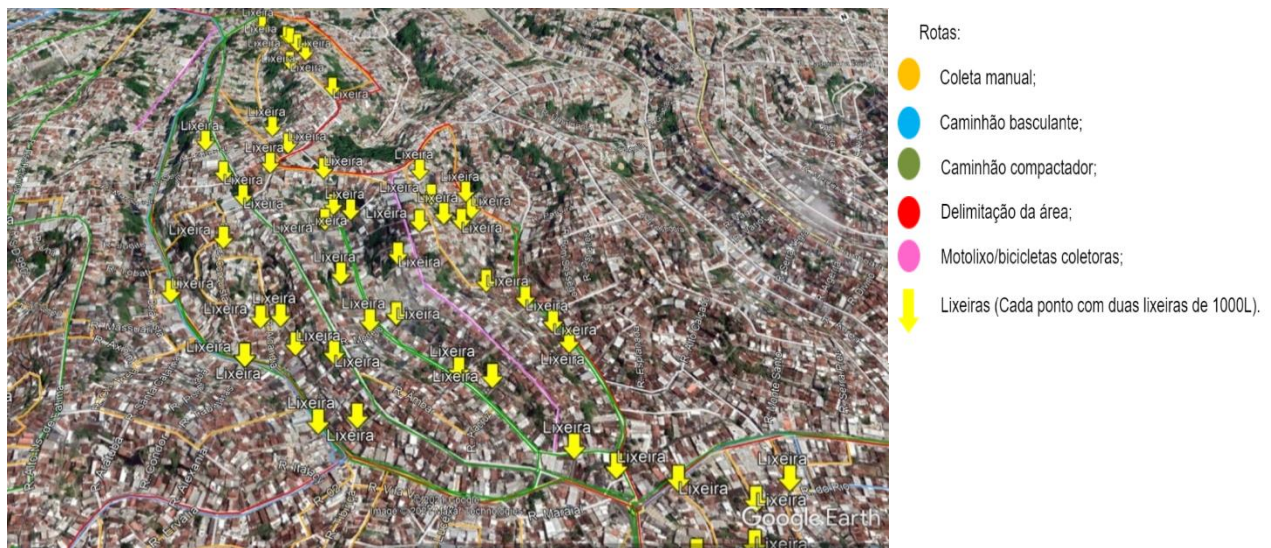


O autor ainda ressalta que os problemas no meio urbano tendem a ser mais complexos do ponto de vista da análise combinatória pela maior possibilidade de caminhos, restrições à circulação de veículos e incertezas quanto aos tempos de viagem.

A aplicação de roteiros no transporte de resíduos traz a possibilidade de evitar ao máximo os caminhos improdutivos, que são aqueles onde o veículo não realiza coleta, apenas utiliza para ir de um ponto a outro. Ao se obter a rota ótima, os serviços de coleta são viabilizados e possíveis a todos os pontos de demanda dentro de custos operacionais praticáveis (BATTISTELA, 2014).

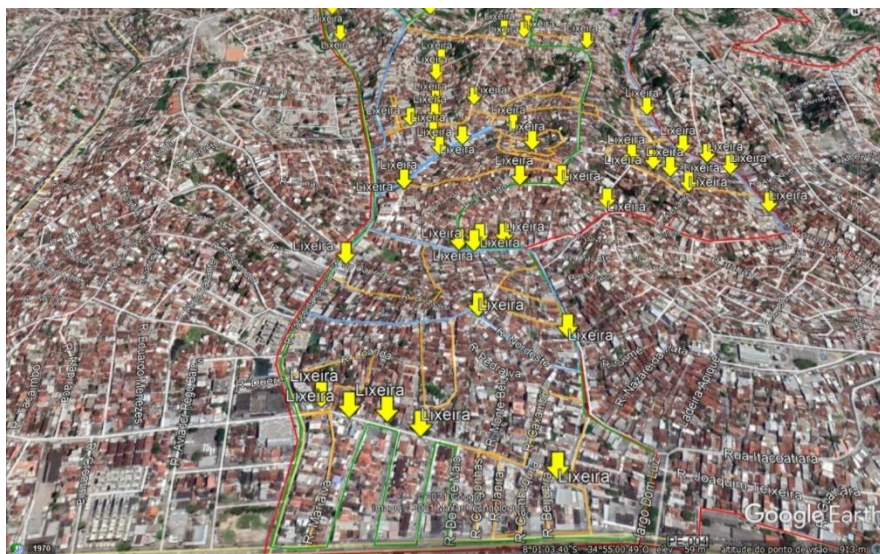


**Figura 10. Rotas do Bairro Morro da Conceição. Fonte: Google Earth (2021).**



**Figura 11. Rotas do Bairro do Alto José Bonifácio. Fonte: Google Earth (2021).**

O bairro do Vasco da Gama é o que tem a maior área dentro da microrregião analisada. Por conta disto, para melhor visualização, a imagem do mapa foi dividida em duas, sendo Norte e sul.



Rotas:

- Coleta manual;
- Caminhão basculante;
- Caminhão compactador;
- Delimitação da área;
- Motolixo/bicicletas coletoras;
- ↓ Lixeiras (Cada ponto com duas lixeiras de 1000L).

**Figura 12. Rotas do Bairro do Vasco da Gama (Visão Sul). Fonte: Google Earth (2021).**



Rotas:

- Coleta manual;
- Caminhão basculante;
- Caminhão compactador;
- Delimitação da área;
- Motolixo/bicicletas coletoras;
- ↓ Lixeiras (Cada ponto com duas lixeiras de 1000L).

**Figura 13. Rotas do Bairro do Vasco da Gama (Visão Norte). Fonte: Google Earth (2021).**

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Foi possível perceber que mesmo com os inconvenientes encontrados na microrregião, é sempre possível adequar o projeto a fim de melhorar o resultado da destinação dos resíduos, onde ao se fazer um estudo prévio do local e da população em questão, pôde-se estabelecer as melhores ferramentas e soluções para os fatores que podem ser um empecilho no projeto.

- Analisando a pontuação das ameaças foi possível observar que a gestão integrada apresenta o maior número de pontos, seguida da educação ambiental, disposição final e produção de resíduos. O modelo aplicado poderia conduzir a situações diferenciadas, como por exemplo, disposição final ou produção de resíduos com a maior pontuação e não a gestão integrada.



- Faz-se necessário que toda a população tenha conhecimento sobre a importância de uma adequada gestão dos resíduos sólidos no intuito de ajudarem na preservação ambiental, dar uma destinação correta dos resíduos gerados bem como estabelecer junto com o poder público, melhores medidas mitigadoras para todo tipo de problemas que possa surgir, promovendo a sustentabilidade e a melhor qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATTISTELLA, N. **Avaliação de Modelo Computacional para Planejamento e Otimização de Rotas de Coleta para Catadores de Materiais Recicláveis**. 2014. 145f, Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
2. BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.
3. BRASIL. **Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>.
4. BRASIL. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Decreto **10.936, de 2 de agosto de 2022**. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2022.
5. CARDOSO, A. L. Avanços e desafios na experiência brasileira de urbanização de favelas. **Cadernos MetrÓpole**, 17, pp. 219-240, 2007.
6. CUNHA, C.B. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas Reais. **Revista Transportes**. V. 8, n. 2, p. 51-74, 2000.
7. GOOGLE. **Google Earth website**. <http://earth.google.com/>, 2021.
8. LHUILIER, D. (2005). Le "sale boulot", *Travailler*, 14,73-98.
9. PREFEITURA DO RECIFE. **Perfil dos bairros. RPA3**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/>. Acesso em: 10 de Jun. de 2021.
10. RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; PEREIRA, R. S. Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. **Rev. Bras. Gest. Urbana**, 8 (1), Jan-Apr 2016, <https://doi.org/10.1590/2175-3369.008.001.AO02>.
11. WU, L. **O problema de roteirização periódica de veículos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007, 109p.