

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

P  
P  
G  
E  
C



## **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO  
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA  
CIDADE DE RECIFE/PE E ESTUDO DOS  
INDICADORES GERENCIAIS NOS  
SETORES DE COLETA POR MEIO DE  
TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

**Rodrigo Cândido Passos da Silva**

*José Fernando Thomé Jucá  
Soraya Giovanetti El-Deir*

**RODRIGO CÂNDIDO PASSOS DA SILVA**

**AVALIAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DOS  
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE  
RECIFE/PE E ESTUDO DOS INDICADORES  
GERENCIAIS NOS SETORES DE COLETA POR  
MEIO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Geotecnia

**Linha de pesquisa:** Geotecnia Ambiental

**Orientador:** Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Soraya Giovanetti El-Deir

RECIFE – PE

2015

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S586a Silva, Rodrigo Cândido Passos da.

Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife/PE e estudos dos indicadores gerenciais nos setores de coleta por meio de técnicas multivariadas / Rodrigo Cândido Passos da Silva. - Recife: O Autor, 2015.

118 folhas, il.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá.

Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Soraya Giovanetti El-Deir.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2015.

Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Resíduo sólido urbano. 3. Modelo de gestão. 4. Indicadores. 5. Setores de coleta. 6. Análise multivariada I. Jucá, José Fernando Thomé (Orientador). II. El-Deir, Soraya Giovanetti (Coorientadora). III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

AVALIAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE  
RECIFE/PE E ESTUDO DOS INDICADORES GERENCIAIS NOS SETORES DE COLETA POR MEIO DE  
TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Defendida por

Rodrigo Cândido Passos da Silva

Considera o candidato APROVADO

Recife, 31 de Agosto de 2015

Orientadores:

---

Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá – UFPE  
(orientador)

---

Dr<sup>a</sup>. Soraya Giovanetti El-Deir – UFRPE  
(co-orientadora)

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. José Fernando Thomé Jucá – UFPE  
(orientador)

---

Prof. Dra. Lúcia Helena da Silva Maciel Xavier - FUNDAJ  
(examinadora externa)

---

Prof. Dr. Bertrand Sampaio de Alencar - ITEP  
(examinador externo)

RECIFE, 2015

## DEDICATÓRIA

*À Deus, minha família e amigos.  
Meu motivo, minha razão de viver.  
Minha vida, Meu tudo.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo fôlego de vida! Por seu amor incondicional! Por guiar todos os meus passos, pela presença constante, por ser o motivo e razão da minha existência.

Aos meus pais, Elizabeth Passos e Ricardo Cândido, por todos os ensinamentos dados. Em especial, a minha mãe, meu exemplo de vida, mulher guerreira e batalhadora, minha inspiração de fortaleza, meu orgulho sem fim! Meu maior amor.

Aos meus irmãos, Robinho e Renata, pela companhia diária, pelas palavras de motivação, pelo sempre querer bem!

A toda a minha família, tios, tias, primos, primas e, principalmente, aos meus sobrinhos Pedro, Vitor e Guilherme.

Ao meu orientador Prof. Fernando Jucá, pela oportunidade de crescer e amadurecer profissionalmente, pelo respeito e admiração.

A minha coorientadora Profa. Soraya El-Deir, pelo apoio, incentivo e ajuda durante a fase de escrita da dissertação. Por seus ensinamentos, compromisso, responsabilidade e zelo pela profissão. Agradeço-te por criar base sólida na minha caminhada acadêmica.

Aos professores que compõe a banca avaliadora, pela dedicação em tornar o trabalho ainda melhor.

Aos professores Maurício Motta e Valmir Marques pelo exemplo de vida e profissionalismo.

A minha amiga, mãe acadêmica e professora Rosangela Tavares, simplesmente por ser quem és! Muito obrigado por todas as oportunidades dadas, pela confiança, pelos bons momentos de aprendizagem e descontração ofertados.

A Andrea, Claudiana e Cleide, secretárias da Pós-graduação, pelo seu profissionalismo e dedicação.

A Ana Gama, por ser tão prestativa! Muito obrigado pela ajuda e todos os arquivos cedidos.

A Mércia Cardoso, por direcionar-me no manuseio do programa Státística. Sua ajuda foi crucial na minha pesquisa.

A Diogo, pela parceria e amizade. Por ter elaborado os mapas da dissertação.

Aos meus amigos do Grupo de Resíduos Sólidos, por terem me auxiliando nos momentos cruciais da pesquisa, principalmente Sávio, Laís, Derovil, Hellis e Raisa.

Aos meus amigos de infância, Déa, Rê, Raul, Lipe, Neto, Sam e Fagner. Muito obrigado por estar sempre comigo. Muito obrigado por serem o sopro de alegria na minha vida, o meu refúgio nos momentos mais difíceis. Amo todos!

Ao meu amigo, Marcone Marinho, pelo grande apoio dado durante toda a minha trajetória do mestrado, pelo carinho, dedicação e companheirismo.

As minhas amigas e comadres, Cris e Gabi, sou muito feliz por tê-las em minha vida! Vocês são exemplo diário de força, personalidade e integridade. Sou grato a Deus pelo privilégio de tê-las conhecido.

Aos meus amigos da UFPE, Taty (Lafa), Fernando, Welligton, pelo convívio diário. Por fazer os dias da minha semana sempre mais felizes.

Aos meus “big friends forever” da UFRPE, Hidel, Jô, Ju, Juli e Rosinha, por tornar meus dias mais leves.

As minhas amigas de escola, Naty, Nay, Nega, Lili, Jojo, Laine, Stella e Aline, por todos esses anos de convívio. Por todos os momentos incríveis que temos quando estamos juntos.

Aos meus amigos do Aterro da Muribeca, por serem os melhores colegas de trabalho que eu possa ter, em especial, Josélia, Adauto, Alemão, Oliab, Antônio e Carlinhos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, para o meu amadurecimento. Por me fazer descobrir a constante essência do viver.

A CAPES pelo apoio financeiro.

*"We are such stuff as dreams are made on."*

William Shakespeare.

*"While there's life, there's hope."*

Marcus Tullius Cicero

## RESUMO

SILVA, R. C. P. (2015) **Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife/PE e estudo dos indicadores gerenciais nos setores de coleta por meio de técnicas multivariadas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pernambuco. Recife, Brasil.118p.

A pesquisa faz (i) uma avaliação do atual modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife/PE por meio do levantamento de oito eixos temáticos, os quais são avaliados conforme a técnica de análise do conteúdo. Em sequência, (ii) estuda a relação de quatro indicadores (população, renda, geração e composição gravimétrica) em 31 setores de coleta de resíduos sólidos urbanos, utilizando, para tal, técnicas multivariadas, como a análise do componente principal e do agrupamento hierárquico. Os resultados mostram que o modelo gerencial de Recife apresenta ótima cobertura da coleta convencional, ineficiência e baixo atendimento na aplicação da hierarquia da redução, reutilização e reciclagem, limitação nos programas de coleta seletiva e educação ambiental, e restrição na adoção de diferentes tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, precisando adequar-se às exigências legislativas vigentes para o trato com os resíduos sólidos. A análise multivariada dos indicadores indica forte correlação positiva entre renda e geração *per capita* dos resíduos sólidos urbanos, expressa na elevada produção de resíduos por habitante dos setores de classe alta, exceto nos setores essencialmente comerciais, com valores superiores aos apresentados nas rotas de elevado poder aquisitivo. A participação média dos resíduos potencialmente recicláveis nos setores de coleta foi superior aos putrescíveis, com valores de 41% e 36%, respectivamente. A análise do agrupamento hierárquico setorizou as rotas de coleta em cinco subgrupos, mediante o grau de similaridade entre os indicadores, sendo um importante instrumento para o estabelecimento de modelos setoriais de gestão dos resíduos sólidos urbanos que busquem o entendimento das particularidades elencadas.

**Palavras-chave:** Resíduo sólido urbano. Modelo de gestão. Indicadores. Setores de coleta. Análise multivariada.

## ***ABSTRACT***

SILVA, R. C. P. (2015). **Management model for the evaluation of municipal solid waste in the city of Recife/PE and study of management indicators in the areas of collection by means of multivariate techniques**. Master in Civil Engineering, Federal University of Pernambuco. Recife, Brazil.118p.

The research is (i) an assessment of the current model of management of municipal solid waste in the city of Recife/PE through the survey eight themes, which are evaluated according to the analysis of technical content. In sequence, (ii) studies the relationship of four indicators (population, income, generation and gravimetric composition) in 31 municipal solid waste collection sectors, using for this, multivariate techniques such as principal component analysis and hierarchical clustering . The results show that the managerial model of Recife has great coverage of conventional collection, inefficiency and low attendance in the application of the reduction of hierarchy, reuse and recycling, limitation in selective collection programs and environmental education, and restriction on the use of different treatment technologies and final disposal of municipal solid waste, needing to adapt to the legislative requirements in force for dealing with solid waste. Multivariate analysis of the indicators indicates a strong positive correlation between income and per capita generation of municipal solid waste, expressed in the high production of waste per habitant of the upper class sectors, except for primarily commercial, with values higher than those presented in high power routes purchasing. The average participation of potentially recyclable waste in the areas of collection was higher than the putrescible, with values of 41% and 36%, respectively. The analysis of hierarchical clustering setorizou the collection routes into five sub-groups by the degree of similarity between indicators, an important tool for the establishment of sectoral models of management of municipal solid waste that seek the understanding of the listed features.

**Keywords:** Municipal solid waste. Management model. Indicators. Collection sectors. Multivariate analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hierarquia da gestão de resíduos na Legislação da UE.....	22
Figura 2. Instrumentos legais para a gestão dos RSU .....	24
Figura 3. Principais etapas para o gerenciamento dos resíduos sólidos.....	32
Figura 4. Composição gravimétrica dos RSU do Brasil.....	39
Figura 5. Fluxograma de entrada ( <i>input</i> ) e saída ( <i>output</i> ) dos indicadores de influência no gerenciamento dos resíduos sólidos .....	44
Figura 6. Organograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa.....	48
Figura 7. Identificação dos 31 setores de coleta selecionados da cidade de Recife.....	51
Figura 8. Fluxograma da metodologia de caracterização dos resíduos por quarteamento	
Figura 9. Processo de coleta ou amostragem de RSU para a realização da composição gravimétrica: (A) basculação, (B) homogeneização, (C) quarteamento dos resíduos, (D) rompimento dos sacos, homogeneização manual e coleta de amostras, (E) triagem e, (F) pesagem dos resíduos .....	56
Figura 10. Estimativa populacional dos setores de coleta para o ano de 2013.....	73
Figura 11. Renda domiciliar média e <i>per capita</i> dos setores.....	74
Figura 12. Geração total e <i>per capita</i> de RSU dos setores de coleta.....	76
Figura 13. Comparação da geração <i>per capita</i> dos RSU a nível municipal, estadual, nacional, internacional e bloco econômico .....	77
Figura 14. Composição gravimétrica dos 31 setores de coleta estudados. ....	78
Figura 15. Gravimetria dos setores de coleta na perspectiva gerencial dos RSU.....	80
Figura 16. Gráfico Box Plot da dispersão amostral dos indicadores. A) população, B) renda domiciliar, C) renda <i>per capita</i> , D) geração de resíduos e E) geração <i>per capita</i> .....	84
Figura 17. Composição gravimétrica média, mínima e máxima dos RSU coletados nas 31 rotas da cidade de Recife. ....	84
Figura 18. Composição gravimétrica em termos de média, máximo e mínimo dos resíduos recicláveis e putrescíveis dos 31 setores de coleta de Recife. ....	85
Figura 19. Análise de componentes principais dos indicadores de RSU por meio das correlações entre 12 variáveis .....	86
Figura 20. Relação da renda média domiciliar (A) e <i>per capita</i> (B) com a geração <i>per capita</i> dos RSU. ....	87
Figura 21. Dendograma gerado pela AHH das variáveis mais significativas no estudo da ACP: população, renda domiciliar e <i>per capita</i> , geração de resíduos <i>per capita</i> e resíduos recicláveis e putrescíveis .....	88

Figura 22. Gráfico das distâncias euclidianas nas quais os grupos foram formados ao longo dos passos de agrupamentos. ....	89
Figura 23. Linha Fenon do dendograma formado pela similaridade dos setores.....	89
Figura 24. Dendograma com os <i>clusters</i> por similaridade dos 31 setores de coleta de Recife..	91
Figura 25. Setorização dos subgrupos gerados a partir da análise de agrupamento hierárquico.	92

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Características prévias dos setores selecionados .....	52
Quadro 2. Categorização das classes sociais .....	53
Quadro 3. Síntese dos indicadores avaliativos do modelo de gestão dos RSU de Recife .....	72

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Análise descritiva dos indicadores.....	81
Tabela 2. Valores das distâncias de ligação ao longo dos passos de agrupamento .....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Área Comercial
ACP	Análise de Componentes Principais
AHH	Análise de Agrupamento Hierárquico
AR	Área Residencial
CP	Componente Principal
CTR	Central de Tratamento de Resíduo
CV	Coeficiente de Variação
DP	Desvio Padrão
EMLURB	Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
EMPREL	Empresa Municipal de Informática
EPA	Environmental Protection Agency
GCS	Gerência de Coleta Seletiva
GPC	Geração Per Capita
GRS	Grupo de Resíduos Sólidos
GT	Geração Total
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JEA	Japan Environmental Agency
NBR	Norma Brasileira
OI	Owens-Illinois
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PET	Polietileno Tereftalato
POP	População
PP	Polipropileno
PPP	Parceria Público-Privada
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PVC	Policloreto de Vinila
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
RPA	Região Político-Administrativa
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
UE	União Europeia
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

# SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>16</b>
1.1. <i>Objetivos.....</i>	18
1.2. <i>Estrutura da dissertação .....</i>	18
<b>2. Referencial teórico.....</b>	<b>19</b>
2.1. <i>Gestão dos resíduos sólidos urbanos .....</i>	20
2.1.1. Gestão dos resíduos sólidos urbanos na União Europeia .....	21
2.1.2. Gestão dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos.....	22
2.1.3. Gestão dos resíduos sólidos urbanos no Japão .....	23
2.1.4. Gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	24
2.1.4.1. Aspectos legais da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil .....	24
2.1.4.2. Modelos de gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil .....	27
2.1.5. Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife.....	29
2.1.5.1. Aspectos legais da gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife .....	29
2.1.5.2. Modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife.....	31
2.2. <i>Gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos.....</i>	32
2.2.1. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos na União Europeia .....	35
2.2.2. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos.....	36
2.2.3. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Japão.....	37
2.2.4. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil .....	38
2.2.5. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em Recife.....	40
2.3. <i>Indicadores para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.....</i>	42
<b>3. Metodologia.....</b>	<b>46</b>
3.1. <i>Generalidades da pesquisa.....</i>	47
3.2. <i>Módulo I: Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife .....</i>	47
3.3. <i>Módulo II: Análise multivariada dos indicadores gerenciais nos setores de coleta dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife .....</i>	49
3.3.1. Tipo de pesquisa.....	49
3.3.1.1. Área de estudo.....	50
3.3.1.2. Definição dos indicadores.....	53
3.3.1.2.1. População e renda.....	53
3.3.1.2.2. Geração total e <i>per capita</i> dos resíduos sólidos urbanos.....	54
3.3.1.2.3. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos .....	54
3.3.1.3. Tratamento estatístico dos dados .....	57
<b>4. Resultados e Discussão .....</b>	<b>59</b>

4.1. <i>Módulo I: Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife</i> .....	60
4.1.1. Ampliação do alcance dos serviços de gerenciamento (universalização) .....	60
4.1.2. Adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais .....	61
4.1.3. Incentivo à hierarquia da redução, reutilização e reciclagem .....	62
4.1.4. Adoção de programas de coleta seletiva.....	64
4.1.5. Inserção de práticas de educação ambiental .....	65
4.1.6. Responsabilidade social dos catadores de matérias recicláveis.....	67
4.1.7. Incentivo às diversas tecnologias de tratamento e valorização em termos de massa e energia dos resíduos sólidos urbanos .....	68
4.1.8. Disposição final ambientalmente adequada.....	70
4.1.9. Síntese dos parâmetros avaliativos da gestão dos resíduos sólidos urbanos de Recife .....	71
4.2. <i>Módulo II: Análise multivariada dos indicadores gerenciais nos setores de coleta dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife</i> .....	73
4.2.1. Indicadores.....	73
4.2.1.1. População dos setores.....	73
4.2.1.2. Renda média dos setores .....	74
4.2.1.3. Geração dos resíduos sólidos urbanos .....	75
4.2.1.4. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos.....	77
4.2.2. Análise descritiva dos indicadores .....	81
4.2.3. Análise dos componentes principais dos indicadores .....	85
4.2.4 Análise do agrupamento hierárquico dos setores.....	88
<b>5. Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>96</b>
5.1. <i>Módulo I: Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife</i> .....	97
5.2. <i>Módulo II: Análise multivariada dos indicadores gerenciais nos setores de coleta dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife</i> .....	98
5.3. <i>Recomendações para futuras pesquisas</i> .....	99
<b>Referências.....</b>	<b>100</b>
<b>Apêndice .....</b>	<b>113</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>117</b>

*Introdução*

---

**CAPÍTULO I**

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) têm-se tornado um dos grandes desafios do século XXI, com reflexos que extrapolam a área ambiental, em virtude do crescimento econômico e do contingente populacional dos centros urbanos, do acentuado consumo, da geração de resíduos em ritmos geométricos e do descarte inadequado dos materiais pelo desperdício de matéria e energia. Estes fatores refletem-se no esgotamento das reservas naturais, com a extração da matéria prima, até o incorreto descarte final dos resíduos sólidos, prerrogativas que contribuem para a degradação do meio ambiente e influenciam na qualidade de vida da população (COSTA, 2011).

Esta realidade torna-se cada vez mais preocupante quando inserida na esfera da gestão municipal, pois o modelo gerencial aplicado na maioria das cidades brasileiras preconiza a linearidade processual dos RSU, sem inserção das externalidades na cadeia de produção. Além da problemática elencada, que retrata o perfil funcional do sistema, os planos de gestão de resíduos sólidos que vem sendo elaborados, fundamentados no atendimento das ações a longo prazo e ancorados nos preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a), muitas vezes estão longe do viés de sustentabilidade por não adequar-se, dentre outros, às particularidades locais, em detrimento da elaboração de documentos frágeis e sem real conhecimento e profundidade da realidade encontrada.

Leite e Rezende (2010) recomendam que o modelo de gestão municipal deva dispor de informações gerenciais e estratégicas adequadas acerca das características locais, mediante a realização de um diagnóstico situacional, para viabilizar o acesso e a melhor prestação dos serviços de gestão dos resíduos sólidos. Segundo Marchi (2015), para a estruturação de um modelo gerencial de RSU é necessário um delineamento teórico-prático, com foco no aprofundamento dos diversos indicadores, e construção de uma lógica de alcance analítico aplicável às particularidades de cada município. No tocante ao aspecto normativo, o respeito às diversidades locais é tido com um dos princípios fundamentais para a gestão dos resíduos sólidos (PERNAMBUCO, 2010, Art. 5º, VII).

Sendo assim, a incorporação de atividades que se adequem a realidade local, por meio da definição e estudo analítico de indicadores gerenciais, deve ser premissa a ser seguida. Para tanto, o entendimento dos bairros/setores/microrregiões quanto aos aspectos socioeconômico e ambiental apresenta-se como um viés para a estruturação

organizacional, por via da setorização das áreas de coleta de RSU, de modelos gerenciais que atenda às necessidades e particularidades locais.

## **1.2. OBJETIVOS**

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o atual modelo de gestão dos RSU da cidade de Recife tendo como base a legislação vigente e estudar a relação dos indicadores gerenciais em setores de coleta por meio de técnicas multivariadas.

Os objetivos específicos a ser atingidos são:

- Avaliar a adequação da gestão dos RSU na cidade de Recife, a partir do estabelecimento de parâmetros comparativos entre os preceitos operacionais executados pela gestão municipal nos setores estudados e o estabelecido pela legislação vigente para os resíduos sólidos;
- Correlacionar os principais componentes definidores da realidade dos setores.
- Setorizar rotas de coleta de RSU mediante determinação do grau de similaridade dos indicadores por meio da análise de agrupamento hierárquico.

## **1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação está estruturada nos seguintes capítulos:

Capítulo 1: norteia o leitor para o entendimento da problemática da pesquisa, compreendendo a introdução e os objetivos (geral e específicos) a serem alcançados;

Capítulo 2: apresenta uma síntese do referencial teórico sobre os temas de importância para a pesquisa, contemplando sequencialmente os seguintes itens: (i) gestão, (ii) gerenciamento, e (iii) indicadores que interferem no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos;

Capítulo 3: descreve os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho, de forma a considerar o tipo de pesquisa adotado, como foi realizado o levantamento dos dados e a forma de análise;

Capítulo 4: faz uma análise dos resultados obtidos;

Capítulo 5: Enumera as principais conclusões obtidas na pesquisa, juntamente com a proposição de trabalhos futuros a cerca desta temática.

*Referencial teórico*

---

**CAPÍTULO II**

## 2.1. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A gestão dos resíduos sólidos é definida na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como um “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010a, Art. 3º, IX). Desta forma, apresenta ações voltadas para as esferas maiores, como aquelas direcionadas ao Governo Federal ou Estados, embora haja algumas propostas de âmbito municipal (JUCÁ et al., 2013).

Nesta perspectiva, está intrinsecamente relacionada às políticas públicas. Conforme Besen (2011), a gestão dos RSU é fundamental para resolver os problemas gerenciais dos resíduos sólidos, compreendendo as decisões/atos que o governo pratica e os efeitos que tais ações provocam na sociedade. A aplicabilidade dessas ações deve ser economicamente viável e politicamente determinada, pelo equilíbrio entre as atividades estatais e privadas (SILVA; BASSI, 2012). Souza (2006) ainda afirma que a política pública busca “colocar o governo em ação”, analisando o comportamento e propondo, quando necessário, mudança no rumo ou no curso dessas ações.

O entendimento das políticas públicas é de grande relevância para uma gestão mais adequada dos resíduos sólidos, pois direciona ações estratégicas e auxilia na tomada de decisão e implantação de ações efetivas dentro deste sistema complexo em que está ancorada a gestão dos RSU (FUGII, 2014). Assim sendo, para facilitar a compreensão da gestão de RSU nos níveis internacional e nacional, serão tomados como base três aspectos fundamentais das políticas públicas, conforme proposto por Jucá et al. (2013):

- (i) Arranjos institucionais: Possibilidade de conexão entre os atores envolvidos no processo, principalmente os diversos órgãos (ministérios, agências, conselhos, dentre outros), nos diversos níveis (federal, estadual e municipal), as empresas e a sociedade civil, participando nas decisões relativas aos resíduos sólidos.
- (ii) Modelos de gestão: Estrutura gerencial aplicada a uma localização geográfica previamente definida com base no diagnóstico local e na legislação vigente.
- (iii) Sistemas de incentivo: Referem-se aos dispositivos apresentados na legislação, seja em sua regulamentação ou por meio de decretos, que

promovem a incorporação de determinados comportamentos pelos atores envolvidos.

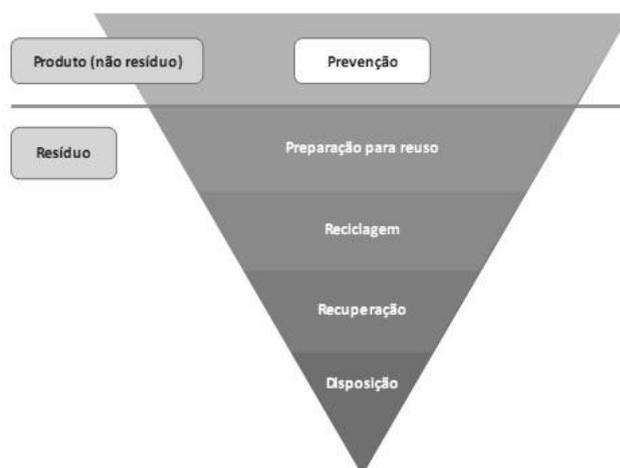
Estes aspectos estarão presentes nos subsequentes estudos da gestão dos RSU na União Europeia, Estados Unidos, Japão, Brasil e Recife.

### **2.1.1. Gestão dos resíduos sólidos urbanos na União Europeia**

A gestão de RSU aplicada na União Europeia (UE) está fundamentada em Diretivas, atos legislativos que fixam objetos obrigatórios, cuja metodologia de implantação (forma e os meios) e temporalidade (prazo para cumprimento) deve se ajustar a realidade de cada Estado-membro (EUROSTAT, 2011). Cada país deve deixar claro na legislação os procedimentos para execução e concretização dos objetivos da diretiva. Em suma, a estratégia de gestão dos resíduos na UE está ancorada no sistema de incentivo seletivo para o bloco, na adequação do modelo de gestão de RSU à realidade de cada Estado-membro por meio de Diretivas específicas e na fiscalização e aplicação das normas cuja responsabilidade é atribuída à Comissão Europeia (Jucá et al., 2013).

De acordo com Jucá et al. (2013), uma crítica que se faz ao modelo de gestão de RSU aplicado na UE está relacionado com a inexistência de um sistema punitivo efetivo aos Estados-membros que não cumprem determinadas regulações. Desta forma, o Conselho da União Europeia pode punir os países que não cumprem a Diretiva, embora, nos tratados do bloco, não fica claro como isto pode ser realizado. Ainda segundo o autor, cada Estado-membro deve elaborar um relatório trienal sobre o diagnóstico da disposição final dos resíduos e apresentar à Comissão Europeia, sendo posteriormente encaminhado ao Conselho da União Europeia e ao Parlamento Europeu na forma de relatório situacional da aplicação da Diretiva.

O instrumento legislativo que define os princípios da UE quanto aos resíduos sólidos está ancorado na Diretiva 2008/98/EC do Parlamento e do Conselho Europeu (CE, 2008). Esta estabelece a estrutura legal para o tratamento dos resíduos dentro da comunidade, defende a proteção do meio ambiente e da saúde humana por meio da redução de resíduos na fonte, introduz o princípio do poluidor pagador e a responsabilidade estendida do produtor e propõe metas para reciclagem dos RSU de 50% até 2020. A Diretiva exige que os Estados-membros adotem planos de gestão e programas de prevenção da geração de resíduos (Figura 1).



**Figura 1.** Hierarquia da gestão de resíduos na Legislação da UE. Fonte: Comissão Europeia (2011).

Segundo a Eurostat (2011), a definição de prioridades é um princípio orientador para gestão europeia dos resíduos sólidos. Neste sentido, os principais instrumentos legislativos incorporados aos países da UE versam nos padrões mínimos de reciclagem, na atribuição de impostos para os resíduos e no banimento da disposição de resíduos com potencial de matéria e energia em aterros sanitários.

### 2.1.2. Gestão dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos

A gestão de RSU aplicada nos EUA está baseada no funcionamento de uma agência reguladora nacional regida por uma legislação federal, a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency - EPA*). A EPA é responsável por estabelecer os padrões nacionais para a gestão dos resíduos sólidos, bem como o monitoramento e fiscalização nos estados americanos (Jucá et al., 2013), previsto constitucionalmente.

A principal Lei federal voltada para a gestão de resíduos sólidos é a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act – RCRA*), responsável por estabelecer, dentre outros, parâmetros para redução da geração de RSU e industriais no país. Os principais objetivos estabelecidos pela RCRA fundamentam-se na proteção da saúde humana e do meio ambiente dos perigos potenciais da disposição de resíduos, na conservação da energia e dos recursos naturais, na redução da quantidade de resíduos sólidos gerados, no manejo ambientalmente adequado. De acordo com Jucá et al. (2013), a RCRA delega aos estados a responsabilidade de desenvolver e regular programas gerenciais quanto ao mercado de

coleta, reciclagem, tratamento e disposição final dos RSU. Esta Lei complementou em pontos importantes a Lei de Resíduos Sólidos (*Federal Solid Waste Disposal Act*), publicada em 1965.

Para lidar com a crescente quantidade de RSU, a EPA recomenda que os Estados adotem sistemas de manejo integrado de resíduos, ancorados em legislações que regulamentam esta prioridade, e baseados na seguinte hierarquia de prioridades: redução de resíduos na fonte, tanto do volume quanto da toxidez, e aumento da vida útil dos produtos manufaturados; reciclagem, que inclui a compostagem de resíduos de jardim e alimentares; e, por último, incineração ou disposição em aterros sanitários (JURAS, 2012).

### **2.1.3. Gestão dos resíduos sólidos urbanos no Japão**

O Japão apresenta-se como um dos países líderes no mundo em relação à tecnologia e práticas de gestão de resíduos. O modelo de gestão dos RSU é basicamente municipal, constituído por centros administrativos, nas maiores cidades, com o intuito de promover cada vez mais a descentralização dos resíduos sólidos (Jucá et al., 2013). Para tanto, dispõe de uma legislação federal com forte aplicação municipal, compreendendo, portanto, todos os municípios, cuja regulação do serviço está sob responsabilidade da Agência Ambiental Japonesa (JEA).

A gestão de RSU no Japão está fundamentada em quatro premissas básicas: (i) aumento da reciclagem, reutilização de materiais e aproveitamento energético dos resíduos; (ii) redução na fonte da geração de resíduos; (iii) aumento na vida útil dos aterros sanitários; e (iv) minimização dos custos com o gerenciamento dos resíduos (JUCÁ et al., 2013). O autor ainda afirma que a avançada gestão japonesa se ajusta a realidade do país (questão territorial), atendendo aos seus anseios com indicações tecnológicas voltadas à redução do volume de resíduos, com o intensivo uso da incineração como tecnologia de tratamento predominante.

Segundo Jucá et al. (2013), o arcabouço legal da gestão de resíduos no Japão está ancorado na Lei de Gestão de Resíduos e de Limpeza (regularmente revisada desde 1970), na Lei de Promoção da Efetiva Utilização de Recursos (promulgada em 1991), na Lei Fundamental do Ciclo de Materiais (promulgada em 2000) e em várias outras Leis que tratam do fluxo específico dos resíduos (promulgada desde os anos de 1990).

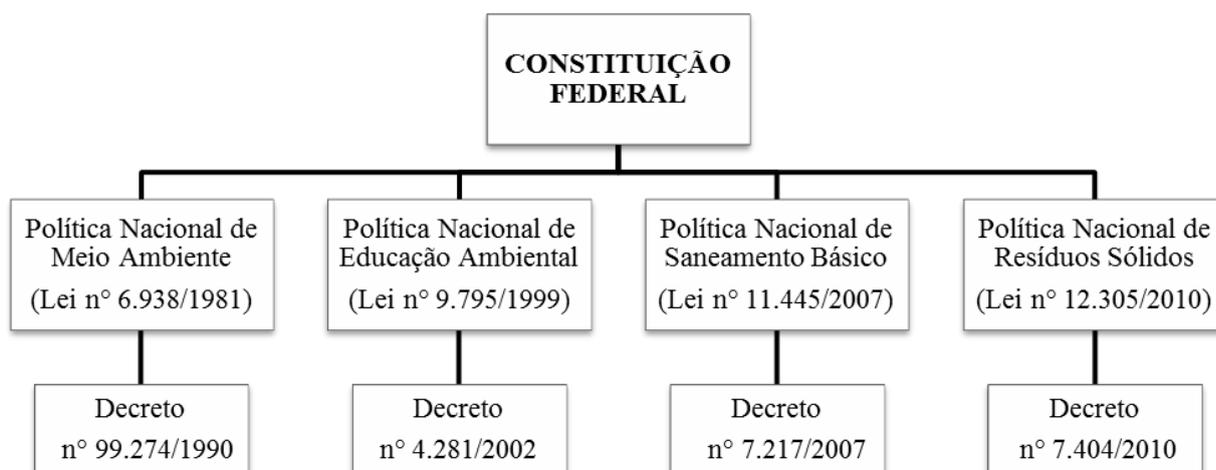
### 2.1.4. Gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

A gestão de RSU do Brasil está fundamentada por uma legislação federal, instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual define as bases para o planejamento e implantação de uma gestão estratégica dos resíduos sólidos, além de atribuir a responsabilidade e autonomia aos Estados e Municípios para o estabelecimento de uma regulação própria e específica (JUCÁ et al., 2013). Neste sentido, os governos federal e estadual devem oferecer uma política clara de incentivos e estímulos para os municípios, buscando soluções conjuntas e regionalizadas, através de modelos gerenciais apropriados a realidade de cada região (ABRELPE, 2011).

As subseções seguintes irão tratar de questões importantes para a gestão de RSU no Brasil, tais como seu arcabouço legal e o modelo de gestão.

#### 2.1.4.1. Aspectos legais da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

O arcabouço legal brasileiro (Figura 2) com vistas às questões relacionadas aos resíduos sólidos integra a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981) e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999), a Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007a) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a). Estas Leis são regulamentadas pelos Decretos nº 99.274 (BRASIL, 1990), nº 4.281 (BRASIL, 2002), nº 7.217 (BRASIL, 2007b) e nº 7.404 (BRASIL, 2010b), respectivamente, constituindo, portanto, um dos principais instrumentos legais, a nível federal, utilizado para a gestão dos RSU.



**Figura 2.** Instrumentos legais para a gestão dos RSU. Fonte: Adaptado de Jucá et al., 2013.

A Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981) tem como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental necessária para o estabelecimento da qualidade de vida da população. Em seu arcabouço, trata das penalidades cabíveis para determinar a redução das atividades geradoras de poluição. Neste tocante, indica que as emissões de resíduos sólidos devem-se manter dentro das condições e limites estipulados no licenciamento concedido, a fim de estabelecer os padrões de qualidade ambiental.

A Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999) estabelece a educação ambiental como um componente principal e permanente para a educação nacional, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades do processo educativo, seja de caráter formal ou informal. Neste sentido, atribui a responsabilidade ao Poder Público, às instituições educativas, aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente, aos meios de comunicação de massa, às empresas e à sociedade. No tocante aos resíduos sólidos, está fundamentada na compreensão integrada e nas múltiplas e complexas relações, com incentivo a participação individual e coletiva, além do estímulo e direcionamento ao pensamento sustentável dos diversos entes envolvidos.

A Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL 2007a) estabelece as diretrizes e política federal para o saneamento básico no Brasil, assim como os serviços públicos que serão prestados, como o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas superficiais, realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Quanto aos serviços de limpeza urbana e manejo, são definidos como um “conjunto de atividades de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas” (BRASIL, op. cit.). Estas estruturas operacionais devem contar com o planejamento, a regulação, a fiscalização, a prestação dos serviços, a participação e o controle social como parte integrante do processo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a) constitui o marco regulatório na gestão dos resíduos sólidos no Brasil. Dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal (isoladamente ou em regime de cooperação com os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares) relativo à gestão e gerenciamento integrados dos resíduos sólidos. Também atribui as responsabilidades aos geradores e ao poder público,

estimulando o uso de instrumentos econômicos aplicáveis, a implantação dos planos para os resíduos em nível nacional, estadual e municipal, além das proibições e soluções integradas para a coleta seletiva, a recuperação e a reciclagem, o tratamento e a destinação final.

Os princípios fundamentais definidos e apresentados na PNRS (BRASIL, 2010a) permeiam as esferas econômica, ambiental e social e norteia as atividades gerenciais dos RSU. Estão fundamentados nas diretrizes da prevenção e precaução; do poluidor-pagador e protetor-recebedor; do uso da visão sistêmica nas questões relativas à gestão dos resíduos sólidos; do desenvolvimento sustentável; da ecoeficiência; da cooperação entre as diferentes esferas do poder público, setor privado e demais segmentos da sociedade; da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; do reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis como um bem de valor socioeconômico (com vistas na geração de trabalho, renda e que promova cidadania); dentre outros.

Também fica estabelecida a ordem de prioridade para o gerenciamento dos resíduos sólidos - não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos - além de fomentar a adoção de tecnologias para a recuperação energética dos RSU. Diante deste cenário, aborda temas de crescente interesse socioambiental, tais como a logística reversa e a inserção dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis dentro deste sistema (BRASIL, 2010a).

Os arranjos institucionais incentivados pela PNRS fundamentam-se na criação de planos nacionais, estaduais e municipais de resíduos sólidos; na integração e articulação da Política Nacional de Meio Ambiente com a Política Nacional de Educação Ambiental, Política Nacional de Saneamento Básico e a Lei dos Consórcios; na articulação da União, Estados, Distrito Federal e os municípios no Sistema Nacional de Informações sobre a gestão dos resíduos sólidos, como forma de avaliação das metas no plano; e o estabelecimento de acordos setoriais firmados entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, com abrangência nacional, regional, estadual ou municipal (BRASIL, 2010a).

Quanto aos sistemas de incentivo, o novo arcabouço legal fomenta o incentivo fiscal, financeiro e creditício, estabelecendo prioridade nas contratações governamentais para os materiais reciclados e recicláveis, voltados para o atendimento de bens, serviços e obras; a obtenção de recursos financeiros federais para os Estados e Municípios que

elaborarem seus planos, tendo prioridade os Municípios adeptos aos sistemas de consórcios e/ou coleta seletiva; a atribuição ao poder público municipal, na forma de lei municipal, a responsabilidade para instituir os incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva; e o incentivo à criação e o desenvolvimento de associações ou outra forma de cooperação de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis (BRASIL, 2010a).

#### **2.1.4.2. Modelos de gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**

O modelo de gestão de resíduos sólidos pode ser entendido como um conjunto de ações resultantes de referências político-estratégica, institucionais, legais, financeiras, sociais e ambientais, capaz de nortear a organização do setor (MESQUITA JÚNIOR, 2007). Conforme Lima (2001), os elementos indispensáveis para um modelo de gestão permeiam no reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos; na integração dos aspectos técnicos, ambientais, sociais, institucionais e políticos, garantindo a sustentabilidade; na consolidação e implantação da base legal, através de ações que promovam sua viabilização; nos mecanismos de financiamento das estruturas de gestão e gerenciamento; no controle social; e na implementação das políticas públicas para o setor, a partir do sistema de planejamento integrado.

De acordo com Ppiaf (2011) e Jucá et al. (2013), os modelos de gestão dos resíduos sólidos, baseado na ótica do Poder Público, podem ser realizados por via da administração pública, de forma direta ou indireta; por meio da gestão pública consorciada; e mediante a delegação à iniciativa privada, por meio de concessão, parceria público-privada (PPP), permissão, autorização ou terceirização. Estes modelos também podem atuar de forma conjunta dentro do município, sendo denominados de modelos mistos. Dentre as modalidades apresentadas, destacam-se a administração pública; a gestão pública consorciada, por meio dos consórcios públicos; a concessão; a (PPP), a terceirização e os modelos mistos como um dos principais modelos gerenciais comumente adotados para o trato dos RSU.

A gestão dos serviços e manejo dos resíduos sólidos pode ser executada pelo poder público de forma direta ou indireta (MESQUITA JÚNIOR, 2007). Segundo este autor, nas atividades desenvolvidas pela administração direta, o poder público é responsável pela prestação dos serviços públicos, desde que disponha de recursos humano, materiais e técnico. Neste sentido, não há contratação de particular, podendo

ser criado um órgão ou departamento específico para execução. Conforme Ppiaf (2011), esta lógica pode ser aplicada em pequenas regiões localizadas em áreas isoladas, sem conurbação. Embora este modelo seja considerado como o mais adequado, por permitir maior eficiência e menor custo para a municipalidade, pode acarretar prejuízos de eficiência da operação, devido à ingerência política no órgão municipal ou no departamento responsável pela coleta.

Na administração indireta, o poder público delega para terceiros a realização do serviço, que pode ocorrer por Lei (Delegação Legal) ou por contrato para o particular, também chamado de Delegação Contratual (PPIAF, 2011). De acordo com Mesquita Júnior (2007), Na delegação legal, a titularidade e a prestação do serviço são transferidas do Poder Público para a entidade da administração pública indireta, enquanto, na delegação contratual, embora este órgão permaneça como titular, a execução do serviço é delegada ao particular.

Os consórcios públicos, cuja base legal está ancorada na Lei nº 11.107 (BRASIL, 2005) e no Decreto nº 6.017 (BRASIL, 2007c), caracteriza-se por um convênio de cooperação entre entes da Federação para a gestão associada dos serviços públicos. Segundo Mesquita Júnior (2007), os consórcios públicos têm natureza contratual, com definição de obrigações recíprocas entre os consorciados e cumprimento dos objetivos estabelecidos no contrato. Jucá et al. (2013) afirma que as soluções consorciadas podem beneficiar municípios de pequeno e médio porte, por permitir a superação de deficiências de planejamento e assessoria técnica para implantação e operacionalização do sistema de limpeza urbana local/regional. Embora seja um modelo complexo e rigoroso quanto a fase de implantação e operação (PPIAF, 2011), este modelo vem se tornando uma realidade para os municípios de pequeno e médio porte nas cinco regiões do Brasil (JUCÁ et al., 2013).

O modelo de concessão, fundamentado na Lei 8.987 (BRASIL, 1995), implica na atribuição da responsabilidade pelo serviço de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos ao concessionário particular, apesar do Estado ser titular. A formalização do serviço deve ser feita por meio de um contrato de concessão com a administração pública, fato evidenciado em alguns Estados brasileiros, dentre eles, São Paulo (PPIAF, 2011).

A PPP apresenta-se como uma modalidade alternativa de colaboração entre o setor público e a iniciativa privada introduzida e observada pela Lei Federal nº 11.079 (BRASIL, 2004), sendo resultante de um contrato de concessão de longo prazo. Este

modelo confere maior possibilidade de adequação ao contrato e possibilita uma relação de maior confiança entre o Estado e o particular, com repartição dos riscos processuais (MESQUITA JÚNIOR, 2007). Na concessão em regime de PPP, a concessionária é obrigada pela prestação do serviço de forma adequada, contínua e eficiente ao prazo do contrato, realizando periodicamente a prestação financeira da atividade executada ao poder concedente (PPIAF, 2011).

A terceirização trata-se de um contrato administrativo de prestação de serviço ou obras públicas, cujas diretrizes estão ancoradas na lei de licitações. Mesquita Júnior (2007), afirma que o prazo máximo de contratação deve ser de cinco anos, sem financiamento pelo particular, cuja remuneração é feita pela administração pública à medida que o contrato vai sendo cumprido. Conforme Ppiaf (2011), as principais vantagens desse modelo são os ganhos de eficiência e produtividade a custo pré-determinado pela administração pública, porém apresenta limitações quanto à inovação e aumento de eficiência, devido à impossibilidade de financiamento privado.

Esses arranjos institucionais de gestão aplicados em municípios ou regiões podem acontecer em um modelo único (geralmente aplicado em municípios de pequeno porte) ou por mais de um modelo de gestão, sendo enquadrado como arranjo misto ou híbrido, geralmente aplicados para municípios de médio e grande porte (JUCÁ et al., 2013). De acordo com Ppiaf (2011), o modelo híbrido pode apresentar soluções conjugadas ou distintas para cada etapa da cadeia de resíduos.

#### **2.1.5. Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife**

A Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), criada pela Lei Ordinária nº 14.236 (PERNAMBUCO, 2010), que atualiza a Lei nº 12.008 (PERNAMBUCO, 2001) e o Decreto nº 23.941 (PERNAMBUCO, 2002), é a principal legislação vigente na cidade de Recife que direciona e fundamenta as ações gerenciais para o trato com os RSU. A PERS estabelece os princípios, objetivos, instrumentos, gestão, responsabilidades e instrumentos econômicos para o trato das questões dos resíduos sólidos no estado de Pernambuco.

##### **2.1.5.1. Aspectos legais da gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife**

A PERS dispõe de 11 capítulos, sendo os cinco primeiros referentes aos aspectos gerais e princípios lógicos também dispostos na PNRS. No capítulo seis trata do sistema

estadual de gestão de resíduos sólidos, especificando a composição dos órgãos e entidades participantes com suas respectivas atribuições. No capítulo sete dispõe das fontes de incentivo da PERS. Nos capítulos oito e nove aborda sobre a responsabilidade dos geradores de resíduos sólidos e do Poder Público, além da inserção do sistema de logística reversa e da responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos. Nos capítulos finais trás à luz a discussão das principais infrações e penalidades voltadas aos geradores de resíduos sólidos que não estejam alinhados com ao atendimento da Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a).

A Lei nº 14.236 (PERNAMBUCO, 2010) traz como princípio explícito o atendimento e implementação da hierarquia dos resíduos com base na redução, reutilização e reciclagem, além do incentivo e motivação do tratamento e destinação adequada dos resíduos sólidos. Além disso, estimula a erradicação de qualquer atividade infantil vinculada ao fluxo do resíduo, por meio de ações voltadas para a inclusão social de catadores de materiais recicláveis; o incentivo para implantação do sistema de coleta seletiva nos municípios; e a cooperação intermunicipal, estimulando a busca de soluções consorciadas para gestão de resíduos sólidos.

A PERS de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2010) norteia, aos atores envolvidos, as estratégias, responsabilidades e arranjos institucionais para um gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos gerados. Neste sentido, os objetivos são voltados para a melhoria da qualidade de vida da população, valorização dos resíduos em termos de massa e energia, através do incentivo para o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias de reciclagem e compostagem, tratamento, destinação e deposição final dos resíduos, com proteção ao meio ambiente, estímulo à educação ambiental e inserção de práticas racionais dos recursos naturais.

Visando uma estruturação gerencial municipal, a PERS (PERNAMBUCO, 2010, Art. 9º) estabelece o Sistema Estadual de gestão dos resíduos sólidos e especifica a composição dos seus órgãos e entidades com suas respectivas atribuições. Neste sentido, constitui o Órgão Consultivo e Deliberativo, o Órgão Central, o Órgão de Controle Ambiental, e os Órgãos Complementares. Dentre os órgãos ou entidades municipais presentes neste item, a Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos é o órgão responsável pelo sistema de manutenção e limpeza urbana de Recife, com execução atribuída a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb).

### 2.1.5.2. Modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos em Recife

O atual modelo de organização e gestão dos resíduos sólidos urbanos aplicado na cidade de Recife, em termos estruturais, está sob responsabilidade da Emlurb, empresa pública, constituída pelo executivo Municipal, com fundamento na Lei n° 13.535 (RECIFE, 1979), dotada de personalidade jurídica de direito privado, com patrimônio próprio, autonomia administrativa e financeira e vinculada à Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife. Entretanto, algumas atribuições correlacionadas com a gestão dos resíduos sólidos municipais estão distribuídas na estrutura organizacional da Prefeitura do Recife, estando atreladas à Secretaria de Desenvolvimento e Planejamento Urbano e a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (RECIFE, 2014).

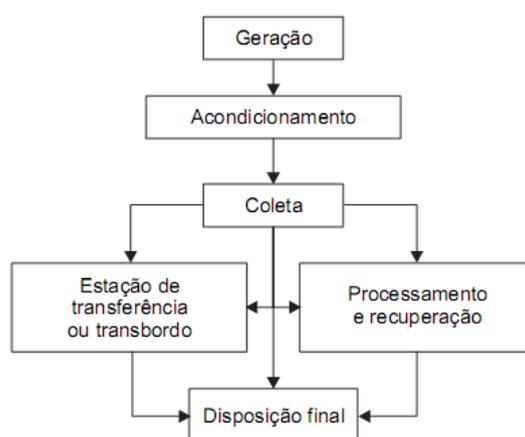
A Emlurb concentra uma gama de atividades voltadas para a supervisão e fiscalização de operação das empresas terceirizadas para os serviços de coleta, transporte e destinação dos resíduos sólidos urbanos. Dentre as várias atividades, pode-se listar a supervisão dos serviços de coleta e limpeza urbana dos RSU, realizada pelas empresas Vital Engenharia Ambiental S/A, que é responsável por 70% do resíduo coletado, e a da Coelho de Andrade e Engenharia Ltda (Cael), detentora de 30%. Já a coleta de resíduos em suspensão nas calhas dos rios e canais navegáveis é realizada pela empresa Etna, ao passo que a coleta de resíduos volumosos (entulhos) é feita pela empresa Loquipe. A supervisão dos serviços de coleta, o transporte e a destinação final/tratamento dos resíduos de saúde são prestados pela *Stericycle*, que realiza tal atividade junto à rede de hospitais privados. A destinação e o tratamento dos RSU coletados no Recife são de atribuição da Ecopesa Ambiental e da Vital Engenharia, porém a supervisão e o controle das pesagens dos resíduos são de responsabilidade da Emlurb (RECIFE, 2014).

Já a Secretaria de Finanças se encarrega pela arrecadação da taxa de limpeza urbana, a partir dos valores coletados pelo Imposto Territorial e Predial Urbano (IPTU). A Secretaria de Saúde gerencia o orçamento das empresas terceirizadas para os serviços de saúde, enquanto a Emlurb se responsabiliza pela supervisão e controle técnico-operacional. A Empresa de Processamento de Dados (Emprel) apoia a Emlurb na operação e na verificação da taxa de limpeza urbana, através dos sistemas de limpeza urbana e coleta, conhecido como Flic, além do cadastro de logradouros (RECIFE, 2014).

## 2.2. GERENCIAMENTO INTEGRADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O gerenciamento dos resíduos sólidos está disposto na Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a, Art. 3º, X) como um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e dos rejeitos, em consonância com o plano municipal de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos conforme exigido pela PNRS. Neste sentido, o gerenciamento integrado dos resíduos é encarado de forma mais diferenciada, com segregação dos resíduos na origem, diferentes métodos de coleta e seu tratamento adequado e diversificado, com vistas na recuperação, reciclagem, tratamento biológico da matéria orgânica, tratamento térmico e aterro sanitário (WHITE et al., 1995).

O sistema de limpeza urbana de uma cidade pode ser administrado diretamente pelo município (BRASIL, 1988, Art. 30, I e V), por uma empresa pública específica ou de economia mista, criada para desempenhar especificamente esta função (IBAM, 2001). O órgão/município incumbido pelo manejo dos resíduos é responsável pelas atividades técnico-operacionais municipais. Desta forma, Tchobanoglous (1977) afirma que as atividades gerenciais dos resíduos sólidos podem ser agrupadas em seis elementos funcionais (Figura 3): geração, acondicionamento, coleta e transporte, estação de transferência ou transbordo, tratamento (processamento e recuperação) e disposição final.



**Figura 3.** Principais etapas para o gerenciamento dos resíduos sólidos. Fonte: Tchobanoglous (1977).

A geração dos resíduos sólidos consiste na quantidade de resíduos produzidos, seja por uma pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, por meio das atividades cotidianas e impulsionado pelo consumismo. Para Jucá et al. (2014), a

geração dos resíduos sólidos pode ser avaliada em termos totais (somatório de todos os resíduos produzidos e coletados num determinado local) e *per capita* (quantidade de resíduo coletado dividido pela população atendida). Carvalho Júnior (2013) afirma que a geração dos resíduos está atrelada a diversos fatores, como: legislação, Produto Interno Bruto (PIB), renda, nível e hábito de consumo, aspectos socioculturais e populacionais, entre outras. Além disto, a geração dos resíduos apresenta interferências significativas na característica física e tipologia (gravimetria) dos resíduos, como citado por Melo, Sautter e Janissek (2009).

O acondicionamento consiste na primeira etapa do processo de remoção dos resíduos sólidos (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002). Segundo Ibam (2001), acondicionar os resíduos significa prepará-los para as etapas subsequentes (coleta e transporte) de forma sanitariamente adequada, em sintonia com a quantidade e tipologia do resíduo produzido, além da participação crucial da população. Cunha e Caixeta Filho (op. cit.), afirmam que no Brasil os principais recipientes para acondicionamento dos resíduos sólidos são: vasilhames metálicos (latas) ou plásticos (baldes); sacos plásticos de supermercados ou especiais para lixo; caixotes de madeira ou papelão; latões de óleo; contêineres metálicos ou plásticos, estacionários ou sobre rodas, entre outros. A escolha do recipiente mais adequado está atrelada a geração e característica dos resíduos, frequência de coleta, tipo de edificação e preço do recipiente (IBAM, op. cit.).

A coleta e o transporte consistem nas operações de remoção e transferência dos resíduos sólidos para um local de armazenamento, processamento ou destinação final (PROSAB, 2003). De acordo com Jucá et al. (2013), a coleta pode ser feita de forma convencional (indiferenciada, coleta dos resíduos misturados) ou seletiva (diferenciada, com segregação prévia dos materiais potencialmente recicláveis conforme sua composição). Quanto aos resíduos diferenciados, o Cempre (2010) aponta quatro tipos de coleta: a coleta porta-a-porta, veículos coletores diferenciados que coletam os resíduos em horários e dias específicos; os postos de entrega voluntária (PEV) que acondicionam de forma segregada e permitem a coleta de resíduos recicláveis por meio de contêineres ou pequenos depósitos dispostos em pontos fixos; o posto de troca de materiais recicláveis por bens ou benefícios; e a coleta de materiais recicláveis com a participação dos catadores de materiais recicláveis utilizando carrinhos de tração animal (trabalhador autônomo) ou de transporte veicular, organizados sob a forma de cooperativa ou associação.

Os resíduos sólidos podem ser coletados por meio de veículos motorizados e não motorizados, pois utilizam a tração animal como força motriz (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002). Segundo o Ibam (2001), os veículos coletores motorizados podem ser divididos em compactadores e comuns (tratores, coletores de caçamba aberta e coletor com carrocerias, tipo prefeitura ou baú). Cunha e Caixeta Filho (op. cit.) complementam dizendo que os caminhões multicaçamba, utilizados na coleta seletiva de materiais recicláveis, alocam os resíduos separadamente dentro da carroceria do caminhão. Os resíduos coletados poderão ser transportados para estações de transferência ou transbordo ou para locais de processamento, recuperação ou destinação final.

As estações de transferência ou transbordo são locais onde os veículos coletores descarregam os resíduos contidos em coletores de maior capacidade, com a finalidade de otimizar a coleta dos resíduos e reduzir custos (MANSUR; MONTEIRO, 2001). Estas são instaladas em pontos estratégicas entre a distância do centro de massa de coleta e a área de disposição do resíduo, cuja distância máxima não deve exceder 20 km (IBAM, 2001).

A recuperação e o tratamento dos resíduos podem ser compreendidos como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos, com ênfase nas evoluções e inovações tecnológicas do mercado, atendendo, dentre outros, as necessidades energéticas, materiais e ambientais (JUCÁ et al., 2013). Para o autor, os quatro sistemas básicos de recuperação e tratamento dos resíduos se baseiam na triagem, tratamento biológico, tratamento térmico (incineração) e os aterros sanitários.

A triagem consiste na segregação física dos resíduos sólidos em termos de composição dos materiais, com vista nos componentes recicláveis, como o plástico, o vidro, o metal e o papel (JUCÁ et al., 2013). Para tanto, os resíduos passam por procedimentos de beneficiamento e agregação de valor, nas etapas de segregação por tipo de materiais constituintes, lavagem, trituração, peneiramento, prensagem, e enfardamento de acordo com o mercado consumidor (REICHERT, 2013). Após a triagem, os resíduos são direcionados para reciclagem ou reutilização, conforme definidos pela PNRS. A reciclagem é um processo de transformação dos resíduos, a fim de reinseri-los como matéria-prima na cadeia produtiva (BRASIL, 2010a). A reutilização consiste no aproveitamento dos resíduos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, ou seja, são encaminhados diretamente como produto (BRASIL, op. cit.).

O tratamento da fração orgânica por processos biológicos pode ser realizado mediante técnicas de compostagem e biodigestão anaeróbia. A primeira tecnologia consiste na decomposição aeróbia da matéria orgânica tendo como produto final um condicionador do solo, enquanto a segunda na estabilização anaeróbia da matéria orgânica, com geração de biogás e energia, decorrentes da produção do metano (JUCÁ et al., 2013). Ainda segundo o autor, a incineração é uma das técnicas de tratamento térmico dos resíduos, pois provoca a redução do volume mediante influência da energia contida no processo. Com isso, a energia recuperada é utilizada para produção de calor e energia elétrica.

O aterro sanitário é uma tecnologia universal de disposição final e tratamento dos resíduos sólidos. De acordo com a NBR 15.849 (ABNT, 2010), os aterros sanitários consistem em uma instalação para deposição dos resíduos no solo, localizada, concebida, implantada e monitorada segundo princípios de engenharia e prescrições normalizadas, de modo a minimizar os impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Os resíduos depositados no aterro sofrem um processo de decomposição anaeróbia não controlada, produzindo, como produto, efluente líquido (chorume) e gasoso, também conhecido como biogás, gás com potencial energético (MACIEL, 2009). Para Brasil (2010a), os aterros sanitários devem receber, preferencialmente, os rejeitos, ou seja, resíduos sólidos que não apresentam mais nenhuma possibilidade de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis.

### **2.2.1. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos na União Europeia**

A União Europeia atualmente compreende 28 Estados-membros, numa área total de aproximadamente 4,36 milhões de km<sup>2</sup>, com população em torno de 506,8 milhões de habitantes e densidade demográfica de 116,4 hab/km<sup>2</sup>. Em 2014, apresentou um PIB de 14,0 bilhões de EUR (quatorze bilhões de euro), valor equivalente a 25% do PIB mundial (EUROSTAT, 2015). No ano de 2012, a geração total e *per capita* dos RSU na UE (28 Estados-membros) foi de aproximadamente 246 milhões de toneladas e 1,33 kg/hab.dia, respectivamente (EUROSTAT, 2012). De acordo com Carvalho Júnior (2013), a geração de resíduos na Europa vem reduzindo paulatinamente devido à aplicação da política europeia de redução na geração dos resíduos estabelecida por via de metas nos países-membros. Quanto à origem dos resíduos, os resíduos sólidos

urbanos produzidos em 2008 no bloco apresentaram percentuais em torno dos 10% (EUROSTAT, 2012).

A UE apresenta diversas alternativas tecnológicas para o tratamento e disposição final dos RSU, como reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração com geração de energia e aterro sanitário. Os modelos adotados estão atrelados às particularidades de cada Estado-membro, especialmente no tocante às políticas públicas e legislação vigente (JUCÁ et al., 2013).

Conforme Eurostat (2012), o bloco econômico apresenta três realidades distintas quanto ao tratamento dos RSU. A Região Norte (Suíça, Alemanha, Países Baixos, Áustria, Suécia, Bélgica e Dinamarca) com predominância de tecnologias como reciclagem, compostagem e incineração, com destinação dos rejeitos para os aterros sanitários; países como a Itália, o Reino Unido, Finlândia, Portugal e Espanha com predomínio na deposição dos RSU nos aterros sanitários com valores entre 50 a 70%, embora apresentem um percentual de reciclagem e compostagem em torno de 30% e incineração de 10%; e os Países do Leste Europeu com pouca utilização de tecnologias de valorização de massa e energia dos resíduos.

Segundo Jucá et al. (2013), o estudo temporal das diferentes tecnologias de tratamento e disposição dos RSU na UE revela uma tendência de minimização da destinação dos resíduos sólidos, em sua totalidade, para os aterros sanitários, garantindo, desta forma, maior valorização dos resíduos sólidos mediante o aporte de diferentes tecnologias como reciclagem, compostagem, dentre outros. Esta lógica está alinhada com a realidade política e legal europeia, devido à aplicação de sistemas de incentivos efetivos que regem os Estados-membros, com indicações claras para a expansão da redução, reutilização e reciclagem dos RSU.

### **2.2.2. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos**

Os Estados Unidos compreendem 50 Estados e um Distrito Federal, numa área de 9,86 milhões de km<sup>2</sup>, com população de aproximadamente 320 milhões de habitantes, densidade demográfica em torno de 33 hab./km<sup>2</sup> e PIB de U\$ 17,4 trilhões (dezessete trilhões e quatrocentos bilhões de dólares), valores relativos ao ano de 2014 (CENSUS BUREAU/US, 2014). A geração total dos RSU nos EUA em 2012 foi de 251 milhões de toneladas, com geração *per capita* de 1,99 kg/hab.dia (EPA, 2012). Destes, 55 a 65% dos resíduos foram provenientes de residências, sendo os demais resíduos advindos de

estabelecimentos comerciais. Quanto à composição gravimétrica dos resíduos, segundo a EPA (2012), os materiais recicláveis são gerados em maior quantidade (54,5%) quando comparado com os orgânicos (27,3%).

O tratamento e destinação final dos RSU nos EUA são bastante diversificados, com estímulos a recuperação e venda dos materiais recicláveis, tecnologia específica e aplicável à realidade local, com estudo das principais rotas tecnológicas (JUCÁ et al., 2013). Mesmo assim, de acordo com a EPA (2012), os aterros sanitários são a forma predominante de tratamento e disposição final dos resíduos, com valores em torno de 36 a 85%. A reciclagem e compostagem dos resíduos (14 – 38%) se faz presente em todas as regiões americanas, e a incineração com geração de energia, tem seu uso principalmente limitado nos estados da costa leste, como Nova Inglaterra, e áreas do Atlântico Médio. Conforme Jucá et al. (op. cit.), uma pequena parte dos RSU é descartada ilegalmente, porém o governo tem investido na eliminação de áreas com destinação inadequada.

### **2.2.3. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Japão**

O Japão possui uma área em torno de 391 mil km<sup>2</sup>, população de aproximadamente 127 milhões de habitantes e uma das maiores densidades demográficas do mundo, com valor de 343,4 hab./km<sup>2</sup>. Em 2015, apresentou um PIB de U\$ 4,88 trilhões (quatro trilhões, oitocentos e oitenta bilhões de dólares), categorizando a terceira maior economia do mundo (STATÍSTICS BUREAU/JAPAN, 2015). De acordo com MOEJ (2011), a geração de RSU no Japão, para o ano de 2009, foi de aproximadamente 46,25 milhões de toneladas, com índice de geração de 0,99 kg/hab.dia. A análise temporal da geração de RSU no Japão apresenta uma redução paulatina do quantitativo produzido, mediante inserção e aplicação de leis e marcos regulatórios de forma bem sucedida. Dos resíduos gerados, os resíduos recicláveis correspondem a 55%, sendo maior percentual para a fração papel (38%), seguido dos orgânicos com 31% (MOEJ, op. cit.).

Com relação ao tratamento e disposição final dos RSU, Moej (2011) afirma que o Japão apresenta tecnologias bem diversificadas com foco na coleta seletiva e reciclagem dos resíduos (19%), instalação de incineradores, principal tecnologia de tratamento no País (79%), e a disposição dos resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediário em aterros sanitários (2%). Segundo o Jucá et al. (2013), existem

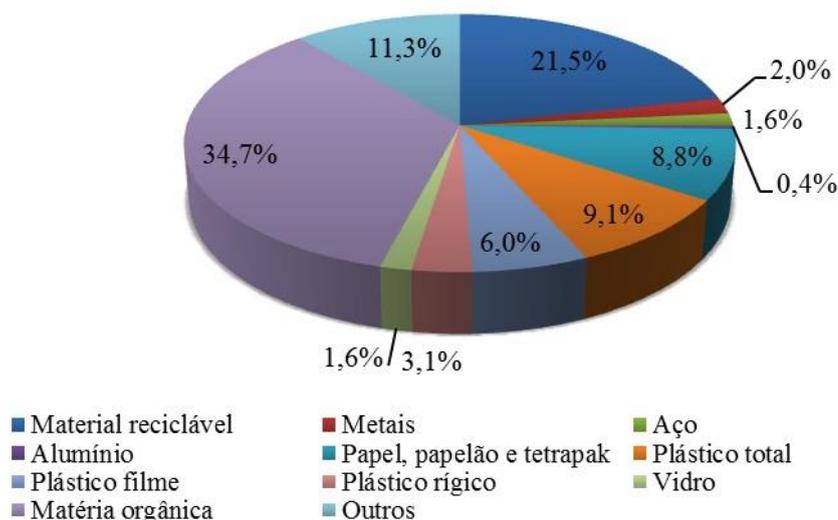
diferenças regionais dos arranjos tecnológicos utilizados no País, estando atrelado ao desempenho da reciclagem dos resíduos, ao uso de plantas de combustão e geração de energia e da posse do gerenciamento de forma privada ou pública.

#### **2.2.4. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**

O Brasil é o país mais populoso da América Latina, com cerca de 205 milhões de habitantes e o quinto do mundo em extensão territorial, com aproximadamente 8,5 milhões de km. Em 2012, o país teve um PIB de R\$ 1,43 trilhão (um trilhão e quatrocentos e trinta bilhões de reais). É dividido em cinco regiões de desenvolvimento: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, com 26 Estados, 1 Distrito Federal e 5.570 municípios (IBGE, 2015).

De acordo com os dados do Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, publicado pela Abrelpe (2013), a geração total de RSU no Brasil em 2013 foi de 76.387.200 toneladas. Esse montante foi 4,1% superior ao registrado em 2012 e superior à taxa de crescimento populacional urbano, de 3,7% ao ano, encontrado no mesmo período. A geração *per capita* de resíduos no Brasil em 2013 foi de 1,04 kg/hab.dia, superior ao ano de 2012 (1,04 kg/hab.dia), com um índice positivo de 0,39%. Quanto à geração *per capita* de RSU das regiões geográficas do Brasil, a Região Sudeste apresentou a maior produção de resíduos por habitante (1,21 kg/hab.dia), seguido pelas Regiões Centro-Oeste (1,11 kg/hab.dia), Nordeste (0,96 kg/hab.dia), Norte (0,89 kg/hab.dia) e Sul (0,76 kg/hab.dia) (ABRELPE, 2013).

Quanto à qualificação dos resíduos gerados (Figura 4), a fração orgânica e os resíduos recicláveis, correspondem aproximadamente a 51% e 40 %, respectivamente dos RSU produzidos no Brasil. As demais porcentagens correspondem aos demais RSU que não se enquadram nestas categorias, assim como aos rejeitos (BRASIL, 2011).



**Figura 4.** Composição gravimétrica dos RSU do Brasil. Fonte: Brasil (2011) apud Jucá et al. (2013).

Dos resíduos produzidos em 2013, foram coletados 69.064.935 toneladas, correspondendo a 90,4% de cobertura dos serviços de coleta, com um aumento de 4,4% do serviço quando comparado com o ano de 2012 (ABRELPE, 2013). Ainda segundo o autor, a Região Sudeste apresentou o maior índice de coleta, com percentagem de 52,4%, e a Região Norte a menor cobertura, com valor de 6,4%. Com relação à coleta seletiva, aproximadamente 62% dos municípios brasileiros realizou o serviço em 2013, sendo este número, muitas vezes, relativo à participação dos pontos de entrega voluntária ou convênio com cooperativas de catadores. As Regiões Sudeste e Sul foram as que obtiveram a maior taxa de coleta seletiva, com valores de 82,6% e 81,9%, respectivamente, seguidos pelas Regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste (ABRELPE, 2013).

Os aterros sanitários constituem a principal tecnologia amplamente adotada de destinação final e tratamento dos RSU no Brasil, com índice de aproximadamente 58,3%, correspondendo a 110.232 t/dia, no ano de 2013 (ABRELPE, 2013). As Regiões Sudeste e Sul são as que mais apresentam municípios cuja destinação final são os Aterros sanitários. Segundo o autor, os demais resíduos gerados (28,8 milhões de toneladas) seguem outras formas de destinação que promovem maior impacto ambiental, como os aterros controlados (24,3%) ou lixões (17,4%).

A disposição de RSU em lixões é considerada uma forma inadequada de gerenciar os resíduos, cuja erradicação apresenta-se como umas das premissas da PNRS (BRASIL, 2010a). A Região Nordeste destaca-se das demais por compreender em

média 837 municípios que ainda utilizam o lixão como a principal forma de destinação. Este quadro imprime a realidade da destinação dos RSU em todas as regiões do Brasil, com maior ou menor intensidade. Entretanto, de acordo com Jucá et al. (2013), com a criação da PNRS espera-se uma mudança da atual lógica de destinação dos resíduos, em virtude da incorporação de tecnologias de tratamento que se adequem à estrutura socioeconômico e ambiental local, assim como a triagem, reciclagem, compostagem, reatores anaeróbios e incineração.

Os recursos aplicados pelos municípios em 2013 relativos a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, bem menor que R\$10,00 (dez reais) por habitante/mês (ABRELPE, 2013). Contudo, o Sudeste foi à região que mais investiu na coleta, com valor em torno de R\$ 4.500 milhões/ano e R\$ 7.733 milhões por ano para os demais serviços de limpeza urbana. Neste sentido, conforme a Abrelpe (op. cit.), o serviço de limpeza urbana ofertou mais de 332 mil empregos diretos, apresentando evolução no mercado de limpeza urbana no país, movimentando recursos da ordem de R\$ 24 bilhões.

#### **2.2.5. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em Recife**

A cidade de Recife possui uma população estimada para o ano de 2013 de 1.599.513 habitantes (IBGE/2013), com base no Censo do IBGE (2010), e ocupa uma área de 218,50 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 7.320,42 hab./km<sup>2</sup>. Conforme a Lei n° 16.293 (RECIFE, 1997), o Município está dividido em seis Regiões Político-Administrativas (RPA): RPA 1 – Centro, RPA 2 – Norte, RPA 3 – Nordeste, RPA 4 – Oeste, RPA 5 – Sudoeste e RPA 6 – Sul. Cada RPA subdivide-se em três microrregiões formadas por um ou mais dos 94 bairros que compõe a cidade, com vistas (de forma permanente) na formulação, execução e avaliação das políticas de planejamento e gestão territorial da capital pernambucana (RECIFE, 2013).

A geração total e *per capita* dos RSU produzidos em 2013 na cidade de Recife foi de 548.919,10 toneladas e 0,94 kg/hab.dia, respectivamente. Estes valores compreendem os resíduos domiciliares, de poda e os recicláveis (RECIFE, 2014). Quanto à tipologia dos RSU do município, o estudo realizado pela Secretaria das Cidades de Pernambuco sobre a Concepção da coleta seletiva, tratamento e disposição em aterros sanitários (PERNAMBUCO, 2014), indica as frações dos resíduos orgânicos

(72,9%) e dos recicláveis (22,0%), como as mais geradas, ao passo que o plástico mole (8,1%) e os rejeitos (5,1%), correspondem às frações de menor percentual no estudo.

Em Recife, a coleta convencional abrange a totalidade da área urbana, com taxa de cobertura de 100%. Este tipo de coleta compreende os resíduos domiciliares, orgânicos (domiciliares úmidos) e os de limpeza pública, sendo executada de forma mecanizada e manual, com frequência diária e alternada, ambas nas formas diurna e noturna (RECIFE, 2014). De acordo com o autor, atualmente, os resíduos domiciliares úmidos (resíduos orgânicos) não apresentam um sistema de coleta diferenciada. Entretanto, os resíduos domiciliares secos são coletados pelo sistema de coleta seletiva, em porcentagens menores, por meio da coleta porta-a-porta, pontos de entrega voluntária, também chamados de ecopontos ou por doações (RECIFE, op. cit.).

O programa de coleta seletiva porta-a-porta realizado pela Emlurb atende 39 bairros de forma total, compreendendo uma população de aproximadamente 617 mil habitantes, e seis bairros de forma parcial, ambos com periodicidade semanal (EMLURB, 2012 apud RECIFE, 2014). A estrutura estratégica/operacional do programa abrange cinco ecoestações implantadas e duas em andamento, 63 pontos de entrega voluntária de materiais recicláveis (vidro, papel, metal e plástico), e recebem semanalmente mais de 300 kg de material reciclado doado por empresas, órgãos públicos e privados, os quais são destinados aos núcleos de triagem dos catadores apoiados pela Emlurb (RECIFE, 2014). O município de Recife possui sete cooperativas funcionando como núcleos de triagem (PERNAMBUCO, 2014).

Em 2012, foram arrecadadas 1.081,18 toneladas de resíduos recicláveis por intermédio do programa de coleta seletiva, correspondendo à participação dos PEV (138,19 t), doações (446,75 t) e porta a porta (496,24 t) (EMLURB, 2012 apud RECIFE, 2014). Segundo Recife (op. cit.), a quantidade de resíduos recicláveis coletados na Cidade através da coleta porta-a-porta ainda é bastante incipiente, correspondendo a 0,1% dos resíduos coletados. Ainda segundo o autor, a participação da coleta destes resíduos pode chegar a 0,3% quando somados aos outros programas de coleta seletiva, como doações e entrega voluntária. Desta forma, um centésimo do potencial de recicláveis é destinado à triagem e comercialização para reciclagem.

Os resíduos coletados, seja de forma mecanizada ou manual, são acondicionados geralmente em recipientes descartáveis, como em sacos plásticos ou caixas de papelão; em recipientes retornáveis, como baldes e tonéis; e em recipientes não normatizados, como cestas de suporte metálico e gaiolas utilizadas em condomínios, conforme Recife

(2014). Segundo o autor, os resíduos acondicionados são coletados e transportados por caminhões compactadores, cujos tamanhos variam em 6, 15 e 19m<sup>3</sup>.

Os resíduos sólidos coletados são transportados e destinados à disposição final ambientalmente adequada no aterro sanitário privado CTR Candeias, localizado em Jaboatão dos Guararapes, o qual apresenta-se como a principal/predominante tecnologia de tratamento aplicada aos RSU da cidade de Recife. (PERNAMBUCO, 2014). A CTR Candeias dispõe de um sistema avançado para o tratamento do chorume, com o sistema terciário de nanofiltração, e captação de gases de efeito estufa, sendo certificado através do *Clean Development Mechanism*, porém sem aproveitamento energético (RECIFE, 2014). Segundo o autor, o município não dispõe de estruturas tecnológicas diferenciadas para o tratamento e destinação final dos RSU, principalmente no tocante ao aporte de tecnologias voltadas para o trato com os resíduos orgânicos, como a compostagem, a digestão anaeróbia e a incineração, conforme estimula a Política Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos.

### **2.3. INDICADORES PARA O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

O modelo de vida atual é baseado no consumo desenfreado de bens, caracterizando o que podemos chamar de sociedade do descarte, pautada e inserida no processo econômico entendido como capitalismo (PINHEIRO et al., 2010). Este modelo de desenvolvimento adotado pela sociedade pós-moderna e suas tecnologias utilizadas, tratam a finitude dos recursos naturais como uma externalidade, gerando distorções, entraves e exaustão na lógica de funcionamento dos sistemas naturais (ecossistema), com alterações graves no próprio modelo (EL-DEIR, 2012).

Segundo Grimberg e Blauht (1998), a estrutura operacional dos resíduos sólidos vislumbra uma mudança de paradigmas configurada pela teoria econômica, com vistas na desestruturação do sistema de consumo e geração de resíduos vigente na sociedade do descarte. Para tanto, o entendimento das diretrizes do sistema econômico com respostas ao gerenciamento dos RSU deve ser estruturado de forma cíclica e não linear, numa perspectiva sistêmica e não fragmentada, como vem sendo realizado.

O gerenciamento linear dos resíduos sólidos é o modelo aplicado na maioria dos municípios brasileiros. Este modelo zela pela cadeia tradicional de manejo dos RSU desde a geração até a destinação final, com incentivo ao consumo e geração excessiva

dos resíduos e sem inserção das externalidades processuais, por meio do aporte das mais diferentes formas de aproveitamento dos resíduos (PINZ, 2012). Para Lemos (2012), a linearidade presente nesse modelo é perigosa e insustentável, pois trata a lógica gerencial dos resíduos sólidos de maneira fragmentada<sup>1</sup>, reducionista<sup>2</sup> e cartesiana<sup>3</sup> com foco apenas nas estruturas individualizadas, como mencionado por Capra (1996), fundamentando a Teoria dos Conjuntos<sup>4</sup>.

A PNRS inova ao inserir a sustentabilidade econômica aos processos operacionais dos resíduos sólidos, considerando-os como uma externalidade do sistema de produção e consumo, a partir da adoção do princípio poluidor-pagador. Neste sentido, estimula a desestruturação do antigo sistema linear para uma gestão cíclica dos resíduos sólidos, segundo a lógica dos ecociclos (PINZ, 2012). O autor afirma que este modelo em ciclos tem suas raízes conceituais na ecologia industrial<sup>5</sup>, com vislumbre na relação de simbiose entre os processos ecológicos e os industriais.

Com isso, o resíduo passa a ser dotado com valor econômico – por meio dos instrumentos de reciclagem, coleta seletiva e reutilização (BRASIL, 2010a, Art. 6º); valor social – uma vez que gera trabalho e renda (MACHADO, 2012); e ecológico – pois considera o ciclo de vida dos materiais de forma sustentável, com ênfase desde a extração da matéria prima e produção de bens e consumo até o descarte final dos resíduos (SANTOS, 2009). Neste sentido, este novo modelo tem um olhar diferenciado para o gerenciamento dos RSU, encarando-o de forma sistêmica<sup>6</sup>, cujas diretrizes estão pautadas na Teoria dos Sistemas<sup>7</sup> (CAPRA, 1996), com foco no entendimento de todos os indicadores e etapas pertinentes e atuantes na cadeia dos resíduos.

Partindo desta visão holística e integrada, Pinheiro (2010) afirma que um entendimento mais detalhado do gerenciamento dos resíduos deve estar em sintonia

---

<sup>1</sup>De acordo com Behrens (2005) consiste na fragmentação do conhecimento em diversas partes para buscar maior eficácia.

<sup>2</sup> Conforme Moraes (1997) fundamenta-se na divisão do todo em partes, estudando-as de forma separada.

<sup>3</sup> Segundo Capra (2006), é um método analítico de decompor problemas em partes componentes, dispostas em ordem lógica, utilizando para tal o raciocínio dedutivo.

<sup>4</sup> Para El-Deir (2012), esta filosofia preconiza a não interatividade entre os elementos que constitui o conjunto, embora o todo igual à soma de suas partes.

<sup>5</sup> De acordo com Almeida e Giannetti (2006), este modelo implica na percepção dos sistemas industriais como subsistemas da natureza.

<sup>6</sup> Segundo Cavalcanti e Paula (2012), propõe uma perspectiva macro do sistema, desde o entendimento dos microelementos processuais até o funcionamento do todo.

<sup>7</sup> Conforme Capra (2006), esta filosofia afirma que o todo apresenta-se por uma infinidade de objetivos, de forma dinâmica, indivisível, cujas partes estão essencialmente inter-relacionadas e só podem ser entendidas como modelos de um processo cósmico.

com os indicadores que vão influenciar na lógica sistêmica do fluxo dos resíduos sólidos, sendo, portanto, fundamental para reestruturar a filosofia e o *modus operandis* dos diversos elementos atuantes no sistema operacional e gerencial dos RSU. Neste sentido, Jannuzzi (2009) define um indicador como uma medida geralmente quantitativa, porém dotada de um significado substantivo, podendo ser usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito abstrato, de cunho teórico (para pesquisas científicas) ou pragmático (para formulação de políticas públicas), que forneça respostas aos aspectos da realidade ou às mudanças que estão sendo processadas.

Desta forma, torna-se necessário identificar e elencar os principais indicadores que interferem na dimensão e realidade do gerenciamento dos RSU. Segundo Bartelmus (2002), estes podem ser entendidos como indicadores-insumo (*input*) e indicadores-produto (*output*). O primeiro, também chamado de *input* processual refere-se aos insumos do processo, ou seja, elementos de entrada que geram resultados identificáveis sob a forma de bens, serviços ou informações (MONTEIRO, 2003), por exemplo, os indicadores socioeconômicos como renda e população (Jannuzzi, 2009). O segundo, conhecido como *output* processual, está relacionado aos elementos de saída e representa o produto gerado após atividade processual (BARTELMUS, 2002), como os resíduos sólidos gerados, em termos quantitativos e qualitativos, decorrentes das atividades municipais (ARAGÃO, 2006). Estes indicadores (Figura 5) podem ser norteadores de soluções gerenciais para o manejo dos resíduos sólidos produzidos dentro dos municípios.



**Figura 5.** Fluxograma de entrada (*input*) e saída (*output*) dos indicadores de influência no gerenciamento dos resíduos sólidos. Fonte: Adaptado de PINHEIRO, 2010.

De acordo com Carvalho Júnior (2013), diversos indicadores podem influenciar no sistema de gerenciamento dos RSU, a saber: legislação, cultura, nível e hábito de consumo, renda, nível de instrução, clima, características populacionais, dentre outros. Dentre eles, a renda aparece como um fator prioritário e estimulante para a produção de

resíduos sólidos, (SOUZA; MANOEL, 2011; CAMPOS, 2012; CARVALHO JÚNIOR, 2013; JUCÁ et al., 2014), pois interfere no comportamento consumista da população. Para tanto, dois conceitos importantes são preponderantes para esta temática, a obsolescência programada (tempo de vida predeterminado de um produto desde a sua concepção) e perceptiva (troca de um produto em boas condições por outro recentemente lançado, para atender as necessidades do consumo e da mídia), conforme menciona Pinheiro et al. (2010). Estes fatores, fortalecidos pela renda, estimulam e facilitam o acesso da população na obtenção de materiais, resultando, portanto, no aumento da geração e característica dos resíduos sólidos gerados.

Esta lógica segue com as diretrizes teóricas defendidas por Campos (2012), ao afirmar que os indicadores acima mencionados influenciam na geração, total e *per capita*, dos resíduos sólidos, assim como na gravimetria do resíduo gerado. Para Melo, Sautter e Janissek (2009), em regiões com elevada renda econômica (maior poder aquisitivo), a geração total e *per capita* dos resíduos sólidos pela população apresenta maiores quantitativos, com destaque para a produção dos materiais potencialmente recicláveis. Ao passo que, em locais de baixa renda, a geração de resíduos orgânicos apresenta valores mais expressivos.

Desta forma, para um gerenciamento com foco nas particularidades locais, como é defendido pela atual Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a), o diagnóstico dos indicadores socioeconômico e ambientais (renda, característica da população, geração e gravimetria dos resíduos) é imprescindível, seja como norteador para um planejamento estratégico local, seja decisório para um modelo de gerenciamento mais adequado. Neste sentido, um olhar sistêmico com foco nas características locais tende a minimizar os vários entraves processuais existentes e maximizar a sustentabilidade do gerenciamento dos resíduos sólidos pela municipalidade.

*Metodologia*

---

**CAPÍTULO III**

### 3.1. Generalidades da pesquisa

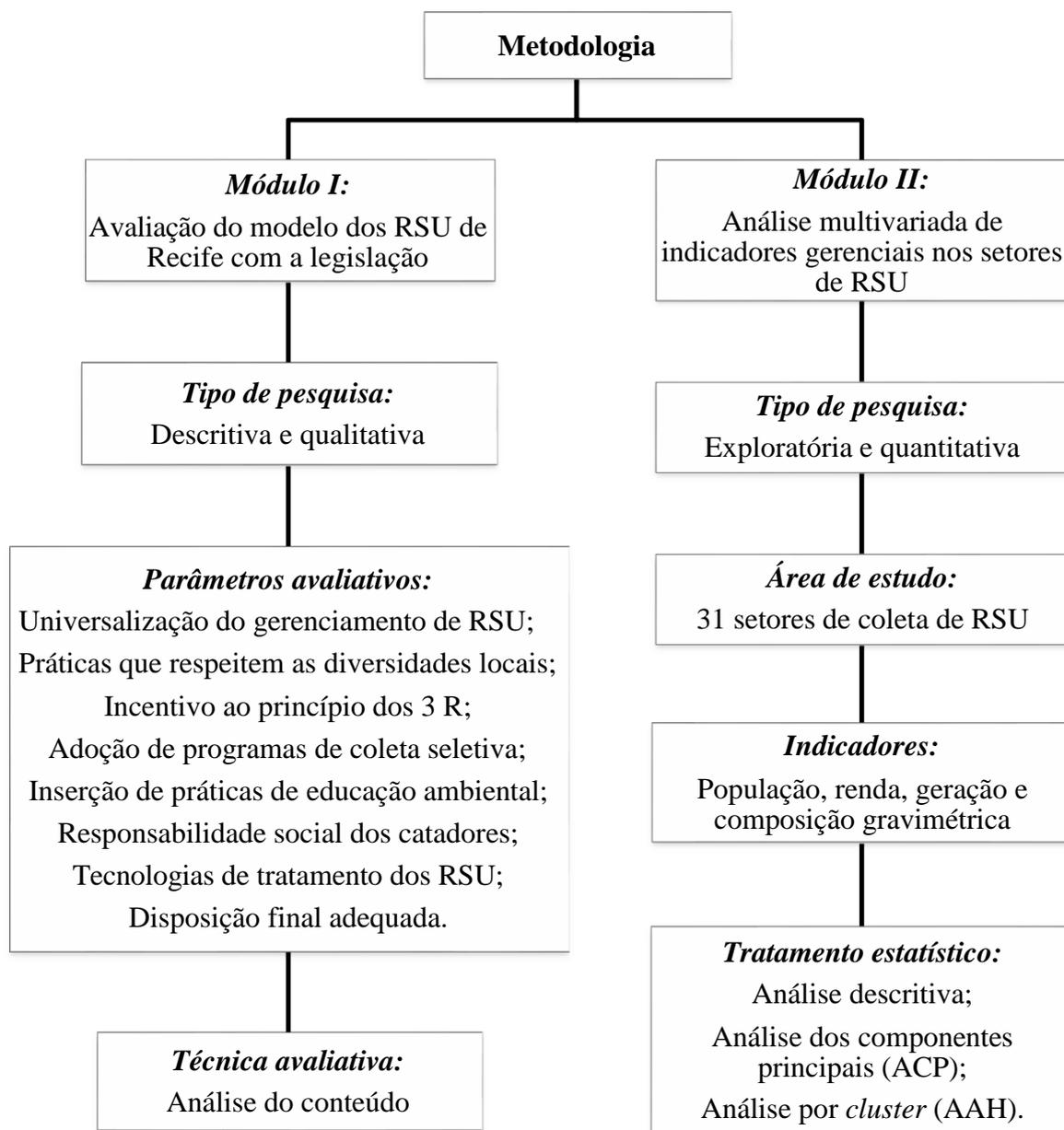
O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa aplicada (RODRIGUES, 2007), pois o conhecimento gerado apresenta uma aplicação prática, buscando soluções para problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória (GIL, 2010) uma vez que apresenta maior familiaridade com o problema, através de estudos mais precisos com formulação de hipóteses pesquisáveis, e descritivo (GIL, op. cit.) já que descreve as características de determinada população<sup>8</sup>, através das diversas relações entre as variáveis, permitindo uma análise do problema atrelando-o aos aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais, com enfoque interpretativo dos resultados.

A pesquisa apresenta uma abordagem quali-quantitativa do problema (RODRIGUES, 2007), pois faz uma descrição dos aspectos socioeconômicos, operacionais e legislativos da gestão dos resíduos sólidos, além de recorrer aos dados quantitativos, através da análise estatística, para uma melhor compreensão do tema estudado. O diagnóstico foi realizado a partir do levantamento de dados primários, secundários e revisões bibliográficas sobre o tema (BOLFARINE; BUSSAB, 2011). O método científico utilizado para o estudo foi o indutivo (GOTELLI; ELLISON, 2011), cujas generalizações foram derivadas a partir do aprofundamento de casos específicos da realidade concreta (GIL, 2010).

A metodologia foi estruturada de forma modular (EL-DEIR et al., 2010), em dois módulos (Figura 6). No primeiro foi realizada uma avaliação do atual modelo de gestão dos RSU da cidade do Recife, com base na legislação federal e estadual vigente (BRASIL, 2010a; PERNAMBUCO, 2010), e no segundo módulo, foram elencados indicadores que influenciam na gestão dos RSU e analisados mediante técnicas multivariadas. O presente trabalho foi formatado de acordo com a NBR 14.724 (ABNT, 2011).

---

<sup>8</sup> Conjunto de todos os elementos sob investigação (MORETTIM; BUSSAB, 2012, p.262)



**Figura 6.** Organograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa. Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2. Módulo I: Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife

O módulo em questão foi caracterizado como uma pesquisa qualitativa (RODRIGUES, 2007) e descritiva (GIL, 2010), pois foram utilizados dados não métricos (BOLFARINE; BUSSAB, 2011), voltados para a compreensão e avaliação do atual modelo de gestão de RSU da cidade do Recife com a legislação (BRASIL, 2010a;

PERNAMBUCO, 2010). Neste sentido, foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais, conforme proposto por Gil (op. cit.), por meio de livros de leitura corrente do tipo obras de divulgação (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), de publicações periódicas (jornais), de relatórios técnicos advindos da Emlurb, além do estudo pormenorizado da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, op. cit.) e da Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERNAMBUCO, op. cit.).

Desta forma, foram definidos parâmetros avaliativos, conforme sugerido por Lima (2008), com base nos critérios estabelecidos por Brasil (2010) e Pernambuco (2010), e elencados, a saber: (i) ampliação do alcance dos serviços de gerenciamento (universalização), (ii) adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais, (iii) incentivo à hierarquia da redução, reutilização e reciclagem, (iv) adoção de programas de coleta seletiva, (v) inserção de práticas de educação ambiental, (vi) responsabilidade social dos catadores de materiais recicláveis, (vii) incentivo às diversas tecnologias de tratamento e valorização dos RSU em termos de massa e energia, e (viii) disposição final ambientalmente adequada. Estes parâmetros foram avaliados pela técnica de análise do conteúdo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 84), com indicações de referenciais que se adequem a realidade do Recife.

### **3.3. Módulo II: Análise multivariada dos indicadores gerenciais nos setores de coleta de resíduo sólido urbano da cidade do Recife**

#### **3.3.1. Tipo de pesquisa**

O módulo foi caracterizado como uma pesquisa exploratória (RODRIGUES, 2007) e quantitativa (BOLFARINE; BUSSAB, 2011), pois foram utilizados dados não métricos, com extração máxima de informação, e submetidos a um tratamento estatístico, seguindo as diretrizes das análises exploratória e confirmatória dos dados, proposto por Morettin e Bussab (2012, p. 6). No estudo também foi realizada uma pesquisa de campo (RODRIGUES, op. cit.), onde os dados primários foram obtidos com base nas orientações de Bolfarine e Bussab (op. cit., p. 22-24), e alinhados ao estudo sistemático dos dados (primário e secundário), como mencionado por Rover (2006, p. 109).

A estrutura metodológica foi adaptada por Bolfarine e Bussab (2011), sendo dividida em três etapas: (i) delimitação da área de estudo, (ii) definição dos indicadores e levantamento dos dados primários e secundários, e (iii) tabulação e análise dos dados.

### 3.3.1.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Recife, capital de Pernambuco, mediante a seleção de setores de coleta de RSU (Figura 7), presentes no mapa de rotas fornecido pela Vital Engenharia S/A, detentora de 70% do serviço, o qual compreende 81 bairros do município. Os setores ou rota de coleta são micro áreas que compreendem bairros, de forma parcial ou total, pelos quais os caminhões coletores passam e realizam as atividades de coleta e limpeza urbana.

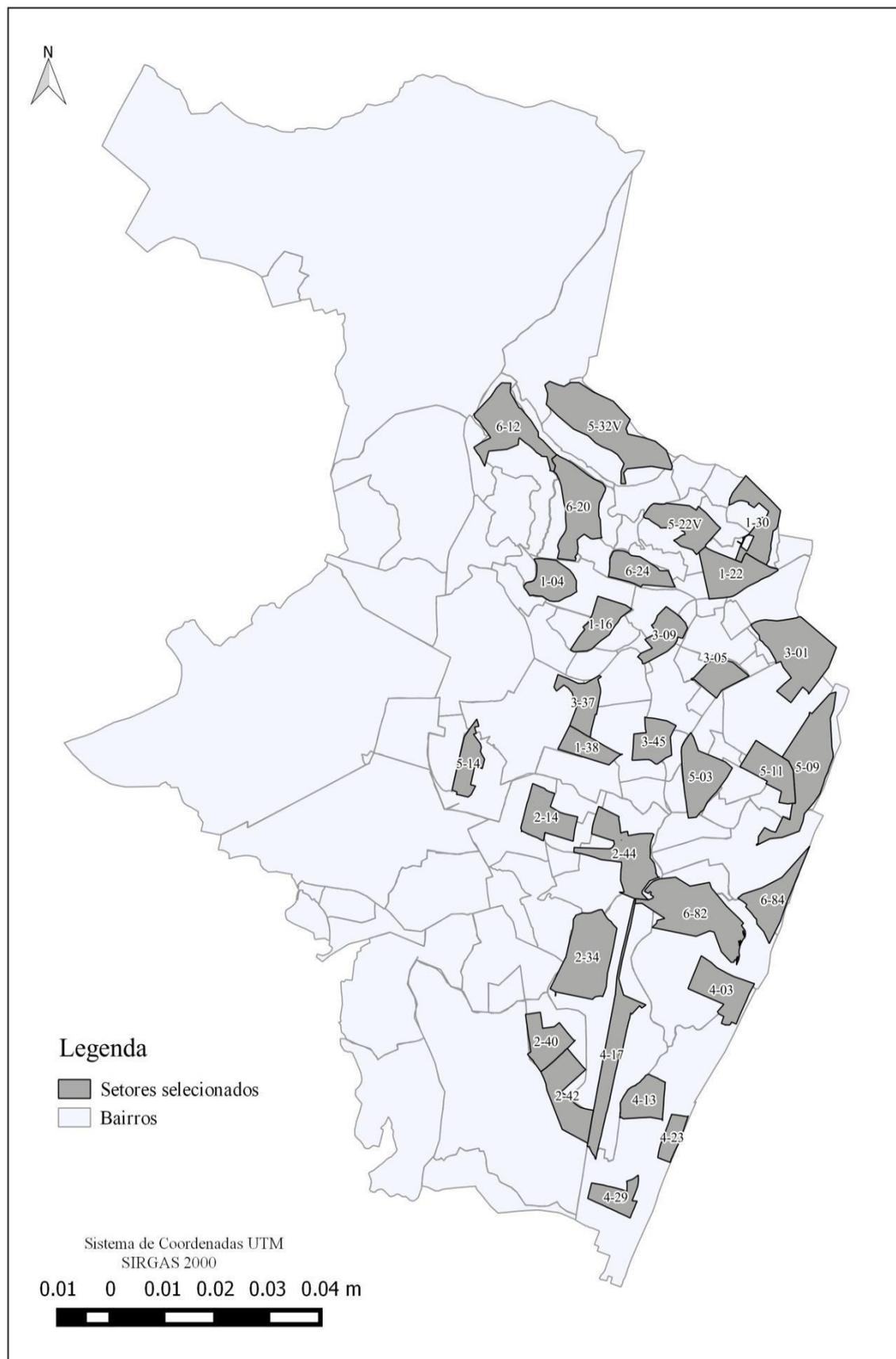
Os setores foram selecionados por meio dos seguintes critérios: bairros inseridos no setor, localização geográfica, nível econômico, presença de estabelecimentos comerciais e domiciliares, e frequência dos veículos coletores de RSU. Esta seleção, mediante os critérios estabelecidos, foi realizada para que fossem estudadas rotas com diferentes características, com base no levantamento de dados secundários e estudo prévio das características *in loco*.

Os setores foram caracterizados (Quadro 1) quanto aos bairros inseridos na rota de coleta (COMLURB, 2009) e classificados mediante à localização geográfica com base nas Regiões Político-Administrativa (RPA), que divide a cidade do Recife em Centro, Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste e Sul (RECIFE, 1997). Foram categorizados pelo nível econômico, por meio da renda familiar média dos bairros inseridos no setor, a saber: classe A (mais de dez salários mínimos), B (de cinco a dez salários), C (de dois a cinco salários) e D (até dois salários), como adotado por Jucá et al. (2014, p. 23) e Maringá (2011, p. 98), através de consultas à Cavalcanti, Lyra e Avelino (2008, p. 98 – 100). As informações relacionadas à predominância de estabelecimentos domiciliares e comerciais foram obtidas através de conhecimento prévio e visitas *in loco*.

Neste sentido, foram selecionadas 31 rotas, correspondendo a aproximadamente 30% da população finita<sup>9</sup>. A escolha das rotas partiu de uma consultoria prestada pelo Grupo de Resíduos Sólidos (GRS) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) à concessionária citada, nos meses de dezembro/2013 a março/2014.

---

<sup>9</sup> População finita consiste em um número finito, ou fixo, de elementos ou observações (FREUND, 2009, p. 239).



**Figura 7.** Identificação dos 31 setores de coleta selecionados da cidade de Recife.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Perfil dos setores				
Setores	Bairros inseridos	Localização Geográfica	Nível econômico	Característica
1-04	Casa Amarela e Monteiro	Região Noroeste	Classe C	AR* e AC**
1-16	Casa Forte, Parnamirim e Casa Amarela	Região Noroeste	Classe A	AR*
1-22	Arruda e Água Fria	Região Norte	Classe C	AR e AC*
1-30	Campina do Barreto, Peixinhos e Água Fria	Região Norte	Classe D	AR* e AC**
1-38	Prado, Zumbi, Madalena e Cordeiro	Região Oeste	Classe D	AR*
2-14	San Martin, Mustardinha e Bongí	Região Sudeste	Classe D	AR*
2-34	Imbiribeira, Jiquiá, Afogados e Areias	Região Sul	Classe D	AR*
2-40	Ipsep	Região Sul	Classe C	AR* e AC**
2-42	Ipsep	Região Sul	Classe C	AR*
2-44	Afogados e Bongí	Região Sudoeste	Classe D	AR* e AC**
3-01	Santo Amaro e Campo Grande	Região Centro	Classe D	AC**
3-05	Espinheiro, Aflitos e Encruzilhada	Região Noroeste	Classe A	AR* e AC**
3-09	Jaqueira, Tamarineira, Rosarinho e Graças	Região Noroeste	Classe A	AR* e AC**
3-37	Cordeiro, Zumbi e Iputinga	Região Oeste	Classe C	AR*
3-45	Madalena, Graças e Derby	Região Oeste	Classe B	AR*
4-03	Pina e Boa Viagem	Região Sul	Classe B	AR* e AC**
4-13	Boa Viagem	Região Sul	Classe C	AR*
4-17	Boa Viagem e Imbiribeira	Região Sul	Classe D	AR* e AC**
4-23	Boa Viagem	Região Sul	Classe A	AR*
4-29	Boa Viagem	Região Sul	Classe C	AR*
5-03	Boa Vista, Soledade e Ilha do Leite	Região Centro	Classe C	AC**
5-09	Recife, Santo Amaro e Santo Antônio	Região Noroeste	Classe D	AR* e AC**
5-11	Santo Amaro e Boa Vista	Região Centro	Classe C	AC*
5-14	Torrões e Cordeiro	Região Oeste	Classe D	AR*
5-22V	Água Fria e Fundão	Região Norte	Classe D	AR* e AC**
5-32V	Dois Unidos, Beberibe e Linha do Tiro	Região Norte	Classe D	AR*
6-12	Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba	Região Noroeste	Classe D	AR* e AC**
6-20	Morro da Conceição, Vasco da Gama	Região Noroeste	Classe D	AR*
6-24	Mangabeira e Alto José do Pinho	Região Noroeste	Classe D	AR*
6-82	Pina, Imbiribeira e Cabanga	Região Centro	Classe D	AR*
6-84	Brasília Teimosa e Pina	Região Sul	Classe D	AR*

**Quadro 1.** Características prévias dos setores selecionados. AR\* = Área residencial, C\*\* = Área comercial. Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à frequência de coleta dos RSU pelos caminhões coletores, os setores foram organizados em 6 (seis) grupos dispostos da seguinte forma:

- a) Alternado diurno (seg-quar-sex): 2-14, 2-24, 2-40, 2-42 e 2-44;
- b) Alternado diurno (ter-qui-sáb): 1-04, 1-16, 1-22, 1-30 e 1-38;
- c) Alternado noturno (seg-quar-sex): 4-03, 4-13, 4-17, 4-23 e 4-29;
- d) Alternado noturno (ter-qui-sex): 3-01, 3-05, 3-09, 3-37 e 3-45;
- e) Diário noturno: 5-03, 5-09, 5-11, 5-14, 5-22V e 5-32V;
- f) Diário diurno, composto pelos setores de coleta 6-12, 6-20, 6-24, 6-82 e 6-84.

### 3.3.1.2. Definição dos indicadores

A partir da seleção dos setores de coleta, foram definidos e elencados os indicadores utilizados no presente estudo. Foram utilizados quatro indicadores, sendo três quantitativos (numéricos): população, renda e geração de RSU, e um qualitativo (categórico): composição gravimétrica ou tipológica dos resíduos sólidos, conforme categoriza Morettin e Bussab (2012, p. 10 e 11).

#### 3.3.1.2.1. População e renda

Os dados secundários referentes à população e renda (Anexo 1) foram obtidos a partir de consulta aos dados presentes no relatório técnico realizado por Jucá et al. (2014). Os resultados alusivos à renda média domiciliar foram analisados e agrupados em classes sociais, através da classificação da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE, 2013) da Presidência da República (Quadro 2).

Classe social	Classificação da Classe Social		
	Grupo	Renda <i>per capita</i>	Renda familiar (pai, mãe e 2 filhos)
<b>Baixa</b>	Extremamente pobre	Até R\$ 81	Até R\$ 324
	Pobre, mas não extremamente pobre	Até R\$ 162	Até R\$ 648
	Vulnerável	Até R\$ 291	Até R\$ 1.164
<b>Média</b>	Baixa classe média	Até R\$ 441	Até R\$ 1.764
	Média classe média	Até R\$ 641	Até R\$ 2.564
	Alta classe média	Até R\$ 1.019	Até R\$ 4.076
<b>Alta</b>	Baixa classe alta	Até 2.480	Até R\$ 9.920
	Alta classe alta	Acima de 2.480	Acima de R\$ 9.920

**Quadro 2.** Categorização das classes sociais. Fonte: SAE (2013)

### 3.3.1.2.2. Geração total e *per capita* dos resíduos

A geração total média dos RSU foi obtida a partir dos resíduos coletados nos setores e destinados ao Aterro Sanitário CTR Candeias durante o ano de 2013. Estes dados foram fornecidos pela Vital Engenharia (Anexo 1), por meio de uma planilha no Microsoft Excel 2010. A geração *per capita* por setor foi realizada por meio da utilização dos dados de geração total e da população estimada dos setores referente ao ano de 2013 (Equação 1).

$$GPC = \frac{GT}{P} \quad (1)$$

Onde,

GPC = Geração *per capita* dos RSU nos setores (kg/hab.dia);

GT = Geração total média dos RSU nos setores (kg/dia);

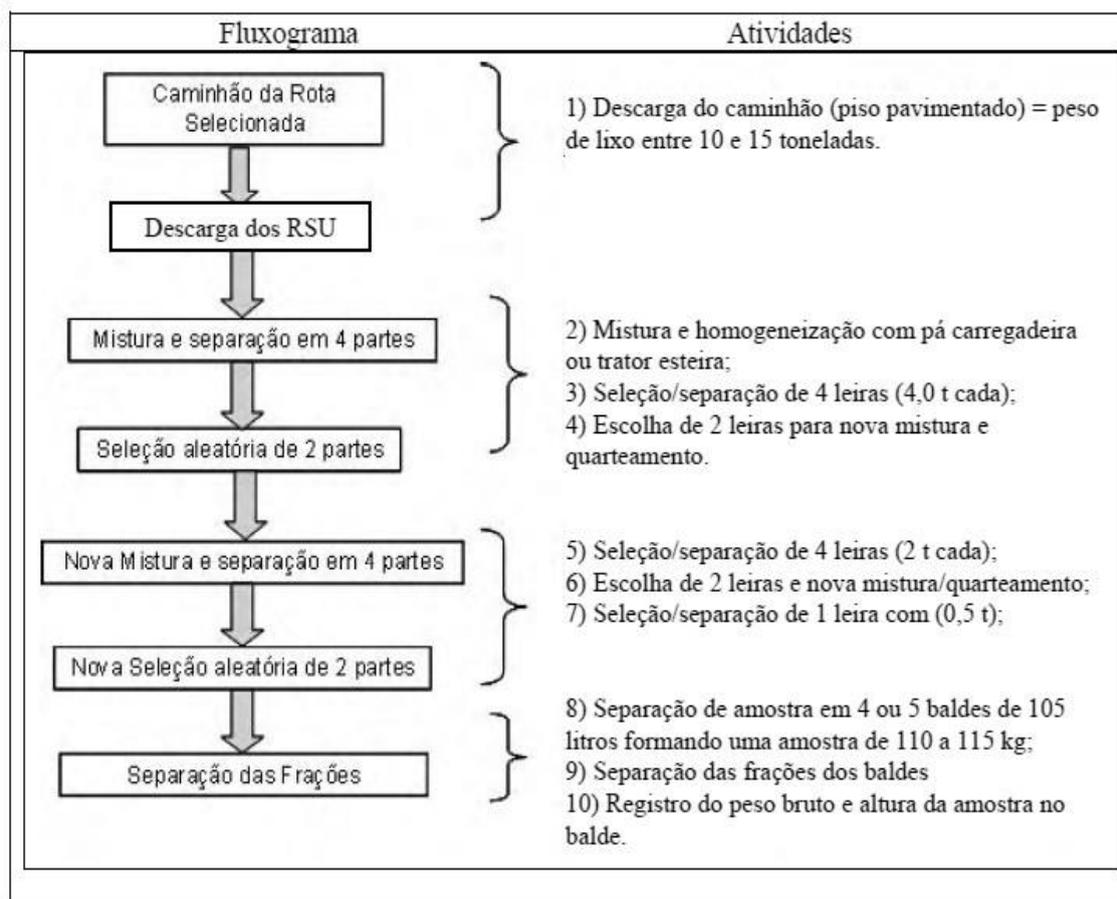
Pop = População dos setores (hab.).

### 3.3.1.2.3. Caracterização gravimétrica dos resíduos

A composição gravimétrica dos RSU dos 31 setores (Apêndice 1) foi realizada no aterro sanitário CTR Candeias, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes, durante os meses de novembro e dezembro de 2013, nos períodos manhã e tarde. De acordo com a NBR 10.007 (ABNT, 2004, p. 6), a caracterização gravimétrica consiste na determinação, em termos de massa, dos constituintes de uma amostra de resíduos sólidos e de suas respectivas percentagens em peso. Segundo Alcântara (2007, p. 133), o conhecimento da composição dos resíduos permite uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental e das possibilidades de reutilização, reciclagem e valorização energética e orgânica dos RSU.

A tipologia dos resíduos foi realizada pela técnica do quarteamento (Figura 8), seguindo a metodologia da NBR 10.007 (2004), assim como foi adotada por Mariano et al. (2007), Alcântara (2007), Maciel (2009) e Firmo (2013). O quarteamento consiste num

processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado (ABNT, 2004, p. 5).



**Figura 8.** Fluxograma da metodologia de caracterização dos resíduos por quarteamento.  
Fonte: Mariano et al. (2007)

Os resíduos foram categorizados a partir dos seguintes procedimentos (Figura 9): (i) descarrego dos RSU pelo caminhão compactador (basculação) numa área pré-determinada, pavimentada e protegida com lona, (ii) homogeneização prévia com o auxílio da retroscavadeira hidráulica, (iii) quarteamento, (iv) rompimento dos sacos, nova homogeneização, coleta e amostragem dos resíduos, (v) segregação das frações dos resíduos e acondicionamento, sem compactação, em recipientes identificados e correspondentes aos respectivos componentes, e (vi) pesagem dos resíduos com o auxílio de uma balança eletrônica digital (Marca Filizola / modelo MF 100) com capacidade máxima de 100 kg e sensibilidade de 0,02 kg. Os dados foram plotados em planilhas do Microsoft Excel 2010 (GOTELLI e ELLISON, 2011, p.126 e 226).



**Figura 9.** Processo de coleta ou amostragem de RSU para a realização da composição gravimétrica: (A) basculação, (B) homogeneização, (C) quarteamento dos resíduos, (D) rompimento dos sacos, homogeneização manual e coleta de amostras, (E) triagem e, (F) pesagem dos resíduos. Fonte: Elaborado pelo autor.

Como no Brasil não existe uma norma ou legislação específica que padronize a caracterização gravimétrica dos RSU, foi utilizada na presente pesquisa a legislação portuguesa, materializada na Portaria nº 851/2009 (DIÁRIO DA REPÚBLICA, 2009, p. 5144), que é a mesma adotada pela Comunidade Econômica Europeia (CEE). Esta permite definir categorias e subcategorias dos componentes dos resíduos (Anexo 2).

Neste estudo, os resíduos foram categorizados, *a priori*, em 21 classes: (1) resíduos alimentares; (2) resíduos de jardim; (3) papel/papelão; (4) jornal/revista; (5) plástico filme; (6) polietileno tereftalato (PET); (7) polietileno de alta densidade (PEAD); (8) policloreto de vinila (PVC); (9) polipropileno (PP); (10) polietileno de baixa densidade (PEBD); (11) outros plásticos; (12) isopor; (13) compósitos<sup>10</sup>; (14) têxtil; (15) sanitários; (16) metal; (17) vidro; (18) borracha/couro; (19) madeira/coco; (20) resíduos perigosos; (21) outros resíduos.

Em seguida, os RSU dos setores foram agrupados e classificados em resíduos putrescíveis (somatório dos resíduos alimentares, de jardim e madeira/coco), recicláveis (composto pelos plásticos filme e rígido, metal, vidro, papel/papelão, jornal/revista) e outros resíduos (soma dos componentes têxtil, sanitários, compósitos, borracha/couro, resíduos perigosos e rejeito), conforme adotado por Jucá et al. (2014, p.31).

### 3.3.1.3. Tratamento estatístico dos dados

Os dados primários e secundários foram inicialmente tabulados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel 2010, para composição de um banco de dados formado por 31 setores e 4 (quatro) indicadores. Estes foram divididos em 14 variáveis, a saber: população; renda domiciliar e *per capita*; geração total e *per capita* de RSU; e composição gravimétrica: resíduos putrescíveis (resíduos alimentares, de jardim e madeira/coco), recicláveis (plásticos, papel/papelão, metal e vidro) e outros resíduos (JUCÁ et al., 2014, p. 90 e 91).

Posteriormente, os dados foram conduzidos para uma análise descritiva por meio dos valores médio, máximo, mínimo, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), para conhecer o perfil de cada variável. Em seguida, foram padronizados multiplicando-se as variáveis por  $\log(x + 1)$ , para que tivessem a mesma escala numérica de medida (FERRAZ, 2012).

Devido à natureza dos dados, a análise multivariada foi aplicada para entender a inter-relação dos setores com os indicadores. De acordo com Neto (2004), a análise multivariada é uma técnica que utiliza, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica dos dados obtidos, sendo, portanto, uma técnica de análise

---

<sup>10</sup> Consideram-se compósitos os resíduos constituídos por mais de um componente, por exemplo, as caixas Tetra Pak formadas por papelão, plástico e metal.

exploratória e não confirmatória, pois o tratamento das amostras em estudo geram perguntas/hipóteses e não respostas/confirmações (NETO, 2004; HAIR et al., 2005).

Para tanto, utilizou-se a análise dos componentes principais (ACP), denominada por Hotelling de *Principal Component Analysis* (HOTELLING, 1933), para identificar e correlacionar as variáveis relevantes para a gestão dos RSU nos setores. Segundo Vicini (2005), a ACP é uma técnica estatística que possibilita o estudo aprofundado de diversos dados, transformando um conjunto original de variáveis em outro conjunto, assim chamado de componentes principais (CP) de dimensões equivalentes, a partir do agrupamento dos indivíduos similares e eliminação das variáveis originais que possuam pouca informação. A representação gráfica dos componentes principais foi ilustrada por meio da distribuição das variáveis no círculo unitário, conforme realizado por Jardim et al. (2014).

Depois de realizado o estudo da correlação entre as variáveis, utilizou-se a análise do agrupamento hierárquico (AAH) ou agrupamento por cluster (VICINI, 2005; NEDER, 2008), também encontrado na literatura internacional com a terminologia *cluster sampling* (LINDEN, 2009), através do método *unweighted pair group average*, como adotado por Cardoso (2014). Segundo Linden op. cit., a AAH estuda o agrupamento de objetos com características similares, com base em critérios pré-determinados, gerando grupos determinados por uma métrica de qualidade, com alta homogeneidade no grupo e elevada heterogeneidade entre os grupos. Este método foi utilizado para agrupar os setores mediante o grau de similaridade por eles apresentados.

A representação gráfica das sequências de agrupamentos formados foi ilustrada em estrutura de árvore, também chamada de dendograma (LIRIO; SOUZA, 2005), na forma horizontal (VICINI, 2005). O corte no gráfico (Linha Fenon), que determina o número de grupos, procedeu-se como recomendado por Vicini (2005) e realizado por Jardim et al. (2014, p. 211). Para quantificar as ligações entre os grupos formados ao longo dos passos de agrupamento, foi utilizada a distância euclidiana como coeficiente de medida (BARI; ROSA; PINTO, 2013). As análises AAH e ACP foram realizadas pelo programa Statistica, versão 7.0 no Departamento de Estatística da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

*Resultados e Discussão*

---

**CAPÍTULO IV**

## **4.1.MÓDULO I: AVALIAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO DOS RSU DE RECIFE**

Os resultados correspondentes a avaliação do atual modelo gerencial de RSU do Recife com os requisitos da legislação vigentes dos resíduos sólidos, estão estruturados em 8 (oito) eixos temáticos: (i) ampliação do alcance dos serviços de gerenciamento (universalização); (ii) adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais; (iii) incentivo à hierarquia da redução, reutilização e reciclagem; (iv) adoção de programas de coleta seletiva; (v) inserção de práticas de educação ambiental; (vi) responsabilidade socioambiental dos catadores de materiais recicláveis; (vii) incentivo às diversas tecnologias de tratamento e valorização em termos de massa e energia dos RSU; e (viii) disposição final ambientalmente adequada, conforme especificado no item 3.2 da metodologia. O estudo está detalhado a seguir.

### **4.1.1. Ampliação do alcance dos serviços de gerenciamento (universalização)**

A universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana apresenta-se como um dos objetivos da PNRS (BRASIL, 2010a, art. 7º, X) e um dos princípios fundamentais da PNSB (BRASIL, 2007a, art. 2º, I e III). Segundo Brasil (2003), um município é considerado universalizado quando a oferta atende 100% da demanda. Costa (2010) complementa esta definição ao afirmar que cerne as esferas teórica e prática relativas à universalização dá-se mediante o alcance do padrão de atendimento previamente estabelecido pelos órgãos competentes, na forma de metas, cuja concepção perpassa a efetivação do alcance do serviço nas residências, compreendendo, também, o comércio, as indústria e as atividades públicas.

O estudo da universalização do gerenciamento dos RSU deve contemplar o manejo dos resíduos sólidos desde a coleta até o tratamento e destinação final. Diante disto, seguindo a ordem do fluxo, e, partindo do princípio de que a maioria dos resíduos coletados na cidade do Recife é destinada para um posterior tratamento/disposição, o presente item será abordado a partir da perspectiva do sistema de coleta convencional, principal elemento de análise e forma de coleta predominante no município estudado.

O gerenciamento dos RSU em Recife com base na universalização das atividades de manejo e limpeza urbana mostrou que a coleta convencional abrange a quase totalidade do espaço territorial do município, com taxa de cobertura de aproximadamente 100%, sendo os demais serviços de coleta, ofertados de forma

complementar (RECIFE, 2014, p. 95). Este valor foi superior ao apresentado para o estado de Pernambuco, correspondendo a 86,45% (ABRELPE, 2013, p. 63).

Estudos realizados no Brasil mostram que em 2013 a taxa de cobertura dos serviços de coleta dos RSU foi de 90,41%, equivalente a 69.064.935 toneladas, com um aumento de 4,4% do serviço quando comparado com o ano de 2012 (ABRELPE, 2013, p. 41). Este índice quando observado na realidade de países como Japão e Canadá alcança a totalidade da prestação do serviço, compreendendo 100% da população atendida pela coleta convencional. Na União Europeia e nos Estados Unidos apresenta-se em torno de 99% e 95%, respectivamente (JUCÁ, et al., 2013, p. 84).

Entretanto, segundo o Plano de gestão dos resíduos sólidos do município (RECIFE, 2014, p. 45 e 75), em fase de elaboração, das 2.300 toneladas de resíduos coletados por dia na Cidade, aproximadamente 3,5% são conduzidos por vias paralelas à destinação tradicional, sendo estimados que 3% dos domicílios têm os resíduos dispostos em terrenos baldios, canais, rios, bem como aqueles que ficam retidos no sistema de drenagem pluvial, obstruindo canaletas, galerias, provocando alagamentos e enchentes em diversos pontos da cidade e 0,5% queimam ou enterram os resíduos na propriedade. Numa análise macro, este cenário também reflete a realidade do Brasil, em que 42% dos resíduos são destinados de forma inadequada, compreendendo aproximadamente 3.300 municípios, em sua maioria, de pequeno porte (ABRELPE, 2013, p. 108).

Diante do exposto, o município do Recife apresentou uma ótima cobertura de alcance dos serviços de gerenciamento, porém com pequenos desvios no tratamento/disposição dos resíduos sólidos. Realidade semelhante a vários municípios brasileiros, que embora apresentem a coleta de resíduos de forma universalizada, os demais serviços ainda são ofertados de forma incipiente, (ABRELPE, 2013, p. 108).

#### **4.1.2. Adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais**

De acordo com Brasil (2010a, art. 6º, IX) e Pernambuco (2010, art. 5º, VII) o respeito às diversidades locais e regionais é tido como um dos princípios fundamentais na estruturação gerencial dos resíduos sólidos. Por ser de competência dos Municípios, a gestão local dos resíduos sólidos deve estar estabelecida no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, cujo conteúdo mínimo deve contemplar o estudo descritivo da microrregião estudada.

Neste tocante, a descrição, qualificação e quantificação da área de estudo, a partir do levantamento de indicadores socioeconômicos, ambientais, tecnológicos e culturais, são instrumentos basilares e norteadores para a adequação do gerenciamento dos resíduos sólidos. Incorporando, portanto, estudos detalhados e particularizados com vistas no atendimento das lacunas estruturais e operacionais relativas ao manejo dado aos resíduos sólidos.

A partir da análise crítica do atual modelo de gestão de RSU aplicado em Recife e mediante consulta nos principais documentos técnicos voltados para a gestão dos RSU no município (PERNAMBUCO, 2012; 2014; RECIFE, 2014) foi constatado pelo presente autor que os estudos realizados, assim como o modelo gerencial aplicado não foram estruturados com base no entendimento das particularidades dos bairros inseridos. Sendo observada nos documentos oficiais a ausência de estudos aprofundados e pormenorizados das características socioeconômicas e ambiental de cada microrregião, além da definição e monitoramento de indicadores-base para modelos que se adequem as diversidades locais. O cenário apresentado para o município em questão é peculiar na maioria dos Estados e Municípios brasileiros.

De acordo com Andrade e Ferreira (2011, p. 6), a precariedade da gestão e gerenciamento dos RSU está atrelada, dentre outros, a limitação dos dados e informações disponíveis da realidade estudada. Os autores também afirmam que este fator inviabiliza a aplicação e evolução da gestão de resíduos sólidos para o atendimento das particularidades e especificidades de cada microrregião.

Neste sentido, estudos vêm sendo elaborados para subsidiar modelos de gestão mais próximos da realidade, a partir do diagnóstico de bairros/setores/microrregiões atendidos pelo serviço, assim como proposto por Jucá et al. (2014) e pela atual pesquisa.

#### **4.1.3. Incentivo à hierarquia da redução, reutilização e reciclagem**

A redução, reutilização e reciclagem aparecem na legislação como ordem de prioridade da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos, sendo um dos objetivos listados na PNRS (BRASIL, 2010a, art. 7º, II) e princípio fundamental da PERS (PERNAMBUCO, 2010, art. 5º, I e IX). Neste sentido, o resíduo sólido agrega valor econômico e social, com geração de trabalho, renda e promoção da cidadania.

A PNRS (BRASIL, 2010a) incentiva que o país e os municípios, por meio do Plano Nacional e Municipais de Resíduos Sólidos, proponham metas associadas à redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos, com vistas na diminuição da

quantidade de resíduos e rejeitos dispostos nos aterros sanitários. Também estimula o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e incentiva as indústrias de reciclagem.

Embora a cidade do Recife apresente políticas públicas de redução para a geração de RSU (PERNAMBUCO, 2010), os instrumentos para sua aplicabilidade constituem-se como inexistentes/ineficientes. Em contrapartida, a estrutura gerencial dos países inseridos na União Europeia é norteadada por instrumentos legislativos atuantes com estímulos claros e objetivos bem definidos para redução da quantidade de resíduos na fonte, com metas estabelecidas e multas aplicáveis mediante o não cumprimento. Este cenário é o mesmo vivenciado pela população japonesa, cujos limites de produção são cada vez mais rigorosos e eficientes (JUCÁ et al., 2013). Nos Estados Unidos, a redução dos resíduos na fonte, em termos de massa, volume ou toxicidade, apresenta-se como premissa inserida na hierarquia das prioridades da legislação americana (JURAS, 2012).

Quanto às práticas de reciclagem, dados referentes ao ano de 2013 elucidam que apenas 0,17% (equivalente a 5,1 toneladas) das três mil toneladas de resíduos sólidos coletados por dia no município do Recife são reciclados. (RECIFE, 2014, p. 230). Analisando esta questão sobre a perspectiva de dados temporais (2009 a 2013), o percentual médio da quantidade de materiais reciclados coletados no município frente aos demais foi um pouco maior, de 0,2% (RECIFE, op. cit., p. 102). Estes percentuais são muito baixos tendo em vista o potencial de aproveitamento destes resíduos utilizados em outros lugares do Brasil e do mundo.

Acredita-se que o percentual de resíduos reciclados pode crescer muito em Recife, principalmente na direção de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis, como embalagens reutilizadas e recicladas, conferindo um menor impacto ao meio ambiente (RECIFE, 2014, p. 230).

Desta forma, cabe a Emlurb adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos recicláveis, responsabilidade atribuída pela PERS (PERNAMBUCO, 2010), disponibilizar postos de coleta para os resíduos recicláveis e incentivar a criação e o desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (BRASIL, 2010a, art. 8º, IV).

#### 4.1.4. Adoção de programas de coleta seletiva

A coleta seletiva é qualificada como um dos instrumentos da PNRS (BRASIL, 2010a), atuando como uma das ferramentas para implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Neste sentido, a normativa atribui ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (Emlurb), o estabelecimento e a consolidação do sistema de coleta seletiva municipal, por meio dos incentivos e prioridade no acesso aos recursos da União.

O programa de coleta seletiva na cidade do Recife atende integralmente 39 bairros, compreendendo uma população de 617 mil pessoas, e parcialmente 6 (seis) bairros, a saber: Casa Amarela, Iputinga, Caçote, Areias, Pina e Ipsep (RECIFE, 2014, p. 81). Em 2013, os resíduos potencialmente recicláveis coletados pelos programas de coleta seletiva porta a porta, de entrega voluntária e doações foi de 1.939,53 toneladas, correspondendo, em peso, a 0,3% dos RSU. Em termos financeiros, este percentual indica uma redução anual em torno de 1,4 milhões de reais na destinação final dos RSU (RECIFE, 2014, op. cit., p. 84, 97, 128 e 228). Este percentual é considerado baixo quando comparado com os resíduos potencialmente recicláveis coletados nos municípios brasileiros (1,4%), na União Europeia (45%), os Estados Unidos (34%) e no Japão (19%) (JUCÁ et al., 2013, p. 86).

Este percentual pode ser ainda menor quando comparado com a participação dos materiais recicláveis inseridos nos resíduos domiciliares, advindos da coleta seletiva porta a porta, equivalente a 0,1% (RECIFE, 2014, p. 127). As razões para este fato podem está elucidadas na frequência e descontinuidade do serviço, realizadas uma vez por semana nos 45 bairros participantes, fomentando a incipiência do programa, a limitação da oferta do serviço, o distanciamento e dificuldade de assimilação do programa pelos recifenses (PARENTE, 2013), além do desinteresse da população em virtude da predominância da coleta indiferenciada, na qual o resíduo reciclável previamente separado é coletado e misturado junto ao resíduo comum (CARVALHO; BARBOSA, 2013).

Carvalho e Barbosa (2013), afirma que a cidade do Recife “ainda não incorporou, sequer descobriu, a coleta seletiva como um hábito saudável e urgente”. Embora a população tenha conhecimento superficial da importância de reciclar, há um distanciamento teórico-prático, marcado por um forte discurso e com ações limitadas. Ainda segundo as autoras, os números evidenciam a contradição do dia-a-dia, pois

aproximadamente 95% dos moradores consideram a coleta seletiva importante, entretanto, apenas 10% separam diariamente os resíduos.

Outra crítica que se faz é com relação à coleta diferenciada dos resíduos orgânicos em Recife. De acordo com Recife (2014, p. 135), não existe um tratamento prévio e diferenciado na coleta desta fração. Assim como não existe uma coleta diferenciada para os rejeitos.

Portanto, os programas de coleta seletiva realizados no Recife são evidenciados como pontuais e sem amplitude para a população urbana (RECIFE, 2014, p. 229), com ações tímidas (O LIXO..., 2013) e ineficiente (PARENTE, 2013). Embora estes sejam realizados de forma incipiente, a Cidade apresenta um grande potencial de expansão, por meio da amplitude do índice de aproveitamento dos materiais recicláveis. Para tanto, o estímulo para a coleta seletiva *in loco*, a destinação às cooperativas, associação ou catadores individuais de matérias recicláveis e a inserção da educação ambiental como instrumento de empoderamento da população apresentam-se como ações a serem contempladas.

#### **4.1.5. Inserção de práticas de educação ambiental**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a), incentiva a responsabilidade compartilhada dos resíduos sólidos a todos os geradores e integrantes desta cadeia, tais como: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares pelos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, assim como, pelo ciclo de vida dos produtos. Também estabelece princípios, como o poluidor-pagador e o protetor-recebedor, qualificados como instrumento de incentivo para o empoderamento da população frente aos resíduos gerados.

A educação ambiental pode ser um facilitador para o empoderamento da população com manejo dos resíduos sólidos. Neste sentido, a legislação estimula e prioriza práticas e ações educacionais com foco na temática ambiental, considerando-as como um princípio (BRASIL, 2010a, art. 8º, VII) e instrumento (PERNAMBUCO, 2010, art. 8º, X) fundamental para a gestão dos resíduos, por meio de programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem destes materiais.

Atualmente, a Emlurb desenvolve 6 (seis) projetos voltados para a inserção de práticas de educação ambiental por todo o Recife, estes são: (i) Projeto praia limpa,

praia viva: ação que distribuem sacolas plásticas aos usuários e geradores de RSU nas praias (banhistas, turistas e comerciantes, dentre outros), atribuindo-os a responsabilidade por manter limpo um espaço público e por eles utilizados; (ii) Projeto estratégico em canais: atividade educativa desenvolvida com os moradores do entorno dos canais, com orientação para o correto descarte e possíveis consequências do despejo inadequado de RSU; (iii) Projeto de erradicação de pontos críticos de lixo: práticas instrutivas que buscam erradicar os pontos irregulares de lixo; (iv) Coleta seletiva em condomínios: ação realizada com a participação de moradores de condomínio, com foco na sensibilização quanto à necessidade de separação e destinação correta dos RSU; (v) Projeto oficina reaproveitar com arte: realização de oficinas de arte com a utilização de materiais recicláveis; (vi) Projeto de capacitação: capacitação de jovens para atuar em diversas áreas do Recife na utilização sustentável dos espaços públicos (RECIFE, 2014, p. 91 e 92).

Mesmo diante das ações realizadas pela Emlurb no Município, nota-se que a população ainda está longe dos trilhos sustentáveis da gestão de resíduos, uma vez que ações simples, como o descarte adequado dos RSU, a coleta seletiva residencial ou empresarial, entre outras, não fluem de forma voluntária pela quase totalidade das pessoas envolvidas, sendo necessária a inclusão de políticas de incentivo ou de punição (RECIFE, 2014, p. 92). De acordo com Carvalho e Barbosa (2013), a população ainda não percebeu que a responsabilidade pelo ciclo de vida do resíduo sólido perpassa a exclusividade da gestão para os governantes e/ou concessionária, e que cada consumidor é responsável pelo resíduo gerado e corresponsável pelos diversos problemas por ele gerado.

Além disso, uma crítica que faz com relação à cidade do Recife, aponta na inexistência de uma Política Estadual de Educação Ambiental que defina em lei as ações integradas para o comportamento humano perante, dentre outras, as atividades gerenciais dos resíduos sólidos. Diante desta fragilidade, Recife ancora suas discussões nas diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor da Cidade, cujos artigos compreendem definições e obrigatoriedade para implantação do processo de Educação Ambiental no município (RECIFE, 2014, p. 92).

#### **4.1.6. Responsabilidade social dos catadores de matérias recicláveis**

A responsabilidade social é definida por El-Deir et al. (2010) como “um conjunto de práticas que visam o bem estar da coletividade, tendo como princípios a ética e ações sociais atuantes no desenvolvimento social equitativo”. Este conceito aplicado à realidade dos catadores ou classificadores de materiais recicláveis fomenta o compromisso do governo em estabelecer estratégias e adotar medidas que venham contribuir com a melhoria da qualidade de vida, por meio da inserção social deste segmento na cadeia produtiva das indústrias recicladoras, com estímulo a geração de emprego e renda, diminuição da demanda por recursos naturais e redução dos gastos públicos.

De acordo com Sarmiento (2013), os catadores são o elo mais fraco da cadeia do resíduo sólido, pois trabalham horas, empurram diariamente uma quantidade elevada de resíduo, não tem capacitação necessária, atuam em condições insalubres, vivem expostos a doenças e recebem pouco para a carga de trabalho efetuada. Esta realidade é lamentável diante da perspectiva de importância socioeconômica deste segmento para a gestão dos RSU, mediante a experiência/vivência, sobrevivência e olhar diferenciado quanto ao trato dos resíduos (O LIXO..., 2013).

Neste sentido, a PNRS (BRASIL, 2010a) busca resolver o problema da gestão de resíduos do ponto de vista técnico e econômico, buscando contribuir para a inserção de catadores de materiais recicláveis, permitindo-lhes melhores condições de trabalho e acesso aos serviços públicos. Para tanto, sugere a participação desta classe em ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, com incentivos à inclusão social e à emancipação econômica dos catadores. Além da criação e à capacitação de associações ou cooperativas de catadores de resíduos sólidos.

Atualmente existem cerca de 1.500 catadores de materiais recicláveis no Grande Recife, deste contingente, aproximadamente 140 estão formalmente organizados vinculados às cooperativas e associações que são acompanhadas e recebem apoio da Emlurb. Os demais trabalham de forma desordenada e informal nas ruas, acarretando em impactos ambientais, financeiros e de qualidade de vida (RECIFE, 2014, p. 80).

A Gerência de Coleta Seletiva (GCS) desenvolve trabalhos com 7 (sete) núcleos de triagem de catadores, responsáveis pela coleta, beneficiamento e comercialização dos resíduos para as indústrias recicladoras, tais como: FROMPET, *Owens-Illinois* (OI), GERDAU, AFB Reciclagem. Entretanto, este número pode ser limitado, uma vez que

estima-se a necessidade de criação de 900 postos formais de trabalho por meio de cooperativas de catadores, apenas para o processo de triagem (RECIFE, op. cit., p. 231).

Embora a Emlurb tenha atentado na reinserção, de forma gradativa, de catadores informais em programas de coleta seletiva, cuja gestão está sob posse da GCS, o quantitativo destes trabalhadores ainda é maior do que aqueles vinculados as cooperativas, com redução da adesão dos mesmos nos programas de coleta seletiva ofertados (RECIFE, 2014, p. 87).

Este cenário sugere estratégias voltadas para o aumento do número de cooperados e organização das cooperativas, incluindo, por exemplo, programas de monitoramento e aumento de eficiência de triagem, com programas de saúde e segurança de trabalho, estudos de inclusão de triagem mecanizada no âmbito de cooperativas de catadores, e a definição do modelo para o pagamento por serviços para as cooperativas, com maior independência do mercado de recicláveis (RECIFE, 2014, p. 231).

#### **4.1.7. Incentivo às diversas tecnologias de tratamento e valorização em termos de massa e energia dos resíduos sólidos urbanos**

A atual legislação dos resíduos sólidos estimula a inserção das diversas tecnologias de tratamento dos RSU mediante a destinação ambientalmente adequada, tais como a reutilização, reciclagem, compostagem, e a recuperação e reaproveitamento energético do biogás, atribuindo aos órgãos competentes à responsabilidade da destinação, adoção, desenvolvimento e aprimoramento da tecnologia limpa adotada (BRASIL, 2010a).

Desta forma, incentiva o potencial mássico e energético dos resíduos, fomentando a maximização do aproveitamento dos resíduos orgânicos por meio de sistemas de compostagem, com utilização do composto produzido, além de tecnologias visando à valoração energética dos RSU, desde que seja comprovada sua viabilidade técnica e ambiental (BRASIL, 2010a; PERNAMBUCO, 2010).

O modelo de gestão de resíduos em Recife não prioriza a valorização dos RSU e a adoção de diferentes tecnologias, pois a quase totalidade dos resíduos sólidos gerados (e não os rejeitos, como preconiza a Lei nº 12.305) são destinados por uma única via de tratamento, o aterro sanitário da CTR Candeias (RECIFE, 2014, p. 228; PERNAMBUCO, 2014, p. 50). Além disso, não há programas voltados para o tratamento dos resíduos orgânicos por meio de tecnologias como compostagem,

biodigestão ou bioestabilização, e nem diminuição volumétrica da matéria orgânica pelo tratamento mecânico-biológico (RECIFE, op. cit., p. 229).

Segundo a CTR Candeias, o projeto de recuperação energética do biogás no Aterro envolve três etapas: (i) instalação dos drenos de gás na massa de resíduos; (ii) Captação e queima do biogás gerado nos *flares*, com comercialização dos créditos de carbono e (iii) aproveitamento energético do biogás nas instalações do empreendimento. As duas primeiras etapas estão sendo realizadas, enquanto a terceira está prevista para o ano de 2016.

Esta experiência já foi realizada numa célula experimental do Aterro Controlado da Muribeca (MACIEL, 2009), cujas atividades operacionais encontram-se encerradas, no qual o biogás gerado foi convertido em energia elétrica e utilizado nas intermediações da célula piloto. De acordo com Maciel op. cit., a produção de energia elétrica no período de janeiro a julho de 2009, considerando apenas as horas de operação do gerado, foi de 425 kwh/dia, ou simplesmente, 17,8 kw de potência útil, equivalendo a 89,3% da capacidade instalada da usina e indicando, portanto, condições satisfatórias de operação.

Embora o município seja limitado quanto à adoção de tecnologias de tratamento, o cenário atual é bem melhor ao apresentado pelo Diagnóstico Estadual de Resíduos Sólidos (PERNAMBUCO, 2006), cuja forma de tratamento predominante centrava na deposição dos resíduos sólidos em lixões.

No Brasil, a principal rota tecnológica utilizada é a disposição final dos RSU em aterros sanitários com 58,3%, sendo predominante nas regiões Sul e Sudeste do País (ABRELPE, 2013, p. 44). Vale salientar que aproximadamente 42% dos resíduos no País não são tratados e/ou descartados inadequadamente em aterros controlados e lixões (JUCÁ et al, 2013, p. 48).

Este cenário não é o mesmo apresentado por vários Estados-membro integrantes da União Europeia, que utilizam das mais diversas alternativas tecnológicas para tratar os RSU, incentivados por uma política pública atuante (JUCÁ et al., 2013, p. 74). Países como Alemanha, Suíça, Holanda, Áustria, entre outros, priorizam tecnologias como a compostagem e a reciclagem, além da incineração dos resíduos com aproveitamento energético como as principais formas de tratamento e disposição dos resíduos sólidos (EUROSTAT, 2012). No Japão, a principal rota de tratamento utilizada é o incinerador, em virtude da limitação de área ofertada, seguido da reciclagem e aterro sanitários (MOEJ, 2011).

Um fator de estímulo para a inserção de diversas alternativas tecnológicas para o município do Recife centra na não disposição de espaços apropriados para implantação de aterro sanitário, por razões de natureza geoambiental, tendo historicamente utilizado áreas fora dos seus limites. Sendo assim, estabelece uma cooperação intermunicipal com Jaboatão dos Guararapes, município próximo, dispondo os RSU produzidos por Recife na CTR Candeias e pagando, para isto, na ordem de dois a três milhões de reais (RECIFE, 2014). Por estas razões, sugerem-se a inserção de estratégias voltadas para a descentralização das tecnologias de tratamento de resíduos e maximização do potencial mássico e energético, com redução da totalidade dos RSU destinados em aterros sanitários da região metropolitana.

#### **4.1.8. Disposição final ambientalmente adequada**

A disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos configura-se como a última etapa realizada na ordem de prioridade da gestão e do gerenciamento dos RSU. Desta forma, a PNRS (BRASIL, 2010a) e a PERS (PERNAMBUCO, 2010) ordena a disposição dos rejeitos para os aterros sanitários, como única forma de destinação final, atribuindo ao titular dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, a Emlurb, a responsabilidade da disposição final deste material.

Em Recife, todos os RSU coletados pelo sistema de coleta convencional são dispostos em aterro sanitário como se fossem rejeitos (RECIFE, 2014, p.135). Em virtude da ineficiência das políticas de incentivo no tocante à estruturação de sistemas de coleta seletiva e de triagem eficientes, os resíduos sólidos acabam sendo direcionados para o aterro sanitário sem nenhum tratamento diferenciado, tornando-os inaproveitados e desvalorizados, além de gerar sérios entraves gerenciais, como a redução da vida útil do aterro sanitário e elevados custos para o município, lógica também elucidada nos demais municípios brasileiros.

No Japão, os aterros sanitários são geralmente utilizados para a disposição de resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediários, como por exemplo, as cinzas geradas pelos incineradores (JUCÁ et al, 2013, p. 82). Esta realidade é a mesma apresentada em alguns países da Europa, como a Alemanha e Suíça (EUROSTAT, 2012).

A capital pernambucana não dispõe de mecanismos de controle/fiscalização nem tampouco de avaliação de multas para práticas de disposição inadequadas dos resíduos, por parte dos diversos geradores, sejam comunidades, núcleos produtivos, transeuntes

ou potenciais agentes poluidores de qualquer natureza (RECIFE, 2014, p. 164). Além de não ter um plano de gestão municipal de resíduo sólido consolidado que proponha diretrizes e metas e estimule a cooperação técnico-financeira para a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, em especial, os rejeitos.

#### 4.1.9. Síntese dos parâmetros avaliativos da gestão dos resíduos sólidos urbanos de Recife

A análise geral dos parâmetros tomados como base para a avaliação do de gestão dos RSU da cidade de Recife está agrupada no quadro-resumo (Quadro 3) apresentado a seguir.

<b>Parâmetros</b>	<b>Avaliação geral</b>
Ampliação do alcance dos serviços de gerenciamento (universalização)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A oferta da coleta convencional dos RSU na cidade de Recife é de aproximadamente 100%.</li> <li>- Principal desafio: Universalização dos demais serviços que compõe o gerenciamento dos RSU.</li> </ul>
Adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O modelo gerencial dos RSU de Recife não foi estruturado com base no entendimento das particularidades socioeconômica e ambiental dos bairros inseridos;</li> <li>- Principal desafio: Definir indicadores-base de monitoramento para o aperfeiçoamento do modelo de RSU aplicado.</li> </ul>
Incentivo à hierarquia dos 3R	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A cidade de Recife não apresenta instrumentos práticos para redução da geração dos RSU;</li> <li>- Das 3.000 toneladas de RSU coletados diariamente, apenas 5,1 toneladas são recicladas, equivalente a 0,17%;</li> <li>- Principal desafio: Ampliar o sistema de reciclagem municipal.</li> </ul>
Adoção de programas de coleta seletiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O programa de coleta seletiva do Recife atende integralmente 39 bairros e 6 (seis) de forma parcial;</li> <li>- Em 2013, os resíduos potencialmente recicláveis coletados pelos programas de coleta seletiva porta a porta, de entrega voluntária e doações foi de 1.939,53 toneladas, correspondendo, em peso, a 0,3% dos RSU;</li> <li>- Com a reciclagem dos resíduos potencialmente recicláveis (0,3%), haveria uma redução anual em torno de 1,4 milhões de reais na destinação final dos RSU;</li> <li>- Principais entraves: Frequência e descontinuidade do serviço, limitação da oferta, distanciamento e dificuldade de assimilação pelos recifenses, desinteresse da população em virtude da predominância da coleta indiferenciada.</li> </ul>
Inserção de práticas de educação ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A Emlurb desenvolve 6 (seis) projetos voltados para a inserção de práticas de educação ambiental por todo o Recife: Projeto praia limpa, praia viva; Projeto estratégico</li> </ul>

	<p>em canais; Projeto de erradicação de pontos críticos de lixo; Coleta seletiva em condomínios; Projeto oficina reaproveitar com arte; Projeto de capacitação de jovens na utilização sustentável dos espaços públicos;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As ações de educação ambiental estão distantes do empoderamento dos recifenses com os RSU;</li> <li>- Recife não possui uma legislação própria de educação ambiental.</li> </ul>
<p>Responsabilidade social dos catadores de materiais recicláveis</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recife compreende aproximadamente 1.500 catadores de materiais recicláveis, deste contingente, apenas 140 estão formalmente organizados nas cooperativas e associações da Emlurb;</li> <li>- A Gerência de Coleta Seletiva (GCS) desenvolve trabalhos com 7 (sete) núcleos de triagem de catadores;</li> <li>- As principais indústrias recicladoras que participam do beneficiamento e comercialização dos resíduos são: FROMPET, <i>Owens-Illinois</i> (OI), GERDAU, AFB Reciclagem, dentre outros;</li> <li>- Principais desafios: Estratégias para o aumento do número de catadores em cooperativas e associações, programas de monitoramento e aumento de eficiência de triagem, programas de saúde e segurança de trabalho, inclusão de triagem mecanizada nas cooperativas de catadores, definição do modelo para o pagamento por serviços para as cooperativas, e maior independência do mercado de recicláveis.</li> </ul>
<p>Incentivo às diversas tecnologias de tratamento e valorização em termos de massa e energia dos resíduos sólidos urbanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O modelo de gestão dos resíduos sólidos em Recife não prioriza a valorização dos RSU e a adoção de diferentes rotas tecnológicas;</li> <li>- A principal rota tecnológica utilizada é o aterro sanitário (CTR Candeias);</li> <li>- Principais desafios: descentralização das tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos (aterro sanitário) e maximização do potencial mássico e energético dos RSU.</li> </ul>
<p>Disposição final ambientalmente adequada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos os RSU coletados pelo sistema de coleta convencional em Recife são dispostos em aterro sanitário como se fossem rejeitos;</li> <li>- Principais desafios: Apropriação de mecanismos de controle/fiscalização e aplicação de multas para práticas de disposição inadequadas dos RSU, plano de gestão municipal de resíduo sólido que proponha diretrizes e estimule a cooperação técnico-financeira para a disposição final ambientalmente adequada dos RSU, em especial, os rejeitos.</li> </ul>

**Quadro 3.** Síntese dos indicadores avaliativos do modelo de gestão dos RSU de Recife.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

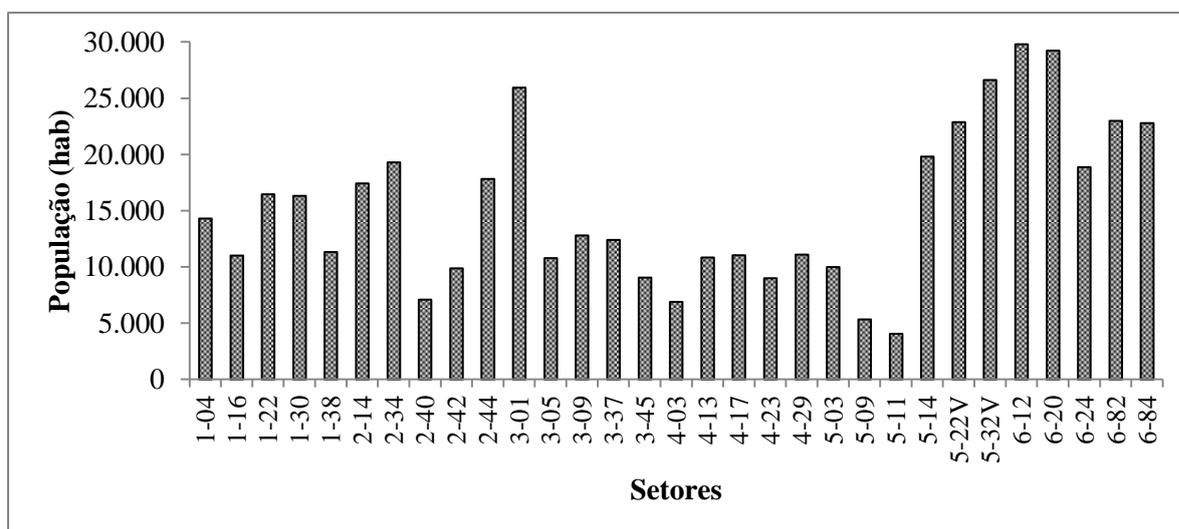
## 4.2.MÓDULO II: ANÁLISE MULTIVARIADA DOS INDICADORES GERENCIAIS NOS SETORES DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE RECIFE

### 4.2.1. Indicadores

Os resultados referentes aos indicadores elencados para a análise dos setores de coleta estão apresentados de acordo com a seguinte ordem: população, renda domiciliar e *per capita*, geração total e *per capita* de resíduos sólidos e composição gravimétrica. Os dados irão subsidiar na setorização das rotas de coleta dos RSU da cidade de Recife a partir da análise multivariada por agrupamento hierárquico.

#### 4.2.1.1. População dos setores

A estimativa populacional dos 31 setores de coleta de RSU do município de Recife para o ano de 2013 foi de 473.478 habitantes, equivalente a aproximadamente 30% da amostra (Figura 10). A população média dos setores foi de 15.273 habitantes. Foi observado que os resultados flutuaram de 29.814 a 4.078 habitantes, com média de 15.273 habitantes. Os setores 6-12 e 6-20 apresentaram o maior contingente populacional, com valores de 29.814 e 29.241 habitantes, respectivamente, enquanto os setores 5-11 (4.078 habitantes) e 5-09 (5.333 habitantes) obtiveram a menor população.

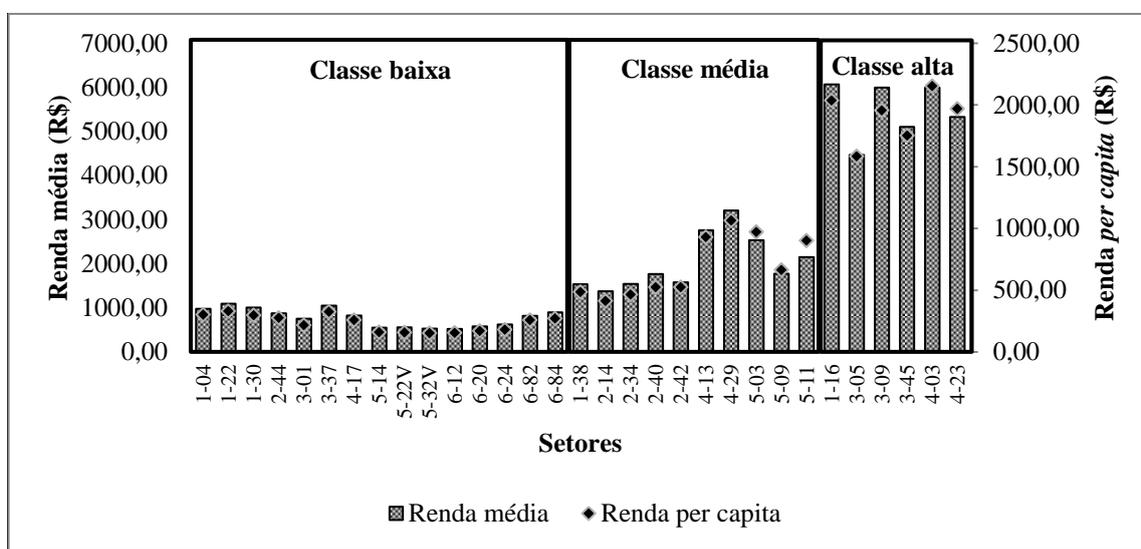


**Figura 10.** Estimativa populacional dos setores de coleta para o ano de 2013. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os setores apresentaram valores diferenciados quanto à população inserida devido a diversos fatores, tais como: (i) delimitação das rotas, no qual foram observadas áreas e densidades demográficas distintas para as regiões estudadas; (ii) localização geográfica, estando os localizados nas regiões Norte, Noroeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Centro e abrangendo contingentes populacionais diferenciados; e (iii) número de bairros inseridos por setor, onde foi evidenciado rotas com apenas um bairro, em detrimento de outras que apresentaram três. Este quantitativo diferenciado por setor é normal, sendo esta característica peculiar à realidade de cada rota.

#### 4.2.1.2. Renda média dos setores

Os setores de coleta apresentaram valores distintos relativos à renda domiciliar média (Figura 11), com máximo de R\$ 6.066,00, médio de R\$ 2.091,00 e mínimo de R\$ 523,00. Quanto à renda *per capita*, seguiram a lógica apresentada anteriormente, cujos valores máximo e mínimo flutuaram em torno de R\$ 2.153,00 e R\$ 153,00, com resultado médio de aproximadamente R\$ 706,00. Este valor foi menor quando comparado ao de R\$ 1.361,00, correspondente à cidade do Recife (IBGE, 2010), e ao de R\$ 802,00, apresentado para o Estado de Pernambuco (IBGE, 2014).



**Figura 11.** Renda domiciliar média e *per capita* dos setores. Fonte: Elaborado pelo autor.

Dos 33 setores selecionados, 15 foram enquadrados como classe baixa (1-04, 1-22, 1-30, 2-44, 3-01, 3-37, 4-17, 5-14, 5-22V, 5-32V, 6-12, 6-20, 6-24 e 6-82), 11 como classe média (6-84, 1-38, 2-14, 2-34, 2-40, 2-42, 4-13, 4-29, 5-03, 5-09 e 5-11) e 5 (cinco) apresentaram alto potencial econômico (1-16, 3-05, 3-09, 3-45, 4-03, 4-23).

A renda domiciliar média dos setores de classe alta (R\$ 5.490,00) foi sete vezes superior à média dos setores classe baixa (R\$ 778,00) e aproximadamente três vezes superior à média dos setores de classe média (R\$ 2.022,00). Esta lógica seguiu para a renda média *per capita*, cuja média dos setores de classe alta (R\$ 1.907,56) foi oito vezes superior a média dos setores de classe baixa (R\$ 233,00) e aproximadamente três vezes superior a média dos setores de classe média (R\$ 693,98).

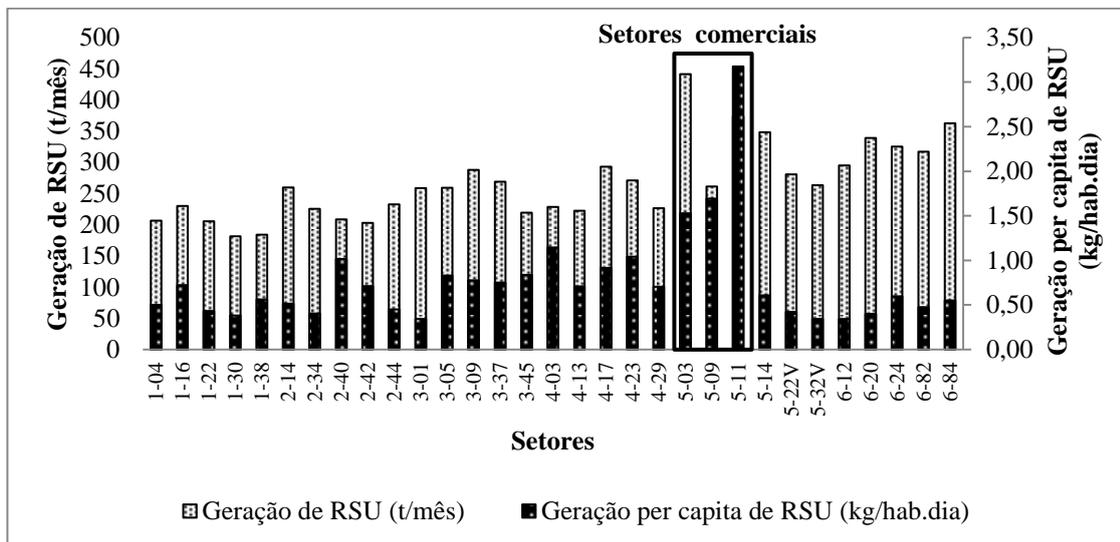
Constatou-se que os bairros, de forma total ou parcial, inseridos nos setores de classe alta apresentaram valores elevados de renda econômica, lógica atribuída para as demais classificações. Também observou-se uma relação direta entre a renda média e *per capita* dos setores, estando alinhado aos estudos realizados por Jucá et al. (2014).

Os setores de classe alta apresentaram renda *per capita* superior à média nacional, apresentada no valor de R\$ 1.052,00 (IBGE, 2014). Os setores 1-16, 4-03 e 3-05 apresentaram a maior renda média domiciliar, com valores de R\$ 6.066,00, R\$ 5.995,00 e R\$ 5.989,00, respectivamente. Em contrapartida, as rotas 5-32V e 6-12, por compreender bairros de baixo poder aquisitivo, obtiveram os menores valores. De acordo com Simão Filho (2009), esta realidade denota o mosaico aquisitivo apresentado pelos mais diversos municípios/bairros, mediante a estrutura desigual de oportunidades e acesso da população à participação da renda, com entraves na sensibilidade de apropriação decorrente do poder econômico concentrado.

#### **4.2.1.3. Geração dos resíduos sólidos urbanos**

O quantitativo médio mensal de RSU produzido nos setores selecionados para o ano de 2013 foi de aproximadamente 8.285,00 toneladas (Figura 12). Os setores 5-03 e 5-11, os quais compreendem bairros com fortes atividades comerciais, apresentaram valores mais expressivos na geração de RSU, em torno de 441,73 t/mês e 373,95 t/mês, respectivamente.

A geração *per capita* média nas rotas de coleta foi de 0,77 kg/hab.dia, com destaque para os setores 5-11 (3,17 kg/hab.dia), 5-09 (1,70 kg/hab.dia) e 5-03 (1,53 kg/hab.dia). Estes setores compreendem os bairros da Boa Vista, Recife (centro), Santo Amaro e Santo Antônio, conhecidos pela forte comércio local.

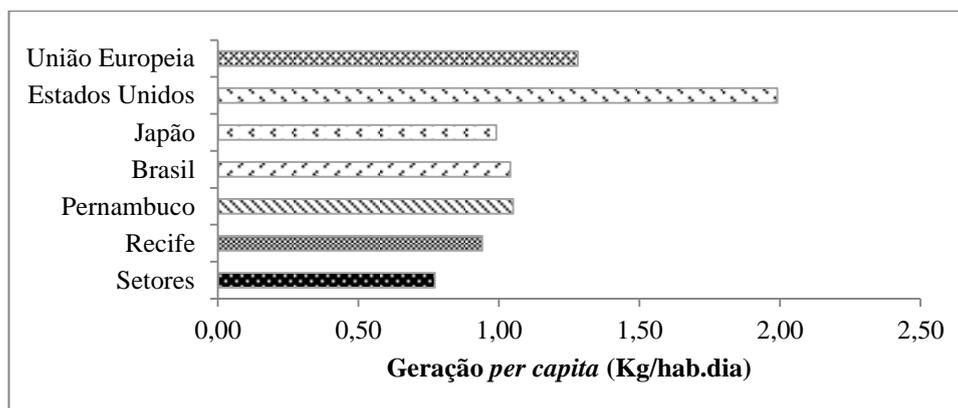


**Figura 12.** Geração total e *per capita* de RSU dos setores de coleta. Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi observado que as rotas 5-03, 5-09 e 5-11, predominantemente comerciais, apresentaram um perfil singular, quando comparado com as demais, por apresentar três situações distintas: (i) geração total dos RSU maior do que a *per capita* (5-03, semelhante à realidade dos demais setores), (ii) equilíbrio entre a geração total e *per capita* (5-09), e, (iii) geração *per capita* maior do que a geração total (5-11). Estas características retratam perfis distintos para setores comerciais, vislumbrando a interferência de outros fatores, como: cultura, densidade demográfica dos setores, presença de população residente ou temporária, tipo de comércio vigente, dentre outros.

De acordo com a Abrelpe (2012), a geração total e *per capita* dos resíduos sólidos nem sempre apresentam resultados condizentes, variando a depender da característica local, principalmente às relacionadas ao crescimento populacional e econômico da região. Jucá et al. (2014), complementa afirmando que a característica econômica local influencia no comportamento da população quanto ao consumo, refletindo em valores ascendentes de geração de resíduos sólidos.

Comparando a geração *per capita* média dos setores de coleta a nível municipal, estadual, nacional, internacional e bloco econômico (Figura 13), verificou-se que a média dos setores (0,77 kg/hab.dia) foi inferior aos resultados apresentados pelos demais cenários, com valores de 0,94 kg/hab.dia para o município de Recife (RECIFE, 2014), de 1,05 kg/hab.dia relativo ao estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2012), de 1,04 kg/hab.dia produzido pelo Brasil (ABRELPE, 2013); de aproximadamente 2,00 kg/hab.dia pelos Estados Unidos (EPA, 2012), de 0,99 kg/hab.dia pela população japonesa (MOEJ, 2011) e de 1,28 kg/hab.dia pela União Europeia (EUROSTAT, 2012).

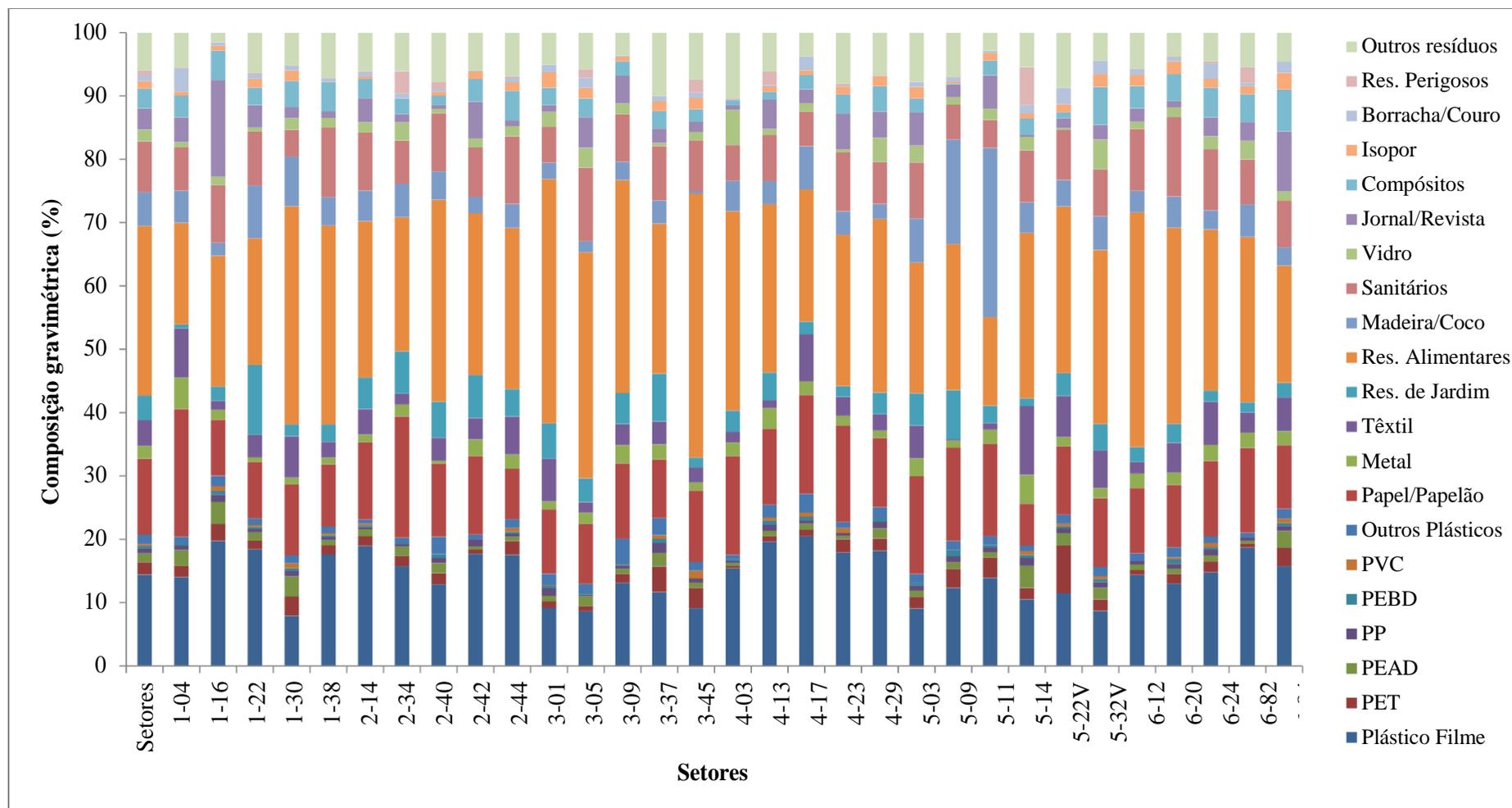


**Figura 13.** Comparação da geração per capita dos RSU a nível municipal, estadual, nacional, internacional e bloco econômico. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.1.4. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos

O estudo da composição gravimétrica referente aos setores de coleta selecionados da cidade de Recife (Figura 14) evidenciou os resíduos alimentares (26,79%), o plástico filme (14,41%) e o papel/papelão (12,02%), como as frações de maior geração no período estudado. Por outro lado, os plásticos PVC, PEBD e PP, com valores respectivos de 0,33%, 0,38% e 0,74%, junto com a borracha/couro (0,98%), apresentaram os menores percentuais no estudo. Estes resultados estão alinhados com os valores encontrados por Mariano et al. (2007), Alcântara (2007), Maciel (2009) e Firmo (2013), após estudo de alguns setores do município em questão, ao elucidar as frações plásticos, resíduos alimentares e papel/papelão como as de maior produção, em detrimento do resíduo da borracha/couro, como um dos materiais com menor percentual de geração.

Diante da análise dos resultados, pode-se observar que os setores apresentaram os mais variados percentuais, em termos de massa, de RSU. No tocante aos resíduos alimentares, os setores 3-01 (38,58%), 6-12 (37,06%) e 3-05 (35,69%) forneceram valores mais expressivos para esta fração, com destaque para o setor 3-45, cujo valor foi superior a 40%. O maior quantitativo desta tipologia nos dois primeiros setores está justificado por compreenderem bairros de classe baixa e com forte tendência comercial, caracterizado por comércios informais de pequeno porte e mercados públicos. Estudos realizados por Costa et al. (2012), mostraram que setores mais periféricos, caracterizados pela presença de bairros/famílias de baixa renda apresentaram maior geração de resíduos alimentares, em virtude ao acesso e consumo intensificado desta tipologia.



**Figura 14.** Composição gravimétrica dos 31 setores de coleta estudados. Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, esta lógica não condiz com a realidade apresentada nos setores de classe alta 3-05 e 3-45, cujos elevados percentuais de resíduos alimentares estão atrelados à presença de estabelecimentos comerciais, como restaurantes e bares. Segundo Soares (2011), altos percentuais de resíduos alimentares geralmente é atípico de bairros de classe alta, pois comumente a alimentação da população é baseada em alimentos industrializados, com predominância na geração dos resíduos recicláveis. Este autor ainda afirma que os valores encontrados podem estar atrelados às variabilidades sazonais, estação do ano e período festivo, as quais podem acarretar mudanças na composição gravimétrica dos RSU.

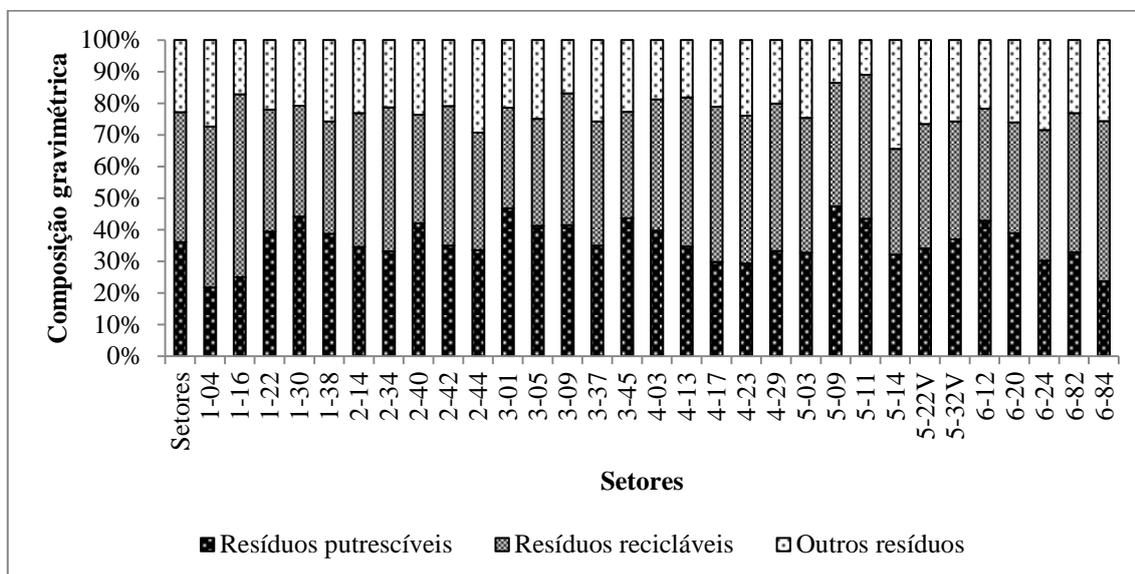
O percentual de metais presente na média da amostragem dos setores foi de aproximadamente 2%. Este resultado foi próximo aos encontrados por Alcântara (2007) e Maciel (2009), de 1,8% e 1,7%, respectivamente, ao estudar alguns setores da cidade de Recife. Os maiores valores encontrados para esta fração foi registrado nos setores 1-04 (4,97%) e 5-14 (4,54%). Quanto ao vidro, os resultados obtidos por Alcântara op. cit., de aproximadamente 4%, foi superior aos registrados nos 31 setores selecionados, com média de 1,86%. Maciel op. cit. encontrou valores ainda menores ao apresentado pela pesquisa, com percentuais de 0,6%.

Dentre as várias razões para o quantitativo pouco expressivo dos metais e vidro nos setores estudados, à intercepção prévia destas frações por intermédio dos catadores de materiais recicláveis, apresenta-se como uma questão a ser avaliada, em virtude do valor agregado de *input* nos trâmites comerciais (venda/e troca) da indústria recicladora. Desta forma, a análise dos resultados observados não refletem o consumo e geração real destes materiais pela população, fato também verificado por Soares (2011).

O somatório da composição gravimétrica dos demais resíduos sólidos estudados, não ultrapassou 40% dos RSU amostrados. Dentre estes valores, merecem destaque os valores médios referentes aos sanitários (7,99%), madeira/coco (5,33%), outros resíduos (6,01%), resíduos de jardim (3,90%), jornal/revista (3,36%) e os compósitos (3,11%). Os demais componentes dos RSU, correspondendo aos resíduos de menor geração.

Visando o estudo gravimétrico como subsídio para diversas alternativas tecnológicas e proposição de modelos de gestão dos RSU, os setores foram agrupados quanto ao potencial de resíduos recicláveis e putrescíveis (Figura 15). Os resultados médios dos setores elucidam a geração de resíduos recicláveis superior, no período estudado, com valores de aproximadamente 41%, em detrimento aos 36% dos resíduos putrescíveis. Os resultados apresentados estão alinhados à conjuntura econômica

vigente, pautada no consumismo intensificado de produtos industrializados, com reflexos na geração de resíduos descartáveis e com potencial valor agregado para reciclagem.



**Figura 15.** Gravimetria dos setores de coleta na perspectiva gerencial dos RSU. Fonte: Elaborado pelo autor.

O estudo gravimétrico dos setores de coleta mediante a categorização principal em resíduos putrescíveis e recicláveis (Figura 15) apresenta três cenários analíticos: (i) setores com predominância dos resíduos putrescíveis; (ii) setores com valores de resíduos putrescíveis e recicláveis próximos; e, por fim, (iii) setores com valores preeminente de resíduos recicláveis. Os mais diversos comportamentos remetem ao entendimento das características socioeconômicas e cultural de cada bairro, fornecendo um retrato situacional da realidade elencada, assim como mencionado pela CNI (2014).

A predominância dos resíduos putrescíveis, elucidada no primeiro cenário, compreende bairros com forte característica residencial, com comércio informal regido por mercados públicos e diversos estabelecimentos comerciais pontuais, especialmente do ramo alimentício, como supermercados e lanchonetes. Os setores inseridos apresentaram, principalmente, bairros com baixo e médio poder aquisitivo, com destaque para as rotas 5-09 (47,34%), 3-01 (46,72%) e 1-30 (44,18%).

Os setores inseridos no segundo cenário (1-22, 1-38, 3-09, 3-37, 5-11, 5-14, 5-22V, 5-32V e 6-20) são predominantemente de classe baixa e média, exceto o 3-09, com forte característica residencial e presença de um comércio mais estruturado e diversificado, direcionado ao atendimento dos mais diversos serviços. Por sua vez, os

setores compreendidos no terceiro cenário apresentaram comércio formal desenvolvido e estabelecimentos residenciais (casas e prédios), com abrangência de bairros predominantes de classe média e alta, como por exemplo, o setor 1-16 com 57,78% de resíduos recicláveis.

Também foram observados alguns setores de baixo poder aquisitivo com predominância na geração de recicláveis, indicando a descentralização ao acesso dos produtos industrializados pelas comunidades mais pobres, quadro antes evidente e preeminente pela população de alto poder aquisitivo. Dentre as várias explicações para esta realidade, pode-se destacar a inclusão da população aos programas sociais remunerados favorecendo no consumo de produtos industrializados (CAMPOS, 2012).

#### 4.2.2. Análise descritiva dos indicadores

A análise estatística referente às medidas de posição e de dispersão (tabela 1) indica uma grande variabilidade nos dados advindos dos indicadores, com valores máximos e mínimos apresentados em intervalos acentuados. Além destes, os dados apresentaram grande dispersão, com resultados de desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) elevado, caracterizando um cenário de heterogeneidade amostral.

**Tabela 1.** Análise descritiva dos indicadores.

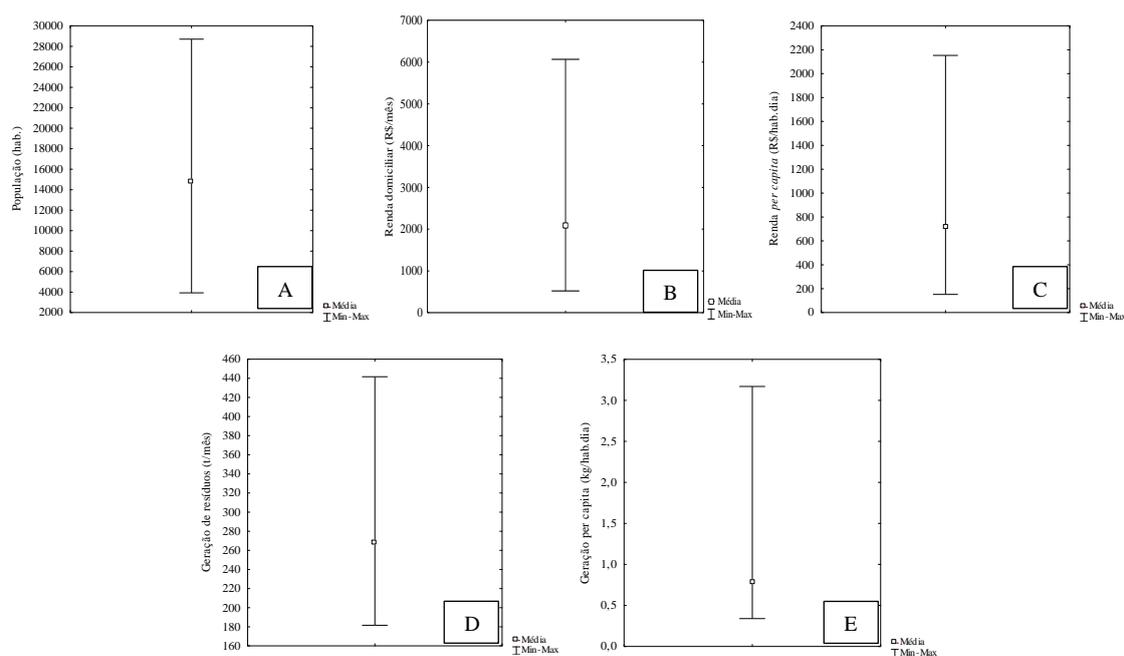
Indicadores	Unidade	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)
População	hab.	15.273,48	29.814,05	4.077,54	7.087,41	46,40
Renda domiciliar	R\$/mês	2.091,11	6.065,97	522,67	1.837,83	87,89
Renda per capita	R\$/hab.dia	705,87	2.152,76	152,60	654,14	92,67
Geração de resíduos	t/mês	272,71	441,73	181,64	61,06	22,39
Geração per capita	kg/hab.dia	0,77	3,17	0,34	0,55	71,80
Plástico Filme	%	14,41	20,51	7,92	3,85	26,72
PET	%	1,99	7,55	0,30	1,37	68,84
PEAD	%	1,40	3,51	0,46	0,88	62,81
PP	%	0,74	1,57	0,29	0,31	41,74
PEBD	%	0,38	0,98	0,00	0,23	62,01
PVC	%	0,33	1,24	0,00	0,34	103,37
Outros Plásticos	%	1,47	4,08	0,65	0,76	52,08
Isopor	%	1,20	2,67	0,00	0,69	57,53
Papel/Papelão	%	12,02	20,18	6,62	3,09	25,70
Metal	%	2,01	4,97	0,42	1,00	49,60
Têxtil	%	4,06	10,86	0,19	2,45	60,52
Res. de Jardim	%	3,90	11,06	0,59	2,34	59,94
Res. Alimentares	%	26,79	41,70	13,98	6,63	24,73
Madeira/Coco	%	5,33	26,72	0,38	4,87	91,26

Sanitários	%	7,99	12,55	4,21	2,01	25,14
Vidro	%	1,86	5,55	0,29	1,21	65,22
Jornal/Revista	%	3,36	15,21	0,27	3,00	89,22
Compósitos	%	3,11	6,58	0,15	1,48	47,66
Borracha/Couro	%	0,98	3,75	0,03	0,88	89,31
Res. Perigosos	%	0,66	5,95	0,00	1,32	201,83
Outros resíduos	%	6,01	10,48	1,58	1,95	32,52
Res. Putrescíveis	%	36,02	47,34	21,74	6,49	18,03
Res. Recicláveis	%	41,17	57,78	31,84	6,26	15,21

Fonte: Elaborado pelo autor

A heterogeneidade dos resultados obtidos pelos indicadores reflete nas particularidades e diferentes realidades apresentadas pelos setores, com inferência nos patamares socioeconômico, e reflexo nas características quantitativa e qualitativa dos RSU. De acordo com Freund (2009, p. 86), esta variabilidade interfere no entendimento qualitativo dos dados, sendo diretamente proporcional a dispersão e estabelecendo uma relação inversa ao grau de concentração dos valores em torno da média.

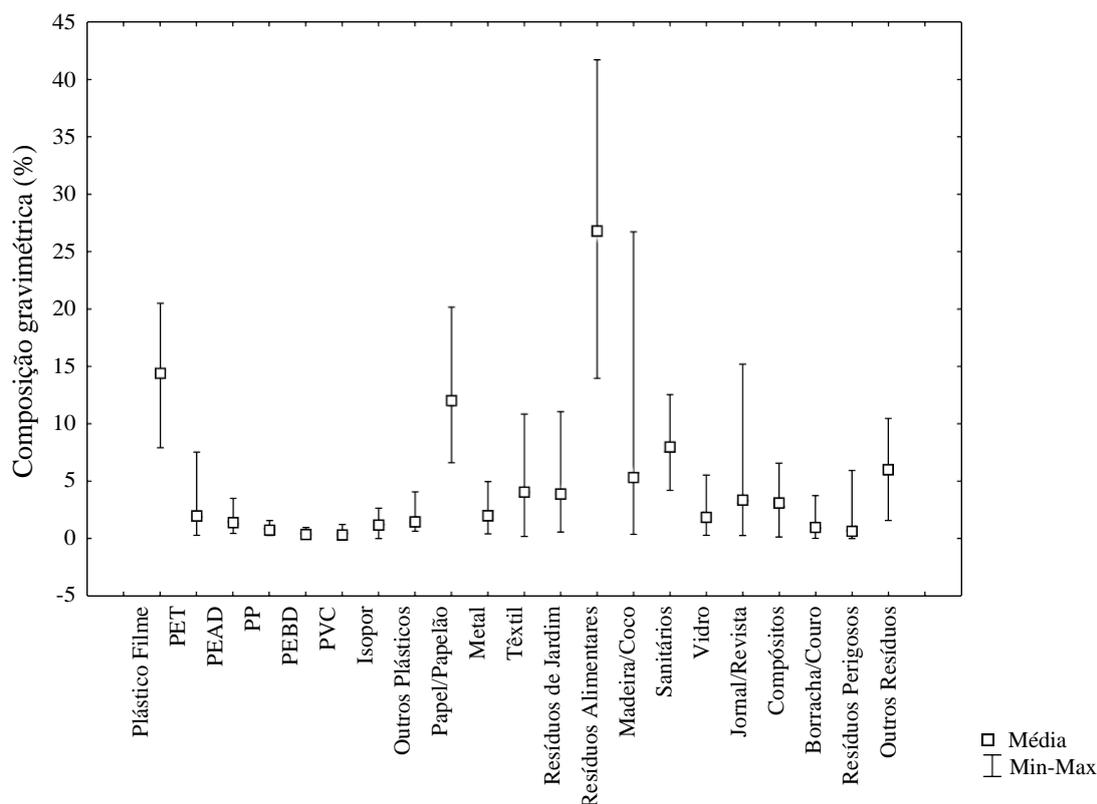
Os valores máximo, mínimo e a média dos indicadores socioeconômicos e de geração de RSU dos setores de coleta, representados por gráficos *box plot* (Figura 16), expressam a flutuação e dispersão dos resultados. Estes indicadores, com exceção da geração de resíduos (CV = 22,39), apresentaram grande variabilidade amostral em relação à média com CV de 46,40%, 87,89%, 92,67% e 71,80%, respectivamente.



**Figura 16.** Gráfico *Box Plot* da dispersão amostral dos indicadores. A) população, B) renda domiciliar, C) renda *per capita*, D) geração de resíduos e E) geração *per capita*.

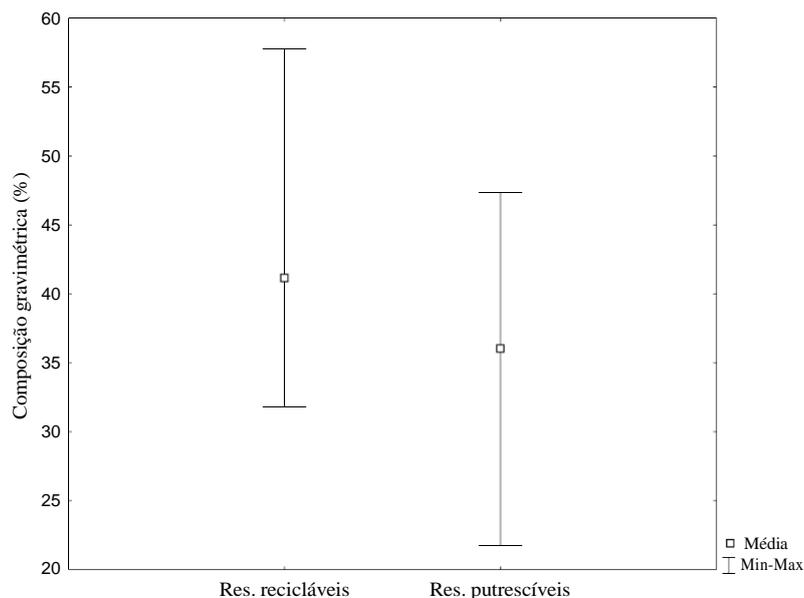
A dispersão dos dados populacionais pode-se estar atrelada aos fatores geográficos, como a densidade demográfica dos setores, além dos econômicos, mediante a característica de cada região, com estruturação comercial e/ou residencial. Quanto à renda, a tipificação das classes sociais inseridas na amostragem setorial conduz à flutuação do potencial econômico de cada setor com reflexos na geração domiciliar e *per capita*. Esta lógica condiz com o estudo realizado por Dias et al. (2012), ao trabalhar com variáveis socioeconômicas para estimar a geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos

Quanto à composição gravimétrica, a partir da análise estatística dos dados das 31 rotas (Figura 17), pode-se observar que as frações apresentaram grau de dispersão distinto. Desta forma, notou-se que os resíduos alimentares e a madeira/coco apresentaram grande variabilidade dos dados, com elevadas flutuações nos resultados obtidos, por outro lado, as subcategorias do plástico (PEAD, PP, PEBD, PVC) forneceram baixa variabilidade dos valores em relação à média.



**Figura 17.** Composição gravimétrica média, mínima e máxima dos RSU coletados nas 31 rotas da cidade de Recife. Fonte: Elaborado pelo autor.

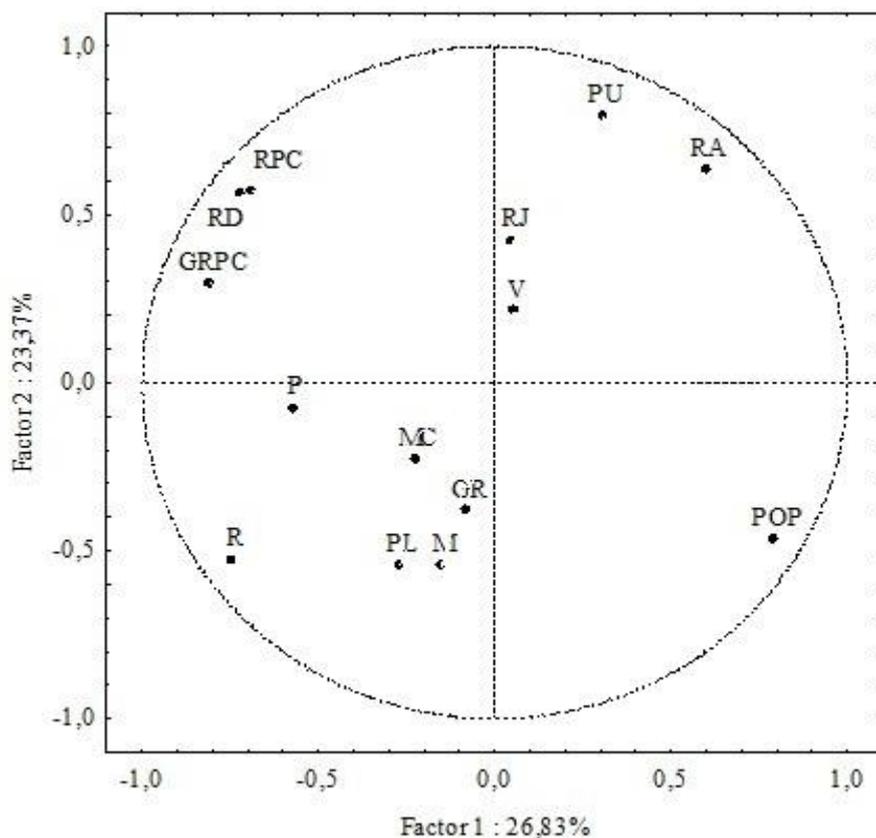
Os resíduos recicláveis e putrescíveis, seguindo a lógica supracitada, apresentaram valores máximos e mínimos (Figura 18) que variaram de 57,78% a 31,84% e 47,34 a 21,74%, respectivamente. Entretanto, mediante os valores correspondentes para o CV, apresentaram baixa variabilidade dos dados em relação à média, com CV de 18,03% e 15,21%, denotando uma amostra estável e com baixa dispersão (CALLEGARI-JAQUES, 2008).



**Figura 18.** Composição gravimétrica em termos de média, máximo e mínimo dos resíduos recicláveis e putrescíveis dos 31 setores de coleta de Recife. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.3. Análise dos componentes principais dos indicadores

Os resultados da análise de componentes principais (Figura 19) mostraram que indicadores como população (pop), renda domiciliar (rd), renda per capita (rpc), geração de resíduos per capita (grpc), os resíduos recicláveis (r), alimentares (ra) e putrescíveis (pu), tiveram seus dados bem representados no estudo, pois apresentaram proximidade da circunferência unitária. Por outro lado, algumas variáveis foram mal representadas no plano, como exemplo o vidro (v), madeira/coco (mc) e a geração de resíduos (gr), por possuírem distância curta, com indicativos de dados com pouca informação, em que nada se pode concluir. Desta forma, foram excluídos de uma análise mais detalhada.

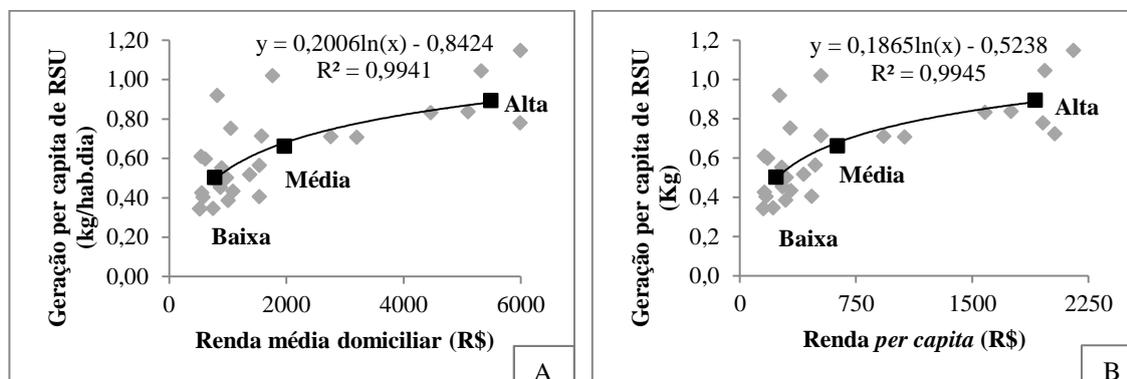


**Figura 19.** Análise de componentes principais dos indicadores de RSU por meio das correlações entre 12 variáveis. Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi observado que os indicadores renda (domiciliar e *per capita*) e produção *per capita* de resíduos estão fortemente correlacionados entre si, apresentando uma correlação positiva e comportamento sintônico, cujas variáveis estabelecem uma relação direta entre si. De modo análogo, notou-se que os resíduos alimentares, de jardim e putrescíveis, assim como os resíduos recicláveis, junto com os plásticos, o papel/papelão e os metais apresentaram forte correlação, participando, portanto, desta mesma estrutura de relação. A população, por apresentar-se como um dado isolado no primeiro quadrante, não mostrou forte correlação com nenhuma outra variável, enquadrando-se como variável independente, localizando-se distante das demais variáveis.

Ao correlacionar à renda domiciliar e *per capita*, mediante a média da classe social, dos 31 setores de coleta analisados em Recife com a média da geração *per capita* de resíduos (Figura 20), notou-se uma forte relação estatística entre estes parâmetros, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 99%. Esta medida indica que o grau

de proximidade entre os valores observados na análise de regressão linear dos dados, dentro da amostra utilizada, foi bem sucedido.



**Figura 20.** Relação da renda média domiciliar (A) e *per capita* (B) com a geração per capita dos RSU. Fonte: Elaborado pelo autor.

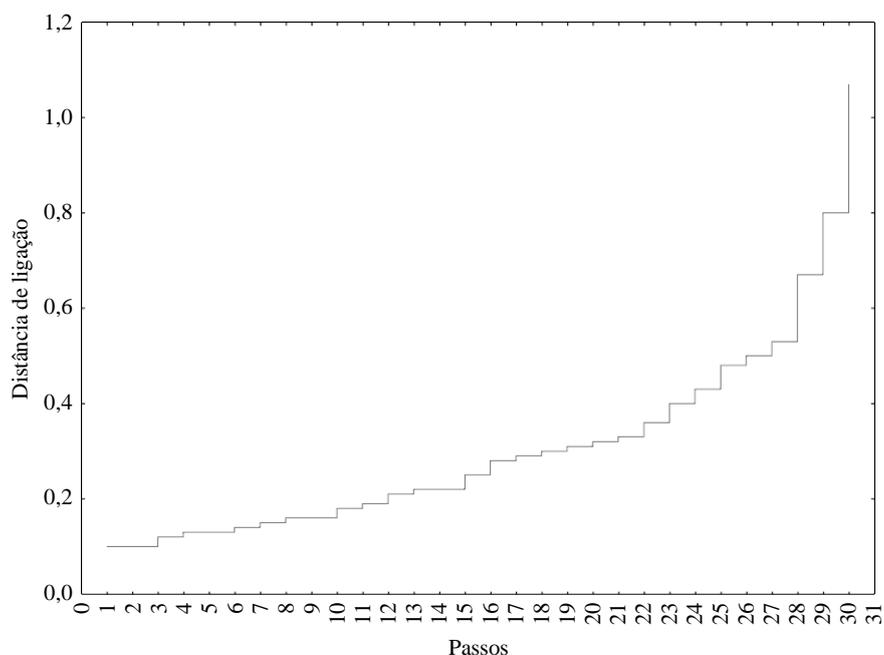
Ainda no tocante entre a relação renda e geração *per capita* de RSU, Campos (2012) ao enumerar os principais fatores socioeconômicos que influenciam na produção de resíduos pela população, aponta a renda como um parâmetro de estímulo no consumo da população, por provocar ascensão das classes sociais e ser um viés facilitador de apropriação do produto. Este raciocínio condiz com estudos realizados por Melo, Sautter e Janissek (2009), Carvalho Júnior (2013) e Jucá et al. (2014), ao observarem a relação existente entre estes parâmetros, mediante estudos realizados em realidades distintas.

As variáveis renda (domiciliar e *per capita*) e geração *per capita* de resíduos dos 31 setores de coleta tiveram uma forte correlação negativa com os dados quantitativos de população, ficando evidenciado que este parâmetro apresentou uma fraca influência na quantidade e qualidade dos RSU produzidos quando comparado com o poder aquisitivo da população e o potencial econômico do setor. Esta lógica alinha-se à visão apresentada por Godecke, Naime e Figueiredo (2012), ao afirmar que a quantidade de resíduos sólidos, dentre outros fatores, guarda forte relação com o nível de riqueza da população, em detrimento da concentração populacional. Para Oliveira Filho et al. (2014), o número de habitantes fortalecido pelo poder aquisitivo dos mesmos, mediante estímulos econômicos, são fortes indicativos para a ascensão da produção de resíduos, por incentivar a apropriação da população aos bens e serviços.

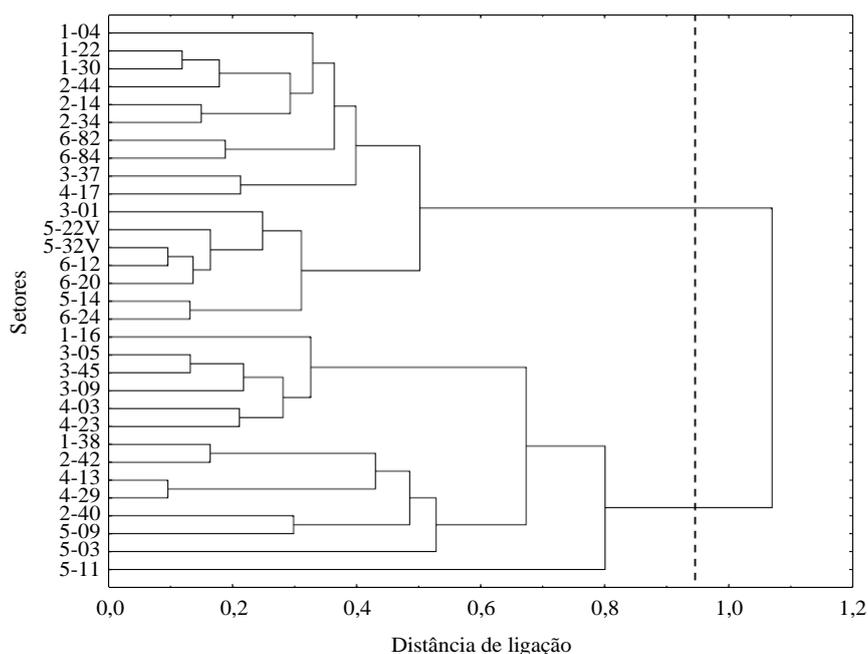
Outra vertente observada na análise de ACP foi entre a relação renda e geração *per capita* com a composição gravimétrica dos RSU, subsidiando dois eixos interpretativos: (i) de independência, ficando evidente que a tipologia dos resíduos não



Na análise em conjunto do gráfico de distância euclidiana com os valores das distâncias de ligação por meio dos agrupamentos formados entre as variáveis (Tabela 2), foi possível observar que o maior salto (0,27) ocorre entre os passos de agrupamento 29 e 30, que correspondem às distâncias de ligação 0,80 e 1,07 (Figura 22). A linha Fenon (linha de corte) foi traçada, então, entre essas duas distâncias, no valor médio de 0,93, como ilustrado no dendograma abaixo (Figura 22).



**Figura 22.** Gráfico das distâncias euclidianas nas quais os grupos foram formados ao longo dos passos de agrupamentos. Fonte: Elaborado pelo autor.



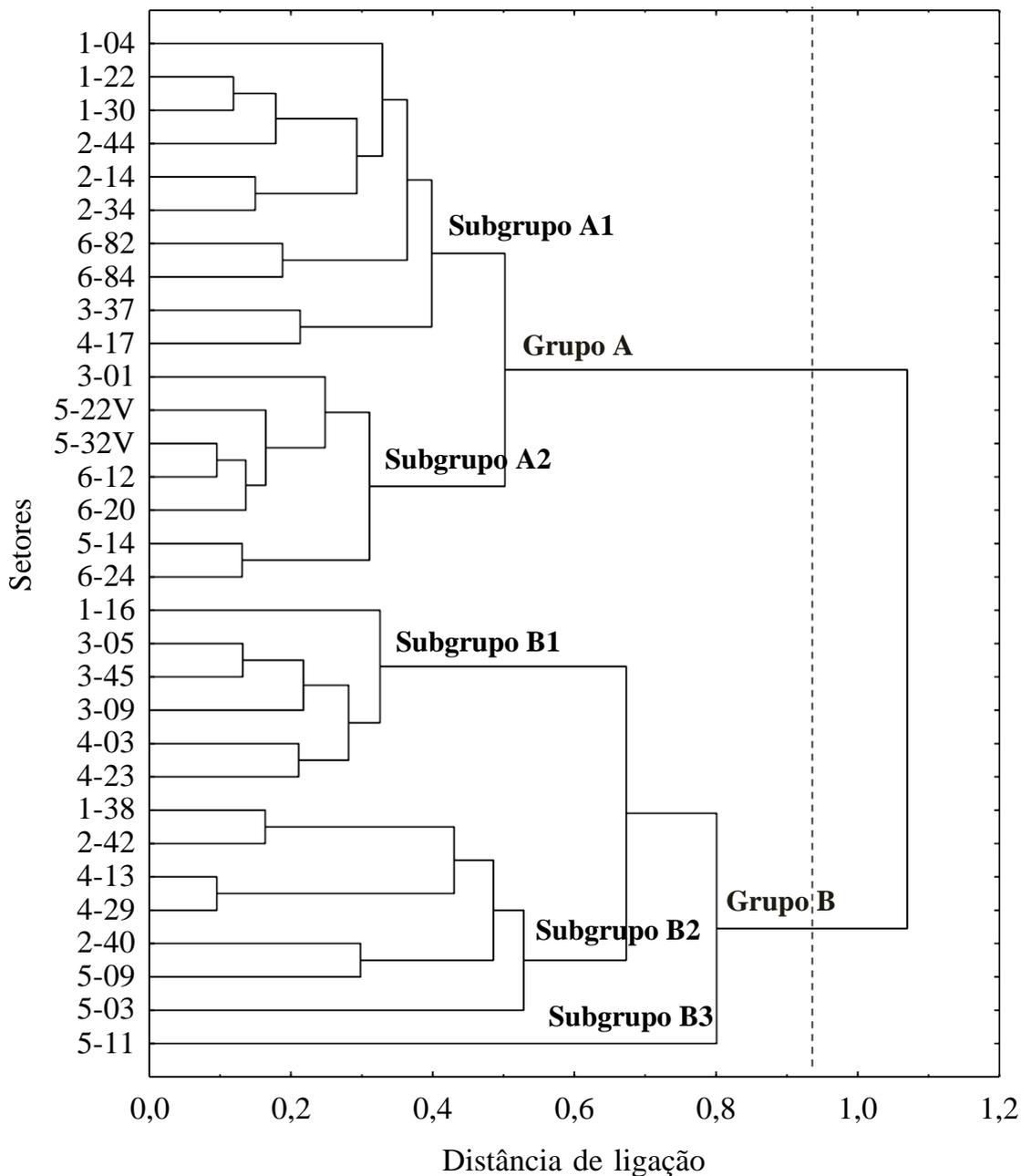
**Figura 23.** Linha Fenon do dendograma formado pela similaridade dos setores. Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 2.** Valores das distâncias de ligação ao longo dos passos de agrupamento.

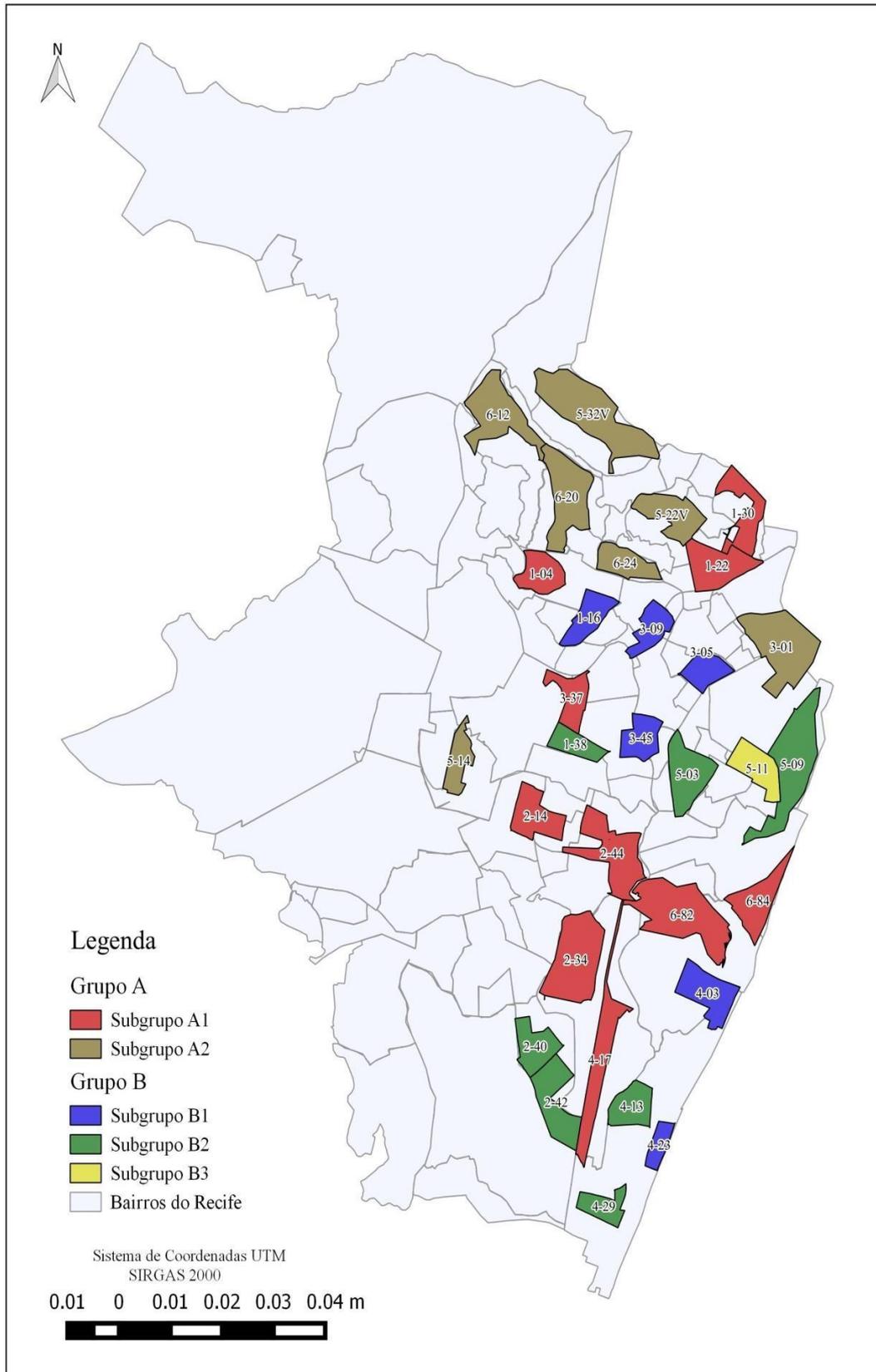
Distância de ligação	Agrupamentos										Valores dos saltos	
0,10	5-32V	6-12										0,00
0,10	4-13	4-29										0,00
0,12	1-22	1-30										0,02
0,13	5-14	6-24										0,01
0,13	3-05	3-45										0,00
0,14	5-32V	6-12	6-20									0,01
0,15	2-14	2-34										0,01
0,16	5-22V	5-32V	6-12	6-20								0,01
0,16	1-38	2-42										0,00
0,18	1-22	1-30	2-44									0,02
0,19	6-82	6-84										0,01
0,21	4-03	4-23										0,02
0,215	3-37	4-17										0,005
0,22	3-05	3-45	3-09									0,005
0,25	3-01	5-22V	5-32V	6-12	6-20							0,03
0,28	3-05	3-45	3-09	4-03	4-23							0,03
0,29	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34							0,01
0,30	2-40	5-09										0,01
0,31	3-01	5-22V	5-32V	6-12	6-20							0,01
0,32	1-16	3-05	3-45	3-09	4-03	4-23						0,01
0,33	1-04	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34						0,01
0,36	1-04	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34	6-82	6-84				0,03
0,40	1-04	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34	6-82	6-84	3-37	4-17		0,04
0,43	1-38	2-42	4,13	4-29								0,03
0,48	1-38	2-42	4-13	4-29	2-40	5-09						0,05
0,50	1-04	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34	6-82	6-84	3-37	4-17		0,02
	3-01	5-22V	5-32V	6-12	6-20	5-14	6-24					
0,53	1-38	2-42	4-13	4-29	2-40	5-09	5-03					0,03
0,67	1-16	3-05	3-45	3-09	4-03	4-23	1-38	2-42	4-13	4-29		0,14
	2-40	5-09	5-03									
0,80	1-16	3-05	3-45	3-09	4-03	4-23	1-38	2-42	4-13	4-29		0,13
	2-40	5-09	5-03	5-11								
1,07	1-04	1-22	1-30	2-44	2-14	2-34	6-82	6-84	3-37	4-17		0,27
	3-01	5-22V	5-32V	6-12	6-20	5-14	6-24	1-16	3-05	3-45		
	3-09	4-03	4-23	1-38	2-42	4-13	4-29	2-40	5-03	5-11		

Fonte: Elaborado pelo autor

Na distância de ligação igual a 0,93 foi possível verificar a formação, a princípio, de dois agrupamentos (*cluster*) formados pelas características similares dos 31 setores de coleta de RSU da cidade de Recife (Figura 24). O primeiro *cluster* (Grupo A) deu origem a dois subgrupos bem definidos: A1 e A2, por outro lado, o segundo (Grupo B) foi constituído por três subgrupos: B1, B2 e B3 (Figura 25). O grupo A compreendeu 17 setores, enquanto o B abrangeu 14.



**Figura 24.** Dendrograma com os *clusters* por similaridade dos 31 setores de coleta de Recife. Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 25.** Setorização dos subgrupos gerados a partir da análise de agrupamento hierárquico. Fonte: Elaborado pelo autor.

O subgrupo A1 compreende os setores 1-04, 1-22, 1-30, 2-44, 2-14, 2-34, 6-82, 6-84, 3-37 e 4-17 e caracteriza-se por abranger bairros predominantemente de classe baixa, com características residenciais e presença de comércio formal e informal. Além disto, possuem geração *per capita* média de RSU em torno de 0,54 kg/hab.dia e produção expressiva de resíduos recicláveis (43,26%), seguido dos putrescíveis (32,77%) e dos outros resíduos (23,97%).

Diante da análise do dendograma e com relação a similaridade dos setores inseridos no subgrupo A1 (Figura 24), notou-se que as rotas 1-22 e 1-30, por apresentarem a menor distância euclidiana dentre as apresentadas pelos demais setores (Tabela 2), desfrutam de forte similaridade, a qual reflete por compreender bairros de classe social baixa, localizados na zona norte de Recife, com produção média de RSU por habitante em torno de 0,41 kg/hab.dia e maior geração de resíduos putrescíveis, com percentuais de 39,6. Além destes, os setores 2-14 e 2-34, 6-82 e 6-84, 3-37 e 4-17, também apresentaram características semelhantes, com distâncias euclidianas variando de 0,15 a 0,215.

Os setores 3-01, 5-22V, 5-32V, 6-12, 6-20, 5-14 e 6-24 estão inseridos no subgrupo A2 por desfrutarem de características semelhantes como bairros de baixa classe social, cuja renda mensal da população gira em torno de 147,80 reais, e caracterizado pela predominância de residências, estando localizados na região Norte/Noroeste da cidade do Recife. Notou-se que este subgrupo apresentou uma baixa produção de RSU pela população (0,44 kg/hab.dia), com percentuais bem equilibrados entre a quantidade de resíduos putrescíveis (37,41) e recicláveis (36,21).

Mediante o entendimento da representação gráfica do *cluster* A2 (Figura 24), foi observado que os setores 5-32V e 6-12 obtiveram traços de similaridade mais forte do estudo, com distância euclidiana de 0,10. Os bairros presentes nestes setores (Dois Unidos, Beberibe, Linha do Tiro, Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba) são tipicamente de baixo poder aquisitivo, com renda *per capita* mensal inferior a 153,00 reais, com predominância de residenciais simples, presença de comércio informal e de pequeno porte, baixa geração *per capita* (0,34 kg/hab.dia) e destaque para a produção de resíduos putrescíveis, com valores em torno de 40%. Além destes, as rotas 5-14 e 6-24 seguiu a mesma lógica supracitada, com distância euclidiana de 0,13.

O subgrupo B1, formado pelas rotas 1-16, 3-05, 3-45, 3-09, 4-03 e 4-23, compreende os bairros de classe alta, cuja renda mensal da população é superior a R\$ 1.900, localizando-se nas áreas nobres da cidade do Recife. Por caracterizar-se como

um *cluster* de alto poder aquisitivo, tende a um quantitativo de resíduo sólido mais elevado, como mencionado por Campos (2012). Desta forma, a geração *per capita* média dos setores foi de 0,89 kg/hab.dia, com destaque para os resíduos recicláveis, com percentual próximo a 45%. Esta realidade já vem sendo observada por diversos estudiosos, como Campos et al. (2012) e Jucá et al. (2014), ao verificarem que nos setores com o predomínio de famílias com forte potencial econômico ocorre uma maior incidência de material com potencial reciclável, como plástico, papel, metal e vidro.

Neste sentido, os setores 3-05 e 3-45 (distância euclidiana de 0,13) apresentaram maior similaridade quando comparado às rotas 4-03 e 4-23, cuja distância de ligação foi de 0,21. Estes setores compreendem bairros localizados nas áreas mais privilegiadas e de constante ascensão econômica da capital pernambucana. Por outro lado, o setor 1-16 deteve a maior distância euclidiana do subgrupo B1 (0,32), por apresentar características que destoam dos demais, como maior renda *per capita* (R\$ 2.034,18), maior porcentagem de resíduos recicláveis (57,78) e menor geração de RSU por habitante (0,72 kg/hab.dia). Este cenário pode estar atrelado, dentre outros, ao nível de instrução da população residente, implicando no consumo sustentável e redução da quantidade de RSU gerado, fato semelhante à realidade do Japão (MOEJ, 2011).

As rotas integrantes do subgrupo B2, a saber: 1-38, 2-42, 4-13, 4-29, 2-40, 5-09 e 5-03, abrangem bairros de classe média, com renda *per capita* mensal de R\$ 737,37. Por estarem inseridos num contexto com atividade comercial bem aquecida e estruturada, os setores 5-03 e 5-09, marcados pela presença de bairros como Boa Vista e Recife (centro), contribuíram na expressiva geração de RSU por habitante, com valor de aproximadamente 1,00 kg/hab.dia. Outro aspecto observado esteve relacionado com a tipologia do resíduo gerado, desta forma, notou-se que a quantidade de materiais potencialmente recicláveis (41,36%) foi superior aos respectivos valores de resíduos putrescíveis e outros resíduos, 37,64% e 21%. Esta realidade é explicada devido a tendência para o consumo de produtos mais industrializados, como mencionado por Oliveira et al. (2015).

Quanto ao grau de similaridade do subgrupo B2, os setores 4-13 e 4-29, os quais abrangem áreas distintas do bairro de Boa Viagem, apresentaram a mais forte correlação do estudo, com distância euclidiana de 0,10. Esta realidade pode ser explicada devido às semelhanças geográfica (localizadas na região sul do Recife), de geração *per capita* de RSU (0,71 kg/hab.dia para ambas as áreas) e predominância na produção de resíduos recicláveis (47,17 e 46,66, respectivamente). Além destas, outras rotas também tiveram

características similares, como 1-38 e 2-42, e, 2-40 e 5-09, porém com graus distintos, os quais podem ser elucidados em suas distâncias euclidianas de 0,16 e 0,30, respectivamente. Por outro lado, o setor 5-03 não apresentou forte correlação com os demais, em decorrência da estrita característica comercial, singularidade marcante na quantidade (1,53 kg/hab.dia) e tipologia (aproximadamente 42% de recicláveis) do resíduo gerado.

O subgrupo B3, diferente dos demais, foi estruturado com a presença de um único setor (5-11), o qual compreende os bairros de Santo Amaro e Boa Vista. Esta particularidade esteve atrelada a elevada geração *per capita* setorial, com valores próximos a 3,20 kg/hab.dia, sendo reflexo do forte e difundido comércio realizado nessas áreas. Caracterizado como um *cluster* de classe média, com renda *per capita* em torno de R\$ 900,00, tem sua localização na região central da cidade do Recife, e divergente dos demais setores comerciais estudados, como exemplo o 5-03 e 5-09, por apresentar percentuais equilibrados para a quantidade de resíduos recicláveis e putrescíveis gerados, com valores de 45,56% e 43,43%, respectivamente.

Outra característica observada neste subgrupo foi relacionada à distância euclidiana do setor 5-11 com os demais, sendo o afastamento de 0,80. Desta forma, diante da análise das peculiaridades das rotas, nota-se que a expressiva produção de resíduos por habitante apresentada por este setor e os similares percentuais de resíduos recicláveis e putrescíveis foram elencados como os principais indicativos de singularidade do subgrupo. Esta lógica pode estar relacionada pela presença de estabelecimentos comerciais de diversos ramos, inclusive do ramo alimentício, gerando, portanto, além de resíduos sólidos de natureza orgânica, materiais potencialmente recicláveis, orientado pela aquisição de produtos industrializados, como menciona Silva, Barbieri e Monte-Mór (2012).

Desta forma, a setorização das rotas de coleta de RSU pela análise de agrupamento hierárquico, a partir do detalhamento de indicadores gerenciais elencados, pode ser um viés para a elaboração de modelos gerenciais de resíduos sólidos que atendam a realidade apresentada. Este instrumento pode nortear o entendimento dos gestores municipais das peculiaridades dos setores e fornecer subsídios técnicos e operacionais sustentáveis.

*Conclusões e Recomendações*

---

**CAPÍTULO V**

As conclusões observadas na pesquisa, assim como as recomendações de futuras pesquisas estão estruturadas sob a forma de tópicos, e organizadas de acordo com a lógica modular estabelecida na pesquisa.

### **5.1. Módulo I: Avaliação do modelo de gestão dos RSU da cidade de Recife/PE**

- A cidade do Recife, quanto à coleta convencional dos RSU, apresentou uma ótima cobertura de alcance dos serviços de coleta dos RSU, estando enquadrada como universalizada, porém os demais serviços são ofertados de forma incipiente;
- O modelo gerencial estabelecido no município não foi estruturado para atender as peculiaridades socioeconômica e ambiental dos bairros inseridos;
- Embora a cidade do Recife apresente políticas públicas de redução para a geração de RSU, os instrumentos para sua aplicabilidade são inexistentes/ineficientes. Quanto às práticas de reciclagem, o atendimento deste serviço é considerado como muito baixo;
- Os programas de coleta seletiva realizados no Recife apresentam-se como são pontuais, limitados e ineficientes para a população urbana, embora a Cidade apresente um grande potencial de expansão, através da amplitude do índice de aproveitamento dos materiais recicláveis e orgânicos;
- As ações de educação ambiental desenvolvidas em Recife são incipientes e limitantes quanto ao despertar e empoderamento da população recifense com a gestão dos RSU;
- A inserção dos catadores de matérias recicláveis nos programa de coleta seletiva em Recife apresenta-se como sem amplitude, uma vez que o maior quantitativo destes trabalhadores não está vinculado às indústrias de reciclagem;
- O modelo de gestão de resíduos sólidos em Recife não prioriza a valorização mássica e energética dos resíduos recicláveis e orgânicos, com limitação na adoção de múltiplas rotas tecnológicas, sendo o aterro sanitário a forma predominante de tratamento e disposição;
- A disposição final ambientalmente correta dos rejeitos da capital pernambucana é inexistente, já que todos os RSU coletados são dispostos em aterro sanitário como tal. Além de não dispor de mecanismos de controle/fiscalização ou

aplicação de multas para práticas de disposição inadequadas dos diversos gerados dos resíduos.

## **5.2. Módulo II: Análise multivariada dos indicadores gerenciais nos setores de coleta de resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife.**

- Os setores apresentaram características distintas quanto aos resultados de população, renda, geração e composição gravimétrica dos RSU, devido as especificidades socioeconômica e ambiental de cada rota, como número de bairros inseridos, localização geográfica, classe social, característica residencial e/ou comercial, dentre outras;
- O quantitativo populacional dos setores foi influenciado pela delimitação da área da rota de coleta dos resíduos sólidos, pela localização geográfica e número de bairros inseridos no setor;
- Os indicadores renda domiciliar e *per capita* interferem na geração *per capita* de RSU dos 31 setores de coleta da cidade de Recife. Desta forma, os setores de maior poder aquisitivo apresentou uma maior produção de resíduos por habitante. Entretanto, Os setores essencialmente comerciais apresentaram percentuais de geração *per capita* de RSU maiores do que os de poder aquisitivo;
- A maioria dos 31 setores estudados apresentaram valores mais expressivos de resíduos potencialmente recicláveis frente aos putrescíveis, reflexo de uma economia pautada no crescente consumo de produtos industrializados e facilmente descartáveis;
- Os dados obtidos pelos indicadores apresentaram grande variabilidade, estando atrelado aos distintos cenários socioeconômico e ambiental dos setores de coleta;
- Os indicadores renda e geração *per capita* apresentaram forte correlação positiva entre si, em detrimento da correlação negativa com os dados populacionais, ficando claro que este parâmetro apresentou fraca influência nos aspectos quantitativos e qualitativos dos RSU gerados nos setores;
- A classe social do setor implica na tipologia do RSU produzido, inclusive em seus percentuais de frações recicláveis e/ou putrescíveis;

- A análise do agrupamento hierárquico setorizou as rotas de coleta em cinco subgrupos com perfis similares entre si, porém distinto com os demais, Sendo um importante instrumento para o estabelecimento de modelos setoriais de gestão de RSU que busque o entendimento das particularidades analisadas.

### **5.3. Recomendações para futuras pesquisas**

- Realizar uma análise multivariada com outros indicadores socioeconômicos, além dos citados na pesquisa, como escolaridade, faixa etária, Produto Interno Bruto (PIB), cultura da população, dentre outros;
- Propor modelos de gestão de RSU a partir da similaridade dos clusters nos setores de coleta da cidade de Recife;
- Realizar um estudo econométrico dos modelos gerenciais de RSU a partir da análise multivariada dos setores de coleta de Recife;
- Propor um método analítico para elaboração de modelos de gestão de RSU por meio de indicadores socioeconômicos e ambientais, utilizando técnicas multivariadas;
- Propor um modelo analítico de gestão de RSU para consórcios públicos, baseado no estudo de indicadores socioeconômicos e ambientais e analisados por técnicas multivariadas.

## *Referências*

---

ALCÂNTARA, P. B. Avaliação da influência da composição dos resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, 2007.

ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F. Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

ANDRADE, R. M.; FERREIRA, J. A. A gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. Revista Eletrônica do PRODEMA. v. 6. nº 1. Fortaleza, 2011. p. 7-22. ISSN 1982-5528.

ARAGÃO, Maria Alexandre de Sousa. O princípio do nível elevado de proteção e a renovação ecológica do Direito do Ambiente e dos Resíduos. Coimbra: Ed. Almedina. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2011. 184 p. 2011.

\_\_\_\_\_. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2012. 114 p. 2012.

\_\_\_\_\_. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2013. 208 p. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10007: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 2004b. 14 p.

\_\_\_\_\_. NBR 15.849. Dispõe de diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterro sanitário. 2010.

\_\_\_\_\_. NBR 14724. Informação e documentação, trabalhos acadêmicos e apresentação. 3 ed. São Paulo: ABNT. 2011.

BARI, M. L.; ROSA, M. J. A.; PINTO, A. C. Gestão de resíduos nos estados/municípios brasileiros: avaliação e análise dos procedimentos para a escolha do modelo de gestão ambiental. In: X Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Vitória: ES, 2013.

BARTELMUS, P. Environmental accounting and material flow analysis. In: AYRES, R. U.; AYRES, L. W. (Org.) A Handbook of Industrial Ecology. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2002. Cap. 14, p. 186-197.

BEHRENS O Paradigma Emergente e a Prática Pedagógica. 3.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

BESSEN, G. R. *Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. SP, 2011. 275p.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Brasília, DF, 1981. Disponível em: <  
[http://pm.al.gov.br/bpa/documentacao/lei\\_fed\\_6938.pdf](http://pm.al.gov.br/bpa/documentacao/lei_fed_6938.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, 1988. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, e da outras providências. Brasília, DF, 1990. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/antigos/d99274.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm)>. Acesso em 19 agosto de 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <  
<http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/lei9795.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto 4.281, de 25 de junho de 2002. Regulamenta a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4281.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4281.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Dimensionamento das necessidades de investimento para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades, 2003.

\_\_\_\_\_. Lei 11.079, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública.. Brasília, DF, 2004. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 11.107, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília, DF, 2007a. Disponível em: <  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto 6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF, 2007b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto 7.217, de 21 de junho de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Brasília, DF, 2007c. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6017.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6017.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2h010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/2h010/Lei/L12305.htm)>. Acesso em: 07 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. 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.. Brasília, DF, 2010b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão preliminar para consulta pública. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2015.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. Elementos de amostragem. 2 reimpressão. São Paulo: Blucher, 2011.

CALLEGARI-JAQUES, S. M. Bioestatística: princípios e aplicações. 6º ed. São Paulo: Artmed, 2008. 255p.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CAPRA, F. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix. 1996. 256p.

\_\_\_\_\_. O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. São Paulo: Cultrix, 2006. 447 p.

CARDOSO, M. S. O. Avaliação da qualidade do solo cultivado com cana-de-açúcar e de fragmentos de floresta atlântica por meio de índices ecológicos e atividade metabólica de nematoides. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014. p. 104.

CARVALHO, Ciara; BARBOSA, Marina. Lixo não é problema só do governo. É de todos. *Jornal do Comércio*. Recife, 09 nov. 2013. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2013/11/09/lixo-nao-e-problema-so-do-governo-e-de-todos-104765.php>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

CARVALHO JÚNIOR, F. H. Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza-CE. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de atuação: Saneamento Ambiental. Fortaleza, CE, 2013.

CAVALCANTI, H.; LYRA, M. R. B.; AVELINO, E. Mosaico urbano do Recife: Inclusão/Exclusão Socioambiental. Editora: Massangana, 2008.

CAVALCANTI, M. F.; PAULA, V. A. F. Teoria geral de sistemas. In: MARTINELLI, D. P.; VENTURA, C. A. A.; LIBONI, L. B.; MARTINS, T. M. (Orgs.) Teoria geral dos sistemas. São Paulo: Saraiva, 2012. 241 p.

CENSUS BUREAU. Statistic dates of united States. 2014. Disponível em: <<https://www.census.gov/econ/index.html>>. Acesso em: 19 de outubro de 2015.

COMISSÃO EUROPEIA (EC). Diretiva 2008/98/EC. Dispõe sobre os conceitos básicos e definições relativas a gestão dos resíduos sólidos. 2008. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>>. Acesso em 08 de maio de 2015.

COMLURB. Caracterização gravimétrica e microbiológica dos resíduos sólidos domiciliares do Município do Rio de Janeiro – 2009. Centro de Informações Técnicas – CITE da COMLURB, Rio de Janeiro, 2009.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 3. ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS (CNI). Retratos da sociedade brasileira – Perfil do consumidor brasileiro. Ano 4, n° 21. São Paulo, 2014. ISSN 2317-7012.

COSTA, B. S. Universalização do saneamento básico: utopia ou realidade. A efetivação do capital social na política pública do saneamento básico. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, SC, 2010.

COSTA, S. L. Aspectos jurídicos e ambientais da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Aracaju. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente. São Cristóvão, SE, 2011.

COSTA, L. E. B. et al. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidauana*, v. 3, n. 2, p. 73-90, 2012.

CUNHA, V. CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não linear de programação por metas. *Revista Gestão e Produção*. V. 9, n. 2, p.143-161, 2002.

DIÁRIO DA REPÚBLICA PORTUGUESA. Portaria nº 851/2009. Norma portuguesa que estabeleci a padronização da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos. 1º Série, nº 152, 7 de agosto de 2009.

DIAS, D. M. Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. vol. 17. Nº 3. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522012000300009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522012000300009&script=sci_arttext)>. Acesso em: 29 de julho de 2015.

EL-DEIR, S. G. et al. Gestão ambiental em micro e pequenas empresas: uma proposta metodológica. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE EMPREENDEDORISMO E

GESTÃO DE PEQUENAS EMPRESAS, 6., 2010, Recife. Anais do VI Encontro de estudos sobre empreendedorismo e gestão de pequenas empresas. Recife: EGEPE, 2010, p.1-15.

EL-DEIR et al. Responsabilidade social corporativa em comunidades rurais, estudo de caso das ações do Gampe/UFRPE. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, 2010. Disponível em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TN\\_STP\\_123\\_794\\_16788.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_123_794_16788.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. A transdisciplinaridade na extensão rural. In: EL-DEIR, S. G.. (Org.). Educação ambiental no semiárido; propostas metodológicas de extensão rural. 1ed.Recife (PE): Edufrpe, 2012, v. 1, p. 181-204.

\_\_\_\_\_. Educação ambiental no semiárido: propostas metodológicas de extensão rural. Soraya Giovanetti El-Deir (org.). Recife: EDUFRPE, 2012. 256p. ISBN: 978-85-7946-125-5.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oswer/publication.htm>>. Acesso em: 17 de janeiro de 2015.

EUROSTAT. Energy Statistics Database. 2011. Disponível em:<<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. Environmental Data Centre on Waste 2012. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. European Statistic. 2015. Disponível em:<<http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data/main-tables>>. Acesso em 19 de outubro de 2015.

FERRAZ, H.D.A. Associação da Ocorrência de Cianobactérias às Variações de Parâmetros de Qualidade da Água em Quatro Bacias Hidrográficas de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: MG 2012. P. 133.

FIRMO, A. L. B. Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, UFPE. 2013.

FREUND, J. E. Estatística aplicada: economia, administração e contabilidade. 11 ed. 2° impressão. Porto alegre: Bookman, 2009.

FUGII, G. M. Determinação de variáveis relevantes para proposição e avaliação de políticas públicas de gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo aplicado ao município de Curitiba. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Área de concentração: Tecnologia e Desenvolvimento. Curitiba, PR, 2014.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos no Brasil. Revista Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET). V. 8, n° 8, Santa Maria: RS. 2012. p. 1700-1712.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. Princípios de estatísticas em Ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2011.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. Coleta Seletiva: reciclando materiais, Reciclando valores. Polis: estudos, formação e assessoria em políticas sociais, n. 31, 1998.

HAIR, J. F. et al. Análise multivariada de dados. 5. ed. Porto Alegre, 2005.

HOTELLING, H. Analysis of a Complex of Statistical Variables Into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, volume 24, 1933. p. 417-441 and 498-520.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (IBAM). Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico 2010: resultados da amostra – rendimento para os municípios pernambucanos. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=26&idtema=108&codv=v10&search=pernambuco|recife|sintese-das-informacoes->>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Estimativa dos dados de Recife. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Síntese de Pernambuco. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Estimativa dos dados do Brasil. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 19 de outubro de 2015.

JANNUZZI, P. de M. Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações para a formulação e avaliação de Políticas Públicas e elaboração de estudos socioeconômicos. 4 ed. Campinas: Alínea, 2009.

JARDIM, F. A. et al. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 19, n° 3. 2014.

JUCÁ, J. F. T. et al. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. 1. ed. Recife: CCS Gráfica Editora Ltda., 2013. 186p.

\_\_\_\_\_. Estudo da geração e composição dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife. Relatório técnico. Versão final. Abril, 2014.

JURAS, I. A. G. M. Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema14/2012\\_1658.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema14/2012_1658.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

LEITE, L. O.; REZENDE, D. A. Modelo de gestão municipal baseado na utilização estratégica de recursos da tecnologia da informação para a gestão governamental: formatação do modelo e avaliação em um município. *Revista de Administração Pública*, 44(2), 2010. P. 459-493. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-76122010000200012>>. Acesso em 10 de agosto de 2015.

LEMOS, P. F. I. Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo. 2º. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012.

LIMA, J. D. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2001.

LIMA, D. G. G. A. A experiência da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos (GIRSU) no âmbito municipal do Estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Recife, PE, 2008. p. 171.

LIRIO, G. S. W.; SOUZA, A. M. Métodos multivariados: uma metodologia para avaliar a satisfação dos clientes da RBS-TV na região Noroeste do RS. In: 9th World Multi-conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando: USA, 2005.

MACHADO, P. A. L. Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo; MACHADO FILHO, José Valverde (Org.). Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos. Barueri: Manole, 2012. Cap. 2. p. 39-56.

MACIEL, F.J. Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado) - Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2009.

MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P. *O que é preciso saber sobre limpeza urbana*. Rio de Janeiro: Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <<http://www.resol.com.br>> e <<http://www.resol.com.br/cartilha>>. Acesso em: 20 jul. 2001.

MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*. v.7, n° 1. Curitiba: PR, 2015. ISBN 2175-3369. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692015000100091&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2175-33692015000100091&script=sci_arttext)>. Acesso em 10 de agosto de 2015.

MARIANO, M.O.H.; MACIEL, F.J.; FUCALE, JUCÁ. F.T.J.; BRITO, A.R. Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação do biogás no Aterro da Muribeca/PE. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, Recife, 2007.

MELO, L.A.; SAUTTER, K.D.; JANISSEK, P.R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14 n.4 p.551-558, 2009.

MENOS de 1% do lixo do Recife é separado para reciclagem. *TV Jornal*. Recife, 12 nov. 2013. Disponível em: <[http://tvjornal.ne10.uol.com.br/noticia/ultimas/2013/11/12/menos-de-1\\_porcento-do-lixo-do-recife-e-separado-para-reciclagem-10732.php](http://tvjornal.ne10.uol.com.br/noticia/ultimas/2013/11/12/menos-de-1_porcento-do-lixo-do-recife-e-separado-para-reciclagem-10732.php)>. Acesso em: 16 jun. 2013.

MESQUITA JÚNIOR, J. M. Gestão integrada de resíduos sólidos. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40p.

MOEJ. Establishing a sound material-cycle society: Milestone toward a sound material-cycle society through changes in business and life styles. *MOEJ Annual Report*. 82P. 2011.

MONTEIRO, W. R. Implementação da reengenharia de processos do negócio: estudos de caso de organizações no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. São Paulo, SP, 2003.

MORAES, M. C. O paradigma educacional emergente. Campinas: Papirus, 1997.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. Estatística básica. 7° ed. São Paulo: Saraiva, 2012. ISBN 978-85-02-13691-5.

NEDER, H. D. Estrutura do mercado de trabalho agrícola no Brasil: uma análise descritiva da evolução de suas categorias entre 1995 e 2006. In: Antonio Márcio Buainain, Cláudio Dedecca. (Org.). O Mercado de Trabalho Rural no Brasil Contemporâneo. 2008.

NETO, M. M. J. Estatística multivariada. Revista de Filosofia e Ensino. 2004. Disponível em: <[http://www.criticarede.com/cien\\_estatistica.html](http://www.criticarede.com/cien_estatistica.html)>. Acesso em: 9 maio 2004.

OLIVEIRA, L. R. G. et al., Geração *per capita* e composição dos RSU em diferentes setores de coleta da cidade do Recife, Pernambuco, Brasil. In: 9º Jornada Técnica Internacional de Resíduos. Vila do Castelo – PT, 2015.

OLIVEIRA FILHO, et al. Estudo da associação entre o PIB per capita e a quantidade de resíduos sólidos domiciliares coletados em Manaus – AM: Uma análise trimestral. In: XI Congresso Nacional de Resíduos Sólidos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasília, 2014.

O LIXO e o bom exemplo que vem da população. Jornal do Comércio. Recife, 11 nov. 2013. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2013/11/11/o-lixo-e-o-bom-exemplo-que-vem-da-populacao-104876.php>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

PARENTE, Claudia. Coleta seletiva do Recife é limitada e ineficiente. Jornal do Comércio. Recife, 12 dez. 2013. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2013/11/12/coleta-seletiva-do-recife-e-limitada-e-ineficiente-105012.php>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

PERNAMBUCO. Lei 12.008, de 01 de junho de 2001. Dispõe da Política Estadual de Resíduos Sólidos. PE, 2001. Disponível em: <[www.cprh.pe.gov.br/downloads/lei12008.doc](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/lei12008.doc)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Decreto 23.941, de 11 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei 12.008/2001. PE, 2002. Disponível em: <[www.cprh.pe.gov.br/downloads/decreto-23941.doc](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/decreto-23941.doc)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Diagnóstico Estadual de Resíduos Sólidos. Recife, PE, 2006.

\_\_\_\_\_. Lei 14.236, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. PE, 2010. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Recife, 2012. p.306.

\_\_\_\_\_. Estudos de concepção de coleta seletiva, tratamento e disposição em aterro sanitário: Região Metropolitana do Recife – RMR / Secretaria das Cidades. 1º ed. Recife: Caruzo. Jr., 2014. ISBN: 978-85-68305-00-3.

PINHEIRO, T. S. M. Proposta de gestão integrada corporativa dos resíduos sólidos. Monografia. UFRPE. Recife – PE, 2010.

\_\_\_\_\_. Gestão Integrada Corporativa de Resíduos Sólidos, Estudo de Caso numa Empresa da Área de Transportes Urbanos. In: XII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA, 2010, São Paulo. Anais do XII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA, 2010.

PINZ, G. M. A responsabilidade ambiental pós-consumo e sua concretização na jurisprudência brasileira. Revista de Direito Ambiental, São Paulo: Revista dos Tribunais, n. 35, p. 153-213, 2012.

PROSAB. Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Armando Borges de Castilhos Junior (coordenador). Rio de Janeiro : ABES, RiMa, 2003, 294 p. ISBN 85-86552-70-4.

PUBLIC PRIVATE INFRASTRUCTURE ADVISORY FACILITY (PPIAF). Resíduos Sólidos Urbanos. 2007. Disponível em: <http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/publication/Brazil-Solidwaste-Portu.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

RECIFE. Lei municipal nº 16.298. Dispõe sobre as Regiões Político Administrativas do Município do Recife e dá outras providências. 1997. Disponível em:< <https://www.leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/1997/1630/16293/lei-ordinaria-n-16293-1997-dispoe-sobre-as-regioes-politico-administrativas-do-municipio-do-recife-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 15 maio de 2015.

RECIFE. Lei 13.535, de 26 de abril de 1979. Institui a empresa de obras públicas da cidade do Recife. Recife, PE, 1979. Disponível em:< <http://cm-recife.jusbrasil.com.br/legislacao/859679/lei-13535-79>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei 16.293, de 22 de janeiro de 1997. Dispõe sobre as Regiões Político-Administrativas do Município de Recife. Disponível em:< [www.recife.pe.gov.br/pr/leis/1629397.doc](http://www.recife.pe.gov.br/pr/leis/1629397.doc)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos – PGIRS do município do Recife. Plano de ação (Produto 1). Recife: BRENCORP – Consultoria, Meio Ambiente e Empreendimento, 2013.

\_\_\_\_\_. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos de Recife (PGIRS). Diagnóstico e análise da situação atual (Produto 2). Recife: BRENCORP – Consultoria, Meio Ambiente e Empreendimento, 2014.

REICHERT, G. A. Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação de ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos: o caso de Porto Alegre. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, RS, 2013.

RODRIGUES, W. C. Metodologia científica. Notas de aula. Paracambi, 2007. Disponível em: <[http://unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/metodologia\\_cientifica.pdf](http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

ROVER, A. Metodologia científica: educação a distância. Joaçara: UNOESC, 2006. p. 103

SAE. SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. 2014. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/>>. Acessado em: 21 de fevereiro de 2014.

SANTOS, J. V. A gestão dos resíduos sólidos urbanos: um desafio. Tese de Doutorado. São Paulo: Biblioteca Digital USP, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2134/tde-25082011-150523/pt-br.php>>. Acesso em: 3 nov. 2012.

SARMENTO, Wagner. Donos e reféns do lixo. Jornal do Comércio. Recife, 13 nov. 2013. Disponível em: <<http://m.jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2013/11/13/donos-e-refens-do-lixo-105178.php>>. Acesso em: 16 jun. 2015.

SILVA, H.; BARBIERI, A. F.; MONTE-MÓR, R. L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. Revista Brasileira de Estudos de População. V. 29, n° 2, São Paulo: 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982012000200012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982012000200012)>. Acesso em: 08 de agosto de 2015.

SILVA, Christian L. da; BASSI, Nádia S.S. Políticas públicas e desenvolvimento local. In: SILVA, Christian L. da. (Org). Políticas públicas e desenvolvimento local: instrumentos e proposições de análise para o Brasil. Petrópolis: Vozes, 2012.

SIMÃO FILHO, J. Pobreza e desigualdade de renda no Brasil: uma análise comparativa entre Lagoa e Rocinha. Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada. Vol. 4. N° 7. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/heera/files/2009/11/SIMAO-DESIGUALDADE-POBREZA-rocinhalagoa-AJUSTES-para-pdf1.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

SOARES, E. L. S. F. Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação (mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011. p. 150.

SOUZA, C. Políticas Públicas: Uma Revisão da Literatura. Sociologias (UFRGS), Porto Alegre, v. 8, n. 16, p. 20-45, 2006

SOUZA, S.C.I.S.; MANOEL, A. Economia brasileira e condições de vida e de trabalho da população - reações à crise internacional. Revista Economia & Tecnologia, vol. 7, n. 3, 2011.

STATISTIC BUREAU. *Statistic Japan*. 2015. Disponível em:<<http://www.stat.go.jp/english/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2015.

TCHOBANOGLIOUS, G. *Solid wastes: engineering principles and management issues*. Tokyo: McGraw-Hill, 1977.

VICINI, L. *Análise multivariada da teoria à prática*. Monografia (Especialização). Programa de Pós-graduação em Estatística da Universidade de Santa Maria. Santa Maria: RS, 2005. p. 215.

WHITE, P.R.; FRANKE, M.; HANDLE, P. *Integrated solid waste management: a life cycle inventory*. Gaithersburg: Aspen Publishers Inc. 1995. 362 p

## *Apêndice*

---







## *Anexos*

---

**Anexo 1.** Tabela-resumo dos dados de população, renda e geração de RSU nos setores de RSU.

<b>Setor</b>	<b>População</b>	<b>Renda média por domicílio (R\$)</b>	<b>Renda <i>per capita</i> (R\$)</b>	<b>Geração de RSU (ton/mês)</b>	<b>Geração per capita de RSU (kg/hab.dia)</b>
<b>1-04</b>	14320,80	1037,66	318,16	206,76	0,48
<b>1-16</b>	11037,52	6429,93	2156,23	230,01	0,69
<b>1-22</b>	16486,08	1157,15	349,36	205,70	0,42
<b>1-30</b>	16355,04	1066,99	313,67	181,64	0,37
<b>1-38</b>	11340,16	1630,55	515,15	184,42	0,54
<b>2-14</b>	17447,04	1457,43	437,51	259,66	0,50
<b>2-34</b>	19336,72	1631,91	492,21	225,52	0,39
<b>2-40</b>	7109,44	1872,10	556,21	208,79	0,98
<b>2-42</b>	9895,60	1674,79	555,50	203,24	0,68
<b>2-44</b>	17858,88	932,34	291,50	232,92	0,43
<b>3-01</b>	25996,88	797,38	228,56	258,76	0,33
<b>3-05</b>	10818,08	4734,09	1678,46	259,35	0,80
<b>3-09</b>	12820,08	6348,62	2072,94	287,82	0,75
<b>3-37</b>	12432,16	1114,29	343,31	269,32	0,72
<b>3-45</b>	9087,52	5408,31	1855,59	219,28	0,80
<b>4-03</b>	6910,80	6355,14	2281,92	228,63	1,10
<b>4-13</b>	10874,24	2923,08	985,45	222,37	0,68
<b>4-17</b>	11078,08	873,79	272,34	293,37	0,88
<b>4-23</b>	9012,64	5642,90	2086,95	271,32	1,00
<b>4-29</b>	11112,40	3397,48	1127,19	226,55	0,68
<b>5-03</b>	10020,40	2685,11	1029,73	441,73	1,47
<b>5-09</b>	5340,40	1881,56	702,06	261,21	1,63
<b>5-11</b>	4083,04	2275,47	955,16	373,95	3,05
<b>5-14</b>	19856,72	582,99	168,67	348,53	0,59
<b>5-22V</b>	22919,52	591,53	167,27	280,68	0,41
<b>5-32V</b>	26667,68	563,23	161,75	263,64	0,33
<b>6-12</b>	29854,24	554,03	162,10	295,07	0,33
<b>6-20</b>	29280,16	615,79	179,59	339,12	0,39
<b>6-24</b>	18910,32	656,83	190,44	325,55	0,57
<b>6-82</b>	23034,96	870,34	273,41	317,39	0,46
<b>6-84</b>	22818,64	950,98	286,49	362,68	0,53

**Anexo 2.** Quadro com as categorias e subcategorias dos RSU.

<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>
<b>Bio-resíduos<sup>(*)</sup></b>	Resíduos alimentares
	Resíduos de jardim
	Outros resíduos putrescíveis
<b>Papel/cartão</b>	Resíduos de embalagens de papel/cartão
	Jornais e revistas
	Outros resíduos de papel/cartão
<b>Plástico</b>	Resíduos de embalagens em filme de PE
	Resíduos de embalagens rígidas em PET
	Resíduos de embalagens rígidas em PEAD
	Resíduos de embalagens rígidas em EPS
	Outros resíduos de embalagens de plástico
	Outros resíduos de plástico
<b>Vidro</b>	Resíduos de embalagens de vidro
	Outros resíduos de vidro
<b>Compósitos</b>	Resíduos de embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL)
	Outros resíduos de embalagens compósitas
	Pequenos aparelhos eletrodomésticos
	Outros resíduos compósitos
<b>Têxteis</b>	Resíduos de embalagens têxteis
	Outros resíduos têxteis
<b>Têxteis sanitários</b>	Resíduos têxteis sanitários
<b>Metais</b>	Resíduos de embalagens ferrosas
	Resíduos de embalagens não ferrosas
	Outros resíduos ferrosos
	Outros resíduos metálicos
<b>Madeira</b>	Resíduos de embalagens de madeira
	Outros resíduos de madeira
<b>Resíduos perigosos</b>	Produtos químicos
	Tubos fluorescentes e lâmpadas de baixo consumo
	Pilhas e acumuladores
	Outros resíduos perigosos
<b>Outros resíduos</b>	Outros resíduos de embalagens
	Outros resíduos não embalagens

<sup>(\*)</sup> Consideram-se bio-resíduos os resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidade de *catering* e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos.

Fonte: Diário da República Portuguesa (2009).