

III-009 – GERAÇÃO *PER CAPITA* E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM DIFERENTES SETORES DE COLETA DA CIDADE DE RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL

Laís Roberta Galdino de Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre e Doutoranda em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos.

Rodrigo Cândido Passos da Silva

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre e Doutorando em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos.

Ericka Patrícia Lima de Brito

Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco. Engenheira Química e Mestranda em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos.

Alessandra Lee Barbosa Firmo

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Tecnóloga em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Pernambuco. Mestre e Doutora em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

José Fernando Thomé Jucá

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid. Pós Doutor pela Universidade de São Paulo. Professor da Universidade Federal de Pernambuco. Integrante de Grupo de Resíduos Sólidos. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 - Brasil - Tel: (81) 2126-7215 - e-mail: laisgaldino@gmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) possuem, em sua formação, diversos componentes com características diversificadas que quando destinados de forma adequada poderão apresentar vantagens econômicas e mitigar os problemas ambientais. A aceleração do desenvolvimento industrial vem refletindo em altos índices de geração e descarte dos RSU, principalmente em materiais não degradáveis como os plásticos. Neste sentido, este trabalho consistiu na análise de dois setores da cidade do Recife, analisando além dos dados qualitativos, a composição gravimétrica de cada setor.

PALAVRAS-CHAVE: Setores de coleta, Resíduos sólidos urbanos, Geração, Composição.

INTRODUÇÃO

A produção *per capita* dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de uma comunidade é a relação entre a quantidade de resíduos produzidos e a população da região. Esta análise, aliada aos parâmetros de demografia, poder aquisitivo da população, nível cultural, nível educacional, dentre outros, podem alterar substancialmente a geração *per capita* dos RSU, permitindo a utilização sua utilização como um indicador socioeconômico, tanto por sua quantidade, como também pela sua composição (CAMPOS, 2012). No Brasil, a geração de RSU tem registrado considerável elevação, incrementada pela crescente urbanização. Em cidades com maior concentração populacional, as médias de geração superam 1,2 kg/hab.dia, quantidade esta equivalente à verificada nos países desenvolvidos (DIAS et al., 2012; JUCÁ et al., 2014).

No que diz respeito à composição dos resíduos descartados, a incidência de produtos industrializados é fortemente observada em âmbito mundial, o que amplia a geração da quantidade de resíduos recicláveis oriundos de embalagens desses produtos. Em contrapartida, em regiões com um menor índice de desenvolvimento observa-se uma maior geração de resíduos putrescíveis.

Estudos visando à obtenção de resultados sobre a composição dos resíduos em municípios de grande porte sugere uma subdivisão por bairros ou setores, visto que tal informação pode viabilizar alternativas tecnológicas de tratamento e ainda analisar ações inseridas no local de disposição final de resíduos sólidos, atendendo à realidade de cada situação (ALCÂNTARA, 2007).

Diante desta permissão, este estudo visa analisar e comparar dados referentes a geração *per capita* e a composição dos RSU produzidos em diferentes setores de coleta da cidade do Recife –PE, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi caracterizado como uma pesquisa exploratória (RODRIGUES, 2007) e quantitativa (BOLFARINE & BUSSAB, 2011), pois foram utilizados dados métricos na perspectiva de extrair o máximo de informações para uma maior familiaridade com o problema. O diagnóstico foi realizado por meio de levantamento de dados secundários, oriundos dos setores censitários e com base nos chamados “Resultados do Universo” disponíveis no último Recenseamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

De acordo com o IBGE (2011), por convenção, são denominados de Resultados do Universo os dados dos setores censitários que compreendem características dos domicílios particulares e das pessoas que foram investigadas para a totalidade da população, obtidos através de questionários básicos e de amostras utilizadas para o levantamento do Recenseamento Demográfico 2010. Estes resultados estão disponibilizados na página eletrônica do IBGE em tabelas nos formato xls (compactadas), ods (compactadas) e pdf sobre domicílios, renda, alfabetização, raça, sexo, idade, gênero, relação de parentesco, cor, entre outros.

Já o setor censitário consiste na menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País (IBGE, 2011). A adoção de setores censitários como fonte exploratória dos dados surgiu em virtude de ser à alternativa mais adequada para a busca de dados socioeconômicos aproximados nas dimensões de setores de coleta de resíduos sólidos.

A coleta das informações socioeconômicas ocorreu mediante o aporte da técnica de filtração, no qual foram prioritariamente identificadas as áreas dos setores censitários correspondentes aos setores de coleta dos resíduos sólidos de interesse, possibilitando assim a obtenção dos microdados necessários para o desenvolvimento deste trabalho. Segundo Silva (2015), os setores ou rotas de coleta de resíduos sólidos são micro áreas que compreendem bairros, de forma parcial ou total, na qual passam caminhões coletores de resíduos sólidos realizando a atividade de coleta e limpeza urbana. Neste sentido, foram selecionados dois setores de coleta, intitulados como Setor 1 e 2. Os parâmetros avaliados nos setores foram população, densidade demográfica e renda.

Após levantamento dos dados censitários, foram obtidos às informações relativas à geração de resíduos *per capita* dos setores selecionados. Estes dados foram obtidos por intermédio dos resultados de geração total de resíduos coletados no setor no ano de 2013, informação obtida pela Vital Engenharia (empresa responsável pela coleta dos resíduos sólidos no setor), e dados estimados da população dos setores referente ao ano de 2013. O cálculo foi realizado por meio da Equação 1.

$$GPC = GT / Pop$$

equação (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.).

O estudo da composição gravimétrica dos dois setores de coleta foi realizado no Aterro Sanitário CTR Candeias, localizado no município de Jaboatão, em novembro de 2013. O estudo gravimétrico ou composição gravimétrica dos resíduos sólidos consiste na determinação tipológica, em termos de massa, de uma amostra de resíduos sólidos e de suas respectivas percentagens em peso.

A gravimetria dos resíduos sólidos foi realizada conforme os preceitos da técnica do quarteamento, seguindo a metodologia da NBR 10.007 (ABNT, 2004), assim como foi adotado por Mariano et al. (2007), Firmo (2013) e Silva (2015). O quarteamento consiste na seleção de uma amostra homogênea e representativa de resíduo, por meio da 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.

A amostragem dos resíduos sólidos foi realizada conforme as etapas apresentadas na Figura 1. O estudo tipológico foi realizado com base na legislação portuguesa (DIÁRIO DA REPÚBLICA PORTUGUESA, 2009), a qual é aplicada para a Comunidade Europeia, com pequena adaptação à realidade brasileira, em virtude da inexistência de um modelo metodológico padrão para esta categorização. Assim, neste estudo, os resíduos foram qualificados em 21 tipos de materiais: (1) resíduos alimentares; (2) resíduos de jardim; (3) papel/papelão; (4) jornal/revista; (5) plástico filme; (6) PET; (7) PEAD; (8) PVC; (9) PP; (10) PEBD; (11) outros plásticos; (12) isopor; (13) compósitos; (14) têxtil; (15) sanitários; (16) metal; (17) vidro; (18) borracha/couro; (19) madeira/coco; (20) resíduos perigosos; (21) outros resíduos.

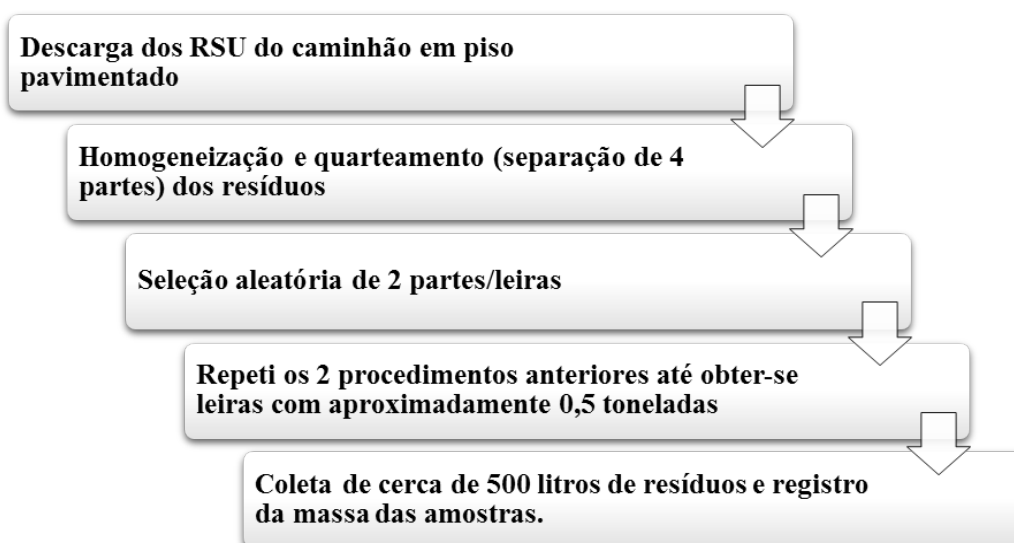


Figura 1: Fluxograma da metodologia de caracterização dos resíduos por quarteamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os setores 1 e 2 apresentam característica socioeconômicas distintas, conforme pode ser observado na Tabela 1. Nota-se que os dados demográficos do setor 1 são inferiores aos do setor 2, compreendendo uma população quatro vezes menor e a metade da densidade demográfica, respectivamente. Silva (2015), ao estudar os indicadores socioeconômicos e ambientais de 31 setores de coleta de resíduos sólidos da cidade de Recife, elucida algumas razões para este cenário de distinção demográfica, como a delimitação das rotas, a localização geográfica e o número de bairros inseridos no setor.

Tabela 1: Dados socioeconômicos dos setores de coleta.

Parâmetro	Setor 1	Setor 2
População (hab)	6.645	25.642
Área (ha)	93,64	138
Densidade demográfica (hab/ha)	70,96	185,81
Renda média mensal (R\$)	5.995,00	531,35
Geração mensal de RSU (t/mês)	228,63	263,64
Geração per capita de RSU (kg/ha.dia)	1,15	0,34

Quanto à renda econômica, observa-se que o setor 1, com renda média mensal de aproximadamente R\$ 6.000,00, enquadra-se como setor de classe alta, por compreender bairros de elevada renda, ao passo que o setor 2, com renda de R\$ 531,35, como de classe baixa, de acordo com a classificação da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE, 2014).

No tocante a geração de resíduos sólidos, embora a geração mensal dos setores apresentarem valores próximos, a geração *per capita* do setor 1 foi três vezes superior ao setor 2, com valores respectivos de 1,15 e 0,34. Diante de uma análise mais aprofundada, nota-se uma relação direta entre a renda média mensal com a geração *per capita* de resíduos sólidos dos setores. Este fato vem sendo observado em pesquisas realizadas por Melo, Sautter e Janissek (2009), Carvalho Júnior (2013) e Jucá et al. (2014).

Segundo Campos (2012), a renda estimula o acesso e consumo da população aos produtos, razões que denotam um aumento da geração per capita dos resíduos sólidos. Ainda de acordo com Campinas (2012), o desenvolvimento econômico regional proporciona um aumento de aproximadamente 3,3% ao ano da quantidade de resíduos domiciliares descartados. Silva (2015), após realizar uma análise de correlação entre os indicadores renda e a geração *per capita*, observou que estes estabelecem uma forte correlação positiva e comportamento sintônico, estabelecendo uma relação direta entre si.

Quanto à composição gravimétrica dos resíduos sólidos (Figura 2), constatou-se que as frações de resíduos alimentares, papel/papelão e plástico filme foram as mais geradas no estudo, com valores respectivos de 31,47%, 15,65% e 15,46% (Setor 1) e 28,13%, 10,85% e 8,67% (setor 2). Ao passo que os resíduos perigosos, borracha/couro e jornal/revista apresentaram-se em menores percentuais.

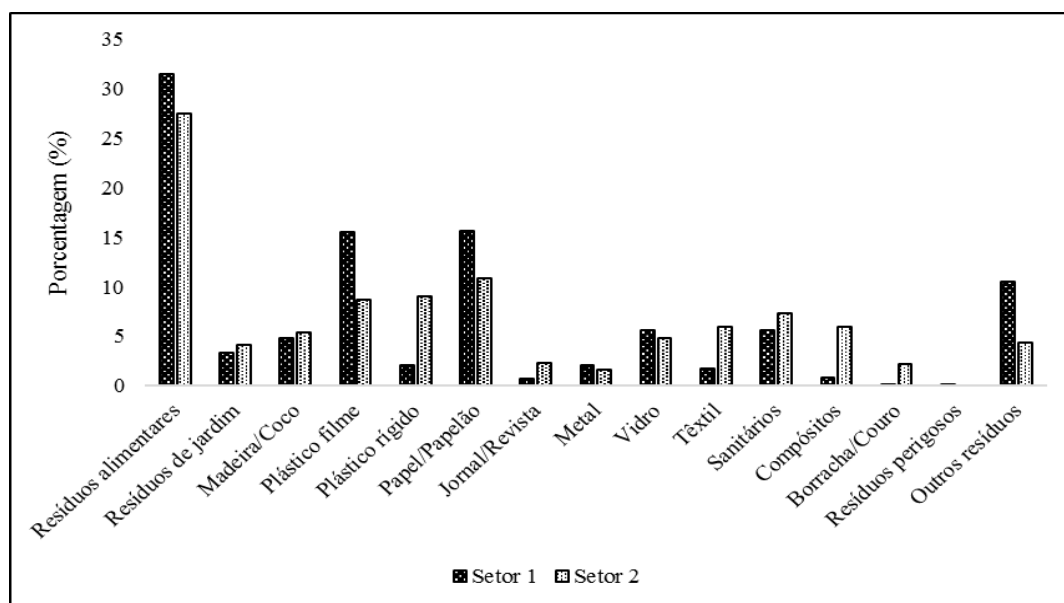


Figura 2: Composição gravimétrica dos RSU dos setores 1 e 2.

Observou-se que o Setor 1, o qual apresentou maior geração *per capita*, produziu maiores percentuais de materiais recicláveis (plásticos filme e rígido, papel/papelão, jornal/revista, metal e vidro), em detrimento aos

resíduos orgânicos (resíduos alimentares, de jardim e madeira/coco). A situação oposta foi observada no setor 2, que apresentou uma geração *per capita* menor. Esta lógica está atrelada ao consumo ascendente de alimentos e bebidas industrializadas (pronto ou semi-pronto) por parte do Setor 1, os quais compreendem diversos materiais recicláveis, principalmente presentes nas embalagens.

Cenário semelhante foi observado por Soares (2011) e Costa et al. (2012) ao afirmar que regiões de alto poder aquisitivo tendem a gerar maiores quantitativos de resíduos recicláveis, de modo análogo, regiões que apresentaram percentuais mais expressivos de matéria orgânica, geralmente compreendem bairros mais pobres.

Conforme Silva (2015), a relação renda e geração *per capita* com a composição gravimétrica dos RSU, subsidiam dois eixos interpretativos: (i) de independência, ficando evidente que a tipologia dos resíduos não influencia os fatores socioeconômicos, sendo considerados como variáveis independentes; e (ii) de dependência, no qual ficou constatado que a renda e a geração *per capita* dos RSU interfere e explica a gravimetria dos resíduos sólidos gerados, inclusive em seus percentuais de recicláveis e putrescíveis.

Também pode-se observar uma menor produção, em percentual, da material orgânica (nomeadas como resíduos alimentares e de jardim) nos setores estudados, em comparação com vários estudos, inclusive com o do Ipea (2010) apud Cempre (2013), que apresenta 51,4% de matéria orgânica. Indicando uma expansão de produtos industrializados não apenas em setores que contemplam uma população mais rica, como também em setores com uma menor produção *per capita* e baixa renda. Este é um indicativo de grande relevância, que aponta a necessidade do uso de técnicas como: coleta seletiva e triagem antes da chegada ao aterro, objetivando a reciclagem desses materiais, que por sua vez, poderão propiciar um retorno econômico, além da mitigação de problemas ambientais advindos do descarte inadequado destes materiais.

CONCLUSÕES

O poder aquisitivo, avaliado neste estudo através da renda média mensal, mostra-se um indicador socioeconômico bastante interessante, visto que se observa um crescimento no consumo de produtos e uma maior geração da quantidade de resíduos *per capita* em função do aumento da renda dos habitantes.

Com relação à composição dos resíduos, notou-se uma queda do percentual dos resíduos putrescíveis, comparado com estudos anteriores. Este resultado confirma a tendência da minimização de materiais orgânicos em detrimento de resíduos provenientes de um consumo de produtos mais industrializados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR-10007:2004 – Amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.
2. 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, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.
3. BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. Elementos de amostragem. 2 reimpressão. São Paulo: Blucher, 2011.
4. CAMPINAS. Plano de Gestão Integrada De Resíduos Sólidos do município de Campinas. Campinas, 2012. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/diagnostico_pgi_rsu_campinas.pdf>. Acesso em: 17 de setembro de 2015.
5. 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.
6. 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 de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013.
7. CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. CEMPRE Review 2013. 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2015.

8. 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*, Aquidabã, v.3, n.2, p.73-90, 2012.
9. 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. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.apambiente.pt%2Fcms%2Fview%2Fpage_doc.php%3Fid%3D146&ei=ih_qVKeLLIq0sATg3ICICw&usg=AFQjCNGhc_pQIF9652ZCepbfFleIgkXOLw&sig2=xcFYrL9w_HDoYxOBCNxO4Q>. Acesso em: 17 de setembro de 2015.
10. 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, n. 3. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522012000300009&script=sci_arttext>. Acesso em: 29 de julho de 2015.
11. FIRMO, A. L. B. Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010: Malhas Digitais. 2010. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/censo_2010/setores_censitarios/>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2014.
13. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoes_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf>. Acessado em: 03 de abril de 2016.
14. JUCÁ, J.F.T.; LIMA, J.D.; MARIANO, M.O.H.; FIRMO, A.L.B.; LUCENA, L.F.L.; ANDRADE LIMA, D.G.; SÁ, E.V.F.L. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Jaboatão dos Guararapes, 2014. Projeto GRS/FADE/UFPE/BNDES. ISBN 978-85-60917-36-5. 188p.
15. 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.
16. 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.
17. RODRIGUES, W. C. Metodologia científica. Notas de aula. Paracambi, 2007. Disponível em: <http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015.
18. SAE – SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. Classes de renda no Brasil - 2012. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/wp-content/uploads/classeMediaBrasil1.jpg>>. Acessado em: 2 de abril de 2016.
19. SILVA, R. C. P. 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. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco. Recife, 2015.
20. SOARES, E. L. S. F. Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.