

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM RECIFE, BRASIL

* Rodrigo Cândido Passos da Silva¹
Amanda Rodrigues Santos Costa¹
Soraya Giovanetti El-Deir²
José Fernando Thomé Jucá¹

CORRELATION BETWEEN HOUSEHOLDE SOLID WASTE INDICATORS IN RECIFE, BRAZIL

Recibido el 30 de mayo de 2019; Aceptado el 28 de octubre de 2019

Abstract

A search for waste management solutions is an ongoing challenge for municipal managers. Given the rising scenario of the generation of these materials, especially in urban areas, the need to create an integrated, participatory, viable management model that is appropriate to the reality of the municipality becomes indispensable. In this sense, the in-depth study of indicators related to the management of waste is presented as the basis for a proposal of management models that meet the socioeconomic and environmental characteristics of the destination region. This paper studies the correlation of four indicators: population, income, generation and gravimetric composition, in 31 sectors of household waste collection in the city of Recife, through Principal Component Analysis, looking for correlation analysis and listing the indicators, defined by the reality of the sectors. The results show a positive correlation between income and per capita generation of household hazardous waste, especially in the upper class and commercial economy areas of the city. In addition, it was found that population data establish a negative correlation pattern with solid waste generation. The identification of the most influential indicators in the auxiliary collection sectors or municipal manager, in the elaboration of sectoral models of waste management that seek or in the understanding of the socioeconomic particularities.

Keywords: solid waste management, collection sectors, indicators, principal component analysis, multivariate analysis.

¹ Centro de Geociências e Tecnologias, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

² Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

* Centro de Geociências e Tecnologias (CTG), Universidade Federal de Pernambuco. Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária, Recife, Pernambuco. +55 81 99686-7960. Brasil Email: rpassos13@gmail.com

Resumo

A busca por soluções na gestão de resíduos sólidos é um desafio contínuo para os gestores municipais. Diante do cenário ascendente de geração destes materiais, sobretudo nas áreas urbanas, a necessidade de elaboração de um modelo gerencial integrado, participativo, viável e adequado à realidade da municipalidade torna-se imprescindível. Neste sentido, o estudo aprofundado de indicadores relacionados à dinâmica gerencial dos resíduos sólidos apresenta-se como base para a proposição de modelos de gestão que atendam às características socioeconômicas e ambientais da região destinada. O presente artigo estuda a correlação de quatro indicadores: população, renda, geração e composição gravimétrica, em 31 setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Recife, por meio da Análise de Componente Principal, em busca de gerar padrões de correlação e elencar os indicadores definidores da realidade dos setores. Os resultados mostram correlação positiva entre a renda e a geração *per capita* dos resíduos sólidos domiciliares, sobretudo nas áreas de classe alta e essencialmente comerciais da cidade. Além disso, verificou-se que os dados populacionais estabeleceram um padrão de correlação negativa com a geração dos resíduos sólidos. A identificação de indicadores de maior influência nos setores de coleta auxiliará o gestor municipal na elaboração de modelos setoriais de gestão de resíduos que busquem o entendimento das particularidades socioeconômicas.

Palavras-chave: gestão de resíduos sólidos, setores de coleta, indicadores, análise de componente principal, análise multivariada.

Introdução

O atual modelo de vida baseado no consumo desenfreado de bens e na sociedade do descarte está inserido no sistema econômico denominado de capitalismo. Este modelo de desenvolvimento adotado pela sociedade pós-moderna e as tecnologias utilizadas, tratam a finitude dos recursos naturais como uma externalidade, gerando entraves e exaustão na lógica de funcionamento dos sistemas naturais (ecossistemas), o que acarreta em graves alterações ao próprio modelo (El-Deir, 2012).

A estrutura operacional dos resíduos sólidos necessita de uma mudança de paradigma econômico, com vistas à desestruturação do sistema de consumo e de geração de resíduos pela sociedade do descarte. Este sistema econômico deve ser estruturado na lógica operacional cíclica, ao invés da linear, numa perspectiva sistêmica e não fragmentada (Zaman, 2014; Dutra, 2018).

A gestão linear dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) é o modelo aplicado na maioria dos municípios brasileiros. Este modelo zela pela cadeia tradicional de manejo dos RSD, da geração a destinação final, incentiva o consumo e aumenta a geração de resíduos, sem considerar as externalidades processuais. A linearidade deste modelo é perigosa e insustentável, por tratar a gestão dos RSD de maneira fragmentada com foco apenas nas estruturas individualizadas.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305 (Brasil, 2010), inova ao inserir a sustentabilidade econômica na gestão dos resíduos sólidos, considerando o RSD uma externalidade do sistema de produção e consumo. Com isto, incentiva a mudança do modelo linear para uma gestão cíclica destes materiais, a qual baseia-se em ecociclos e fundamenta-se nas diretrizes da ecologia industrial.

A adoção da PNRS (Brasil, 2010) agregou ao resíduo valor econômico – por meio dos instrumentos de reciclagem, coleta seletiva e reutilização; valor social – uma vez que gera trabalho e renda; e ecológico – pois considera o ciclo de vida dos materiais de forma sustentável, desde a extração da matéria prima até o descarte final dos resíduos. Assim, a gestão do RSD passou a ter um olhar sistêmico, com foco no entendimento de todas as etapas da cadeia de resíduos, além de seus fatores internos e externos que venham influenciar.

Nesta perspectiva, indicadores vêm sendo utilizados para auxiliar os gestores municipais e pesquisadores da área a pensar na gestão dos RSD de forma holística e integrada, auxiliando na reestruturação da filosofia e do *modus operandis* deste sistema operacional e gerencial. A identificação e entendimento destes indicadores ajudam na tomada de decisão municipal e na proposição de soluções viáveis para a realidade estudada. Muitos destes estudos utilizam técnicas estatísticas para validar a informação, dentre elas, destacam-se as análises multivariadas (Bari *et al.*, 2014; Lenz *et al.*, 2016; Chu *et al.*, 2016; Sel *et al.*, 2016), sobretudo, a Análise de Componentes Principais (ACP) (Caribé, 2015; Fudala-Ksiazek *et al.*, 2016; Ni *et al.*, 2017; Schirmer *et al.*, 2017; Costa, 2017).

A ACP foi utilizada para gerar padrões de correlação de indicadores como população, nível de instrução, faixa etária, sexo e renda com a composição gravimétrica dos resíduos sólidos na cidade de Morélia, no México (Buenrostro-Delgado *et al.*, 2015). Também foi usada para correlacionar os gastos com bens de consumo, a distribuição de tempo, as atividades diárias e os grupos de residentes com a geração de resíduos sólidos urbanos nas províncias de Zhejiang, Guangdong, Hebei, Henan e Sichuan, na China (Fu *et al.*, 2015).

No Brasil, a ACP foi utilizada para inter-relacionar fatores socioeconômicos (renda e educação) e demográficos (estrutura etária e domiciliar) com a produção de RSD em Belo Horizonte (Silva *et al.*, 2012). Além disso, foi usada no Distrito Federal/Brasil com base nos anos de 2003 a 2014 para estudar a interferência do Produto Interno Bruto (PIB) total e *per capita*, da população total e urbana, da densidade demográfica, do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), do consumo de energia total e *per capita* e do consumo de bens e produtos com a geração de resíduos sólidos domésticos (Cardoso, 2016).

Diante do exposto, a pesquisa busca correlacionar quatro indicadores (população, renda, geração e composição gravimétrica) presentes nos setores de coleta de RSD da cidade de Recife/Brasil. Este artigo é a primeira etapa de um estudo maior que vem sendo realizado na cidade, o qual busca propor modelos de gestão de RSD viáveis e que atenda às particularidades socioeconômicas e ambientais de Recife, com base no que está proposto pela PNRS (Brasil, 2010).

Metodologia

Nesta etapa será abordada informações relativas à área de estudo, à descrição detalhada do método utilizados e à ferramenta analítica empregada na análise. É importante ressaltar que o presente artigo é uma extensão da pesquisa publicada por Silva et al. (2018), bem como propõe uma outra perspectiva e abordagem aos dados analisados. Nesta vertente, utilizou-se novos critérios e metodologias para o tratamento e a análise dos dados, como o método *Z-score* para a padronização do banco de dados, o critério Jolliffe (1986) para determinação e seleção dos componentes principais, o método de validação *leverage correlation* e o emprego do *The Unscrambler* como programa estatístico. Estes critérios permitiram a análise mais detalhada e aprofundada dos resultados obtidos.

Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Recife por apresentar instrumento legal já elaborado, como a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), Lei nº 14.236 (Pernambuco, 2010); Plano de gestão de resíduos sólidos em fase de estruturação e pela facilidade quanto ao acesso às informações. Recife é a capital do Estado de Pernambuco e está localizada na Região Nordeste do Brasil (Figura 1).

O município está situado a 7 metros de altitude e posicionado nas coordenadas geográficas de 8°3'15" Sul e 34°52'53" Oeste. Com área de 218.435 km², está dividida em seis Regiões Político-Administrativa (RPA), compreendendo 94 bairros. Possui população estimada para 2020 de 1,653,461 habitantes, densidade demográfica de 7,569.58 hab.km⁻², Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de R\$ 31,743,72 hab.ano⁻¹ e Índice de Desenvolvimento Urbano Municipal (IDHM) de 0.772 (IBGE, 2020).

O estudo foi estruturado em três etapas: definição dos setores de coleta, determinação dos indicadores gerenciais de resíduos sólidos domiciliares e, por fim, tratamento estatístico dos dados.



Figura 1. Localização geográfica de Recife e identificação dos setores de coleta estudados.

Definição dos setores de coleta

Inicialmente foi solicitado à Empresa A, concessionária responsável pela coleta domiciliar de 81 bairros de Recife, o que equivale a 70% da área coletada, o mapa de setores de Recife, a fim de conhecer a área de abrangência e selecionar os setores contemplados no estudo. 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.

Em seguida, foram estabelecidos critérios para seleção dos setores, como: bairros inseridos no setor, localização geográfica, nível econômico, presença de estabelecimentos comerciais e domiciliares, e frequência dos veículos coletores de RSD. Estes critérios contribuíram para tornar a amostragem estratificada, heterogênea e representativa. A localização geográfica dos setores procedeu com base nas Regiões Político-Administrativas (RPA), que divide a cidade do Recife em Centro, Norte, Noroeste, Oeste, Sudoeste e Sul (Recife, 1997). Já as informações preliminares do nível econômico dos setores foram advindas de Cavalcanti *et al.* (2008), seguindo a qualificação utilizada por Jucá *et al.* (2014), 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).

Quanto à presença de estabelecimentos comerciais e domiciliares nos setores de coleta, estas informações foram advindas de visitas *in loco*. Por fim, os dados de frequência da coleta de RSD foi obtida junto à Empresa A, sendo os setores agrupados em alternado diurno (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), alternado diurno (terça-feira, quinta-feira e sábado), alternado noturno (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), a lternado noturno (terça-feira, quinta-feira e sexta-feira), diário noturno, e Diário diurno.

Quadro 1. Perfil dos 31 setores de coleta de RSD selecionados no estudo.

Setores	Bairros inseridos	RG	CE	CA	FVC
1-04	Casa Amarela e Monteiro	NO	C	R e C	AD2
1-16	Casa Forte, Parnamirim e Casa Amarela	NO	A	R	AD2
1-22	Arruda e Água Fria	N	C	R e C	AD2
1-30	Campina do Barreto, Peixinhos e Água Fria	N	D	R e C	AD2
1-38	Prado, Zumbi, Madalena e Cordeiro	O	D	R	AD2
2-14	San Martin, Mustardinha e Bongí	SE	D	R	AD1
2-34	Imbiribeira, Jiquiá, Afogados e Areias	S	D	R	AD1
2-40	Ipsep	S	C	R e C	AD1
2-42	Ipsep	S	C	R	AD1
2-44	Afogados e Bongí	SO	D	R e C	AD1
3-01	Santo Amaro e Campo Grande	CE	D	R e C	AN2
3-05	Espinheiro, Aflitos e Encruzilhada	NO	A	R e C	AN2
3-09	Jaqueira, Tamarineira, Rosarinho e Graças	NO	A	R e C	AN2
3-37	Cordeiro, Zumbi e Iputinga	O	C	R	AN2
3-45	Madalena, Graças e Derby	O	B	R	AN2
4-03	Pina e Boa Viagem	S	B	R	AN1
4-13	Boa Viagem	S	C	R	AN1
4-17	Boa Viagem e Imbiribeira	S	D	R e C	AN1
4-23	Boa Viagem	S	A	R	AN1
4-29	Boa Viagem	S	C	R	AN1
5-03	Boa Vista, Soledade e Ilha do Leite	CE	C	C	DN
5-09	Recife (Centro), Santo Amaro e St. Antônio	NO	D	C	DN
5-11	Santo Amaro e Boa Vista	CE	C	C	DN
5-14	Torrões e Cordeiro	O	D	R	DN
5-22V	Água Fria e Fundão	N	D	R e C	DN
5-32V	Dois Unidos, Beberibe e Linha do Tiro	N	D	R	DN
6-12	Nova Descoberta e Brejo da Guabiraba	NO	D	R e C	DD
6-20	Morro da Conceição, Vasco da Gama	NO	D	R	DD
6-24	Mangabeira e Alto José do Pinho	NO	D	R	DD
6-82	Pina, Imbiribeira e Cabanga	CE	D	R	DD
6-84	Brasília Teimosa e Pina	S	D	R	DD

Legenda: RG – região geográfica, N – norte, S – sul, O – oeste, NO – noroeste, SE – sudeste, SO – sudoeste, CE – centro, CE – classe econômica, CA – característica, R – área residencial, C – área comercial, FVC – frequência dos veículos coletores, AD1 - alternado diurno (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), AD2 - alternado diurno (terça-feira, quinta-feira e sábado), AN1 - alternado noturno (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), AN2 - alternado noturno (terça-feira, quinta-feira e sexta-feira), DN - diário noturno, e DD - Diário diurno.

Por fim, de posse destas informações, foram selecionados 31 setores (Quadro 1), os quais correspondem a aproximadamente 30% da população finita. Todos os dados foram obtidos no período de dezembro/2013 a março/2014.

Determinação dos indicadores

Os indicadores gerenciais foram definidos *ex post* à seleção dos setores de coleta do estudo. Foram utilizados quatro indicadores quantitativos: população, renda e geração de RSD, composição gravimétrica. Os valores de população e renda total e *per capita* foram obtidos em Jucá *et al.* (2014), com base nos dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Os resultados alusivos à renda média domiciliar foram analisados e agrupados em classes econômicas, por meio da tabela de classificação social da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República do Brasil (Brasil, 2012) (Tabela 1). A geração média e *per capita* dos resíduos nos setores, referentes ao ano de 2013, foram fornecidos pela Empresa A. Os dados de geração de resíduos do estudo corresponderam às médias mensais de RSD coletadas pelo sistema convencional e destinadas ao aterro sanitário CTR Candeias, destino final dos RSD coletados pelo sistema domiciliar da cidade. A geração *per capita* foi calculada pela Equação 1:

$$GRPC = \frac{GR}{POP}$$

Equação (1)

Onde, GRPC - Geração de resíduos *per capita* (kg.hab.⁻¹.dia⁻¹), GR - Geração média mensal de resíduos (kg.mês⁻¹) e POP - População estimada na rota para o ano de 2013 (hab.), com base nos dados do Censo brasileiro de 2010 (IBGE, 2010).

Tabela 1. Classificação da Classe Social.

Classe social	Grupo	Renda <i>per capita</i>	Renda familiar (pai, mãe e 2 filhos)
Baixa	Extremamente pobre	Até R\$ 81.00	Até R\$ 324.00
	Pobre, mas não extremamente pobre	Até R\$ 162.00	Até R\$ 648.00
	Extremamente pobre	Até R\$ 81.00	Até R\$ 324.00
Média	Baixa classe media	Até R\$ 441.00	Até R\$ 1,764.00
	Média classe media	Até R\$ 641.00	Até R\$ 2,564.00
	Alta classe media	Até R\$ 1,019.00	Até R\$ 4,076.00
Alta	Baixa classe Alta classe	Até 2,480.00	Até R\$ 9,920.00
	Alta classe	Acima de 2,480.00	Acima de R\$ 9,920.00

Fonte: Brasil, 2012.

A composição gravimétrica dos 31 setores de RSD ocorreu nas proximidades da área de descarte final da CTR Candeias durante os meses de novembro e dezembro de 2013, nos turnos manhã e tarde. A amostragem dos resíduos seguiu a técnica de quarteamento, com base na metodologia da NBR 10,007 (ABNT, 2004).

Os resíduos foram descarregados numa área pavimentada e protegida com lona (em torno de 12 toneladas) com o auxílio de um caminhão compactador, foram previamente homogeneizados por uma retroescavadeira hidráulica, separados em quatro partes iguais com cerca de 2.00 t (primeiro quarteamento) e selecionados aleatoriamente em 2 partes. Este procedimento foi realizado novamente resultando num montante final de aproximadamente 1.00 t. Em seguida, realizou-se uma amostragem de 110.00 a 115.00 kg de resíduos, os quais foram segregados, adicionados sem compactação em recipientes identificados e pesados com o auxílio de uma balança eletrônica digital (Marca Filizola/Modelo MF 100), com capacidade máxima de 100.00 kg e sensibilidade de 0.02 kg.

Como no Brasil não existe uma legislação específica que padronize a caracterização gravimétrica de RSD, foi utilizada a classificação da Norma Portuguesa, Portaria nº 851/2009 (Diário da República Portuguesa, 2009), a mesma adotada para Comunidade Econômica Europeia (CEE). Esta foi adaptada conforme a realidade brasileira. Os resíduos foram categorizados em 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) (Jucá *et al.*, 2014).

Tratamento estatístico dos dados

Os indicadores utilizados no estudo foram: população; renda domiciliar e *per capita*; geração total e *per capita* de RSD; e composição gravimétrica - resíduos putrescíveis (somatório dos resíduos alimentares, de jardim e madeira/coco) e recicláveis (somatório das frações plástico, papel/papelão, metal e vidro). Assim, foi utilizada uma matriz de dimensão 31 x 7. Os dados foram previamente padronizados pelo método Z-score (Kreyszig, 1979; Jang *et al.*, 2018) (Equação 2), para que tivessem a mesma medida de escala, favorecendo a interpretabilidade dos dados (Wang *et al.*, 2013).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Equação (2)

Onde, Z = escore padrão; x = Valor da variável não padronizada; μ = Média aritmética do indicador; σ = Desvio padrão do indicador.

No intuito de estabelecer um padrão de correlação entre a população, a renda, a geração e a composição dos resíduos e identificar os indicadores definidores da realidade dos setores, foi utilizada a técnica multivariada denominada por Análise de Componente Principal (ACP). A análise multivariada utiliza, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica dos dados obtidos. Esta é uma técnica de análise quantitativa exploratória e não confirmatória dos dados, haja vista que o tratamento das amostras em estudo gera perguntas/hipóteses e não respostas/confirmações (Hair *et al.*, 2010).

A ACP, denominada por Hotelling de *Principal Component Analysis* (PCA) (Hotelling, 1933), é uma ferramenta exploratória que possibilita a análise multivariada de dados, sem perdas significativas de informações, gerando padrões nos dados, de modo que semelhanças e diferenças sejam destacadas (Santo, 2012). A análise consiste na conversão de uma matriz original $n \times p$ em uma matriz sintética (onde n é o número de indivíduos e p representa o conjunto de variáveis); na determinação de autovalores e autovetores; e na obtenção de combinações lineares das variáveis originais, as quais são denominadas de Componentes Principais (CP) (Bro e Smilda, 2014).

As CP são expressas por cargas fatoriais para cada variável presente na estrutura dos dados, denominadas autovetores. Também, cada componente acumula uma parte da variabilidade total, gerando uma estimativa da variância compartilhada por cada componente, chamada de autovalores (Hair Junior *et al.*, 2009). Esta CP possui dimensão equivalente a matriz original, independência estatística, indivíduos similares agrupados e eliminação das variáveis originais com pouca informação.

Cada combinação linear maximiza a variabilidade dos dados deixados pela matriz anterior. Assim, a primeira componente (CP1) apresentará maior grau de explicabilidade dos dados da matriz original, e a segunda componente (CP2) explicará o máximo da variância restante da CP1. A CP pode ser determinada por meio do algoritmo de variância-covariância (Σ) ou de correlação (R) (Soares *et al.*, 2017). No presente estudo, utilizou-se a matriz de correlação para avaliar a inter-relação dos indicadores e identificar os mais representativos no estudo, como realizado por Agovino *et al.* (2016).

A definição do número de CP utilizada no estudo seguiu o critério de Jolliffe (1986), sendo selecionada a CP com variância acumulada a partir de 70%. Foram selecionadas as cargas fatoriais (autovetores) superiores a 0.50 nas PC definidas para o estudo (Finkler *et al.*, 2015). O método de validação utilizado foi o *leverage correlation*, de modo que a matriz de dados tivesse média igual a zero e desvio padrão igual a 1. O círculo unitário foi método gráfico adotado para a análise de correlação (Jardim *et al.*, 2014). O programa estatístico utilizado foi o *The Unscrambler v. 9.7*.

Resultados e discussão

Neste item serão apresentados os resultados de população, renda, geração e composição gravimétrica dos 31 setores de coleta de RSD de Recife. Além disso, serão estabelecidos os padrões de correlação existentes entre estes indicadores com base na ferramenta estatística ACP.

Indicadores

Os resultados estão apresentados de acordo com a seguinte ordem: população, renda domiciliar e *per capita*, geração total e *per capita* de resíduos sólidos, composição gravimétrica e análise de componente principal dos indicadores.

População dos setores

A população dos 31 setores de coleta de RSD no ano de 2013 foi de 473,478 habitantes, correspondendo a aproximadamente 30% da amostra total (Figura 2).

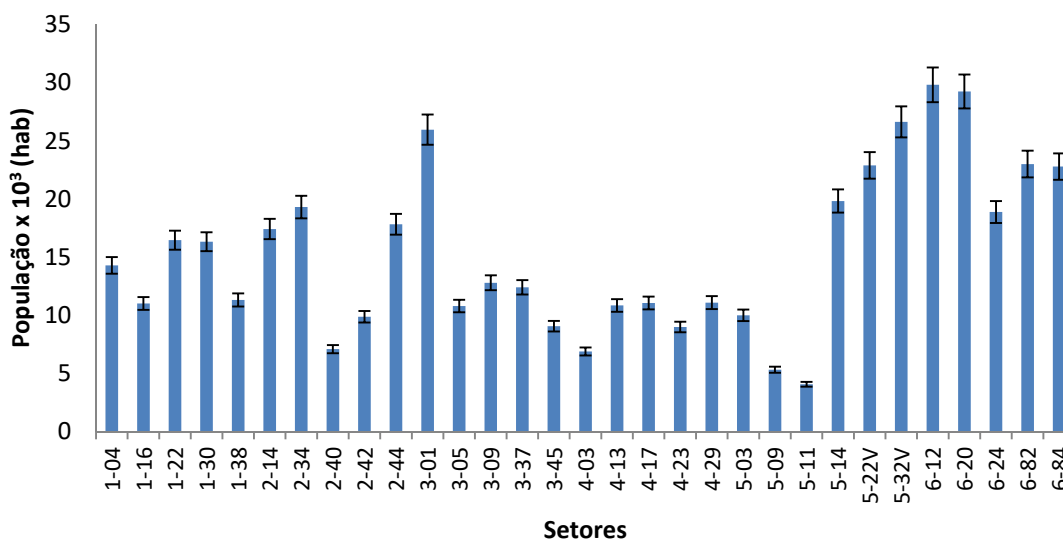


Figura 2. Estimativa populacional dos setores de coleta para o ano de 2013.

A população média dos setores foi de 15,273 habitantes, com valores máximos e mínimos de 29,814 e 4,078 habitantes, respectivamente. Os setores 6-12 e 6-20 apresentaram as maiores populações do estudo, com valores de 29,814 e 29,241 habitantes, respectivamente, ao passo que os setores 5-11 e 5-09, com populações respectivas de 4,078 e 5,333 habitantes, apresentaram as menores populações. Os dados populacionais dos setores apresentaram

valores distintos devido à densidade demográfica, ao número de bairros inseridos e às características residencial e comercial do setor.

Renda média dos setores

A renda domiciliar média dos setores (Figura 3) foi de R\$ 2,091.00, com valor máximo de R\$ 6,066.00 e mínimo de R\$ 523.00. Quanto à renda *per capita*, os valores máximo e mínimo foram respectivamente de R\$ 2,153.00 a R\$ 153.00, sendo a média de aproximadamente R\$ 705.87. Os setores 1-16, 4-03 e 3-05 apresentaram as maiores rendas domiciliares médias do estudo, com valores de R\$ 6,066.00, R\$ 5,995.00 e R\$ 5,989.00, respectivamente. Em contrapartida, os setores 5-32V e 6-12, por abrangerem bairros de baixo poder aquisitivo, obtiveram os menores valores.

Dos 31 setores estudados (Figura 3), 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, 6-82 e 6-84), 10 como classe média (1-38, 2-14, 2-34, 2-40, 2-42, 4-13, 4-29, 5-03, 5-09 e 5-11) e 6 (seis) como classe alta (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 renda média dos setores de classe baixa (R\$ 778.00) e aproximadamente três vezes superior à renda média dos setores de classe média (R\$ 2,022.00). O valor da renda domiciliar média dos setores de classe alta foi semelhante aos valores obtidos por Dias *et al.* (2014) nas áreas de classe alta da cidade do Rio de Janeiro (em torno de R\$ 5.656,00). Já nas áreas de classe baixa, os autores constataram que a renda média variou em torno de R\$ 198.50 a R\$ 279.50, valor inferior ao apresentado pela cidade de Recife.

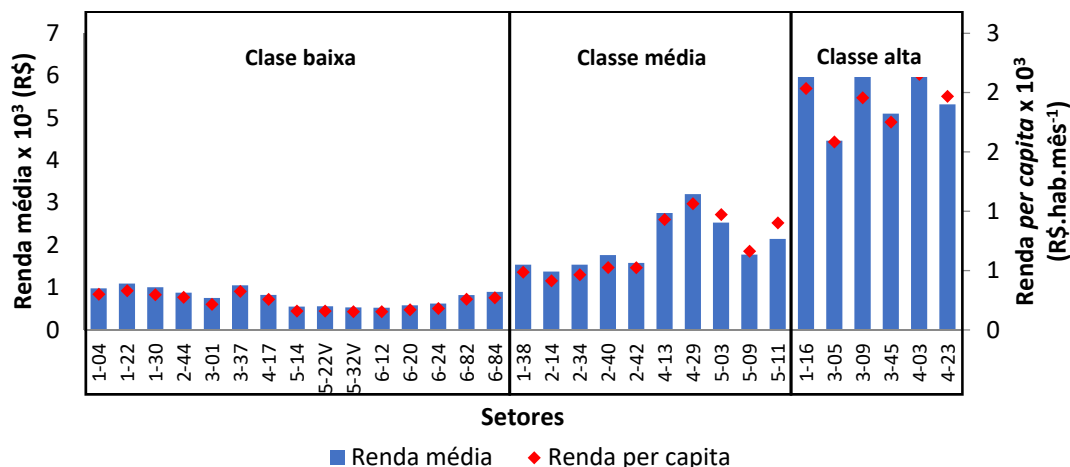


Figura 3. Renda domiciliar média e *per capita* dos setores.

Os setores de classe alta (R\$ 1,907.56) apresentaram renda *per capita* média oito vezes superior à média dos setores de classe baixa (R\$ 233.00) e cerca de três vezes superior ao valor médio dos setores de classe média (R\$ 693.98). Segundo Ogwueleka (2013), o aumento da renda familiar implica no aumento dos padrões de consumo das famílias, o que resulta em maiores quantitativos de geração de resíduos sólidos.

Geração dos resíduos sólidos domiciliares

A geração de resíduos sólidos varia em torno das cidades e ao longo do tempo, devido às distintas características socioeconômicas que a tornam heterogênea (Gallardo *et al.*, 2014). Deste modo, prevê-la é fundamental para o planejamento, dimensionamento e gestão municipal destes materiais (Saladié, 2016; Pisani Júnior *et al.*, 2018). Diversos aspectos podem interferir nesta geração, como: físicos, geográficos, climáticos, socioculturais, econômicos, políticos, entre outros (Dias *et al.*, 2014; Gallardo *et al.*, 2014; Suthar e Singh, 2015; Ghinea *et al.*, 2016; Kawai e Tasaki, 2016; Xu *et al.*, 2016).

A geração total média dos 31 setores de coleta de RSD em 2013 foi de aproximadamente 8,285.00 toneladas (Figura 4). Já a geração *per capita* média foi de 0.77 Kg.hab⁻¹.dia⁻¹. Este valor foi inferior a geração *per capita* média dos municípios de São Paulo (0.90 Kg.hab⁻¹.dia⁻¹), de acordo com Pisani Júnior *et al.* (2018), e da cidade de João Pessoa (0.81 kg.hab⁻¹.dia⁻¹), como constatou Medeiros *et al.* (2015).

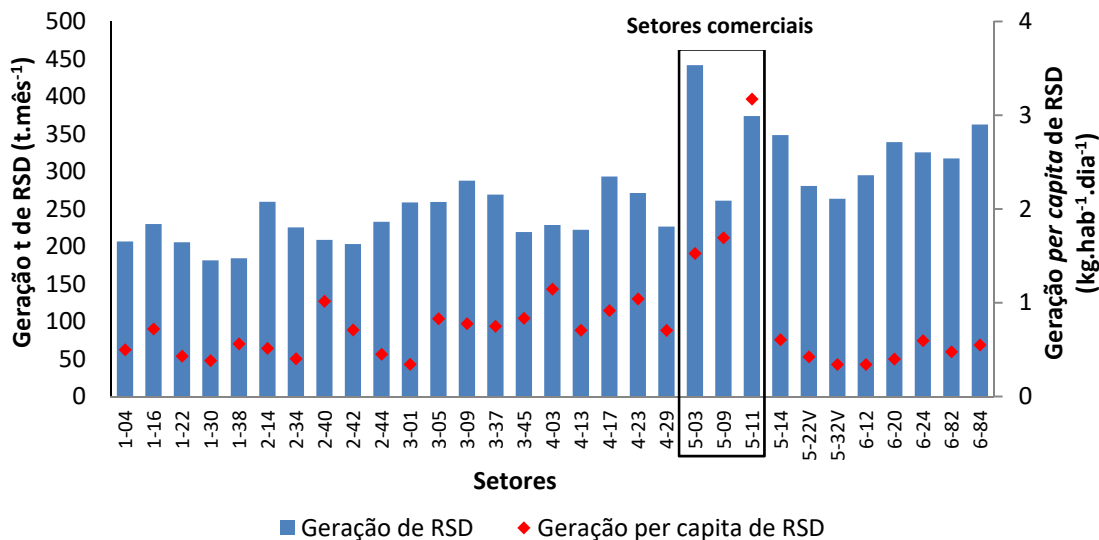


Figura 4. Geração total e *per capita* de RSD dos setores de coleta.

Os setores 5-03 e 5-11 apresentaram as maiores gerações de RSD correspondendo a 441.73 t.mês⁻¹ e 373.95 t.mês⁻¹, respectivamente. Já os setores essencialmente comerciais: 5-11 (3.17 kg.hab⁻¹.dia⁻¹), 5-09 (1.70 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) e 5-03 (1.53 kg.hab⁻¹.dia⁻¹), apresentaram as maiores gerações *per capita* do estudo.

Os setores de classe alta apresentam geração *per capita* de resíduos superior (0.89 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) aos de classe baixa (0.50 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) e média (0.66 kg.hab⁻¹.dia⁻¹). No entanto, tiveram valores inferiores aos setores com características comerciais (2.13 kg.hab⁻¹.dia⁻¹). Estes resultados ratificam os estudos de Jadoon *et al.* (2014), constatando que nas áreas de alto poder aquisitivo da cidade de Lahore, no Paquistão, a geração *per capita* dos resíduos foi superior (0.96 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) às áreas de classe média (0.73 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) e baixa (0.67 kg.hab⁻¹.dia⁻¹). No entanto, Khan *et al.* (2016) verificaram que a geração *per capita* dos resíduos domiciliares da cidade de Dhanbad, Índia, foi maior nas áreas de classe média baixa (0.46 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) do que em área de classe alta (0.38 kg.hab⁻¹.dia⁻¹), média alta (0.40 kg.hab⁻¹.dia⁻¹), média (0.42 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) e baixa (0.37 kg.hab⁻¹.dia⁻¹). Ainda neste sentido, Monavari *et al.* (2012) constataram que a geração *per capita* dos resíduos da cidade de Ahvaz no Irã foi maior em grupos de baixa renda (1.49 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) do que nas áreas de classe média (0.96 kg.hab⁻¹.dia⁻¹) e alta (0.80 kg.hab⁻¹.dia⁻¹).

Para Medeiros *et al.* (2015) os baixos quantitativos de geração de resíduos nas áreas de classe baixa podem relacionar-se à baixa abrangência do serviço de coleta existente, o que implica na redução da frequência de coleta e, conseqüentemente, na quantidade de resíduo coletado, podendo desestimular a participação popular e induzir o descarte inadequado destes materiais em terrenos baldios. Ademais, os autores afirmam que os elevados valores de geração de resíduos obtidos nas áreas mais nobres estão relacionados à estreita relação consumo-descarte de materiais, ou seja, o aumento da renda implica no aumento do padrão de consumo de bens e no aumento do descarte destes materiais.

Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares

A geração de resíduos recicláveis no estudo (41.17%) foi superior ao de resíduos putrescíveis (em torno de 36.00%) e ao de outros resíduos (22.81%) (Figura 5). Estes resultados contrapõem os estudos realizados por Jadoon *et al.* (2014) na cidade de Lahora no Paquistão, por Prades *et al.* (2015) nas cidades espanholas acima de 5,000 habitantes, por Suthar e Singh (2015) na cidade de Dehradum na Índia e, por fim, por Xu *et al.* (2016) na ilha de Xiamen na China, no qual foram observados que a geração de resíduos orgânicos foi superior a quantidade de materiais potencialmente recicláveis, com valores respectivos de 67.46%, 42.14%, acima de 80.00% e 66.00%.

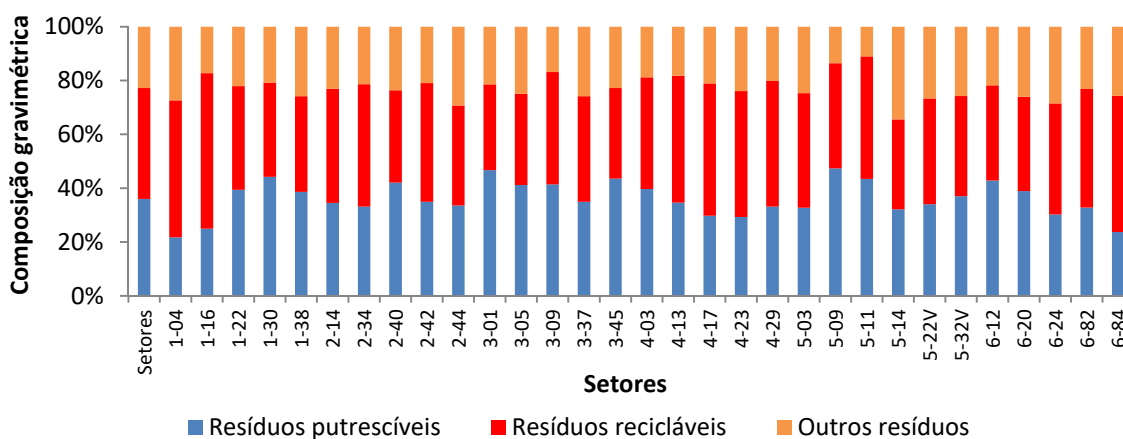


Figura 5. Gravimetria dos RSD dos setores de coleta de Recife.

Os setores 1-16 e 1-04 apresentaram os maiores percentuais de resíduos recicláveis, com valores de 57.78% e 50.90%, respectivamente. Em contrapartida, os setores 5-09, 3-01, 1-30 e 3-45 apontaram maiores gerações de putrescíveis com valores respectivos de 47.34%, 46.72%, 44.18% e 43.58%. Notou-se que a maior geração de resíduos recicláveis ocorreu nos setores de classe alta (42.54%) e comercial (42.41%). Alguns autores (Gallardo et al., 2014; Suthar e Singh, 2015; Khan et al., 2016) também relatam resultados semelhantes. De acordo com Suthar e Singh (2015) à medida que a economia cresce e a população se torna mais urbanizada, há um aumento direto na geração de resíduo potencialmente reciclável, o que justifica o aumento destes materiais em áreas mais nobres de uma cidade.

Também foi constatado que os maiores percentuais de resíduos putrescíveis foram gerados pelos setores essencialmente comerciais (41.16%), frente aos de classe alta (36.69%), média (37.46%) e baixa (34.80%). Estes resultados não condizem com pesquisas realizadas por Monavari et al. (2012), por Gallardo et al. (2014) e por Suthar e Singh (2015), os quais obtiveram maiores percentuais de resíduos putrescíveis em áreas de classe baixa. Seguindo esta mesma lógica, Khan et al. (2016) constataram que na cidade de Dhanbad, na Índia, a geração de resíduos putrescíveis foi superior em regiões de alto poder aquisitivo (38.00%) do que naquelas com baixa renda (28.00%).

Correlação dos indicadores

As CP1 e CP2 explicaram aproximadamente 94.20% da variabilidade do conjunto de dados do modelo (Tabela 2). Como este percentual foi superior aos 70.00% da variância explicada acumulada (Jolliffe, 1986), foram utilizadas as duas primeiras componentes principais para estabelecer os padrões de correlação e identificar os indicadores mais representativos do estudo.

Tabela 2. Variância explicada e total das componentes principais.

Componentes principais (CP)	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	86.337	86.337
2	7.861	94.198
3	3.187	97.385
4	2.298	99.683
5	0.249	99.932
6	0.048	99.980
7	0.020	100.000

Notou-se que a população, as rendas domiciliar e *per capita*, assim como a geração de resíduos *per capita* foram bem explicadas pela CP 1. Já a CP 2 explicou bem os dados populacionais e de geração de resíduos *per capita*. Entretanto, a geração de resíduos, os resíduos recicláveis e os putrescíveis não foram representativos nas duas primeiras CP, por apresentarem autovetores inferiores a 0.50 (Tabela 3).

Verificou-se na CP 1 e 2 que a população e a geração de resíduos *per capita* apresentaram padrão de correlação negativo nos 31 setores de coleta estudados (Figura 6). Deste modo, nos setores com elevada concentração populacional a geração de resíduos por habitante foi inferior aos setores de baixa densidade populacional.

Tabela 3. Autovetores das CP1 e CP2.

Indicadores	Componentes Principais	
	1	2
POP	-0.778	0.613
RMD	0.991	0.132
RMPC	0.997	0.007
GR	-0.199	-0.207
GRPC	0.597	-0.735
REC	0.301	0.003
PUT	0.009	-0.230

Legenda: POP – população (hab.), RMD – renda média domiciliar (R\$.mês⁻¹), RMPC – renda média per capita (R\$.hab⁻¹.dia⁻¹), GR – geração de resíduos (t.mês⁻¹), geração de resíduos per capita (t.hab.⁻¹.dia⁻¹), REC – resíduos recicláveis (%) e PUT – resíduos putrescíveis (%).

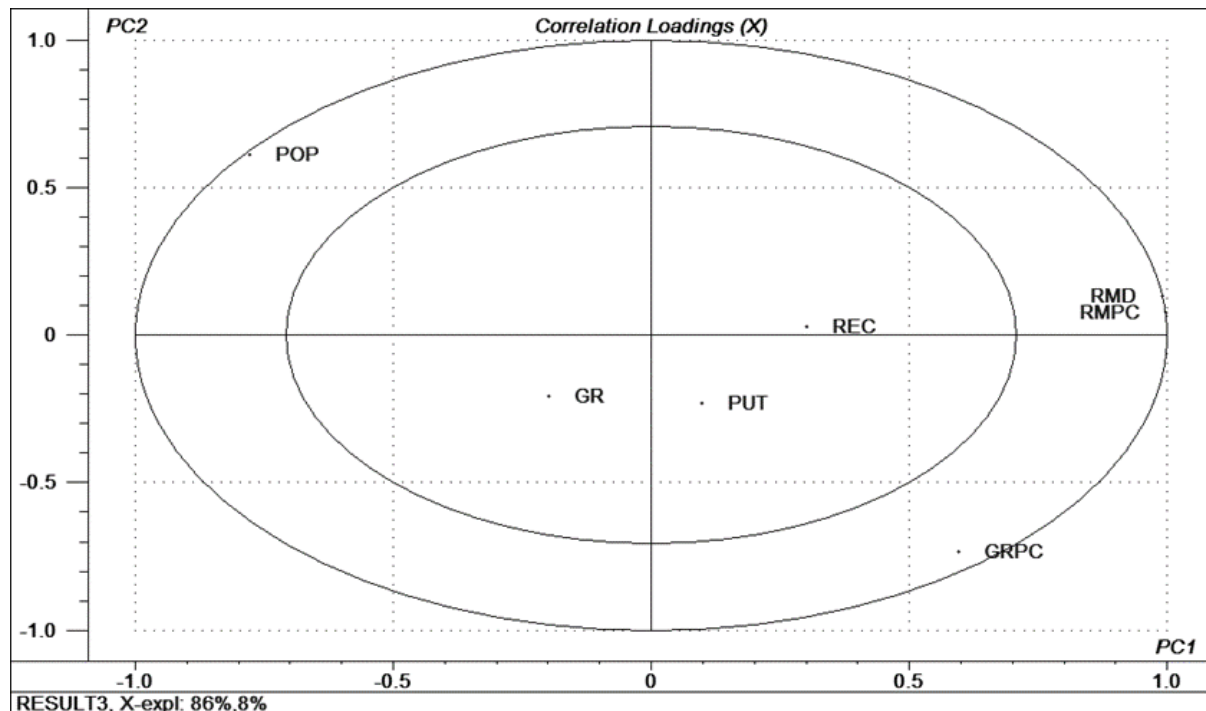


Figura 6. Correlação dos sete indicadores nos 31 setores de coleta estudados.

Notou-se na CP1 que as rendas (*domiciliar e per capita*) apresentaram correlação positiva com a geração de resíduos *per capita*. Neste sentido, a geração destes materiais por habitante foi maior nos setores de classe alta do que nos setores de classe baixa. Com isto, verificou-se a renda como o indicador determinante e impulsionador da geração de resíduos sólidos nos 31 setores de coleta estudados de Recife. Esta lógica foi constatada nos estudos realizados em Lahore, no Paquistão (Jadoon *et al.*, 2014); em Morélia, no México (Buenrostro-Delgado *et al.*, 2015); na China (Chu *et al.*, 2016); e em duas cidades brasileiras, João Pessoa/Brasil (Medeiros *et al.*, 2015) e o Distrito Federal/Brasil (Cardoso, 2016).

Os 31 setores contemplados no estudo foram graficamente bem representados no modelo matemático (Figura 7). Os setores de classe alta, média, baixa e comercial foram distribuídos em arranjos bem delimitados e organizados conforme suas características econômicas.

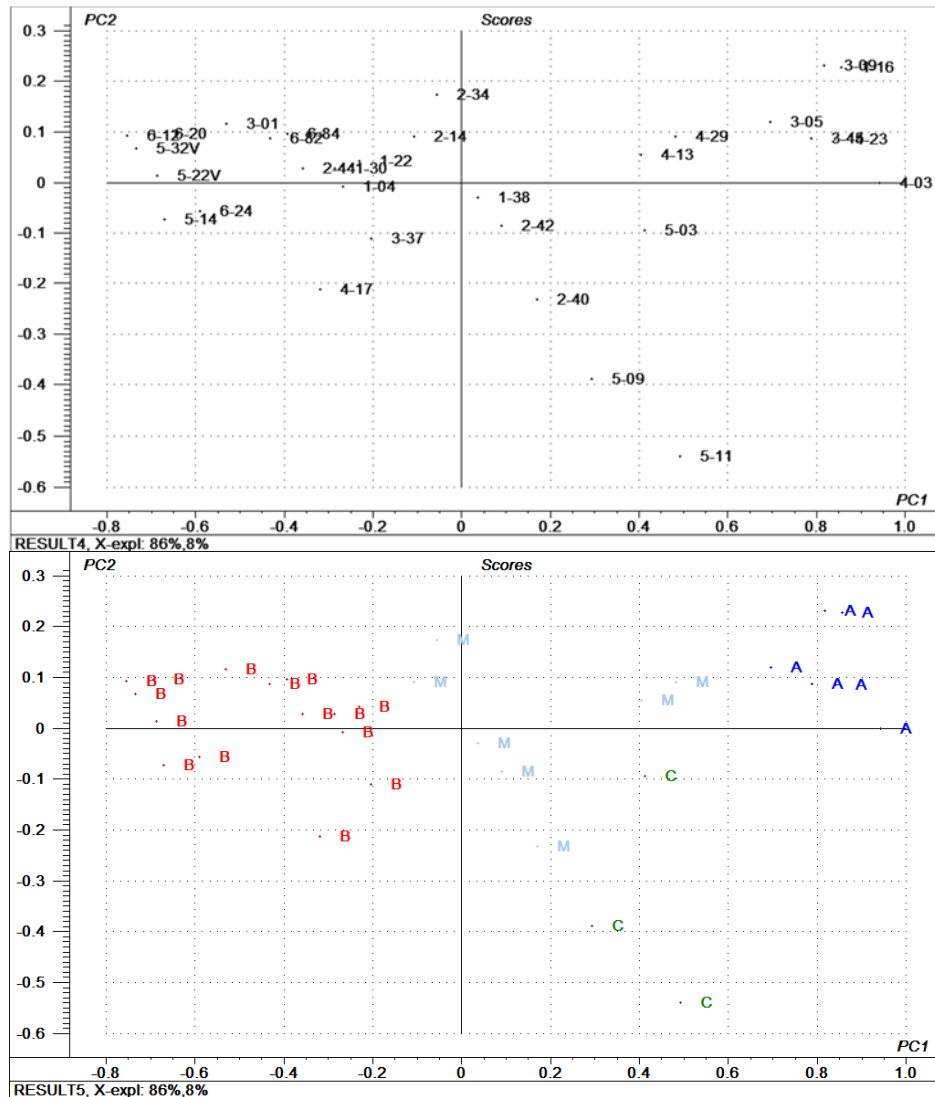


Figura 7. Distribuição dos 31 setores de coleta selecionados no estudo. Legenda: A – Classe alta, M – Classe média, B – Classe baixa e C – setores comerciais.

No entanto, pesquisas realizadas na Catalunha/Espanha (Saladié, 2016) e na ilha de Xiamen na China (Xu *et al.*, 2016), não encontraram correlação positiva significativa entre estas variáveis. Ainda não foi alcançada uma visão consensual quanto à correlação positiva da renda e geração de RSD, pois esta relação depende de outros fatores, como por exemplo o grau de urbanização da área estudada. Nesta perspectiva, nos estágios iniciais de urbanização, a ascensão da renda familiar estimularia o consumo e, por consequência, aumentaria a produção de RSD. Contudo, os efeitos positivos do nível de renda sobre o consumo diminuiriam gradualmente conforme o processo de urbanização. Assim, nos estágios avançados, o aumento da renda implicaria na

redução da produção de RSD, devido à difusão da consciência ambiental da população. Isto foi observado pelos autores na Ilha de Xiamen, na China, no qual constataram correlação não significativa da renda e geração de resíduos, em virtude dos estágios avançados de urbanização na área estudada (Xu *et al.*, 2016).

Conclusão

Os setores apresentaram valores distintos para os quantitativos de população, renda, geração e composição gravimétrica, devido às especificidades socioeconômica, de geração e composição de resíduos de cada setor, como número de bairros inseridos, localização geográfica, classe social, característica residencial e/ou comercial, dentre outros. Além disso, os setores apresentaram maiores percentuais de resíduos potencialmente recicláveis frente aos putrescíveis, reflexo de uma economia pautada no crescente consumo de produtos industrializados e descartáveis.

Os indicadores renda e geração *per capita* apresentaram forte correlação positiva entre si, em detrimento da correlação negativa com os dados populacionais. As rendas domiciliar e *per capita* foram os indicadores determinantes na geração *per capita* dos RSD dos 31 setores de coleta da cidade de Recife. Desta forma, os setores de maior poder aquisitivo apresentaram maior produção de resíduos por habitante.

A ACP mostrou-se uma importante ferramenta analítica para gerar padrões de correlação nos 31 setores de coleta de Recife. Esta correlação busca auxiliar no planejamento e na tomada de decisão dos modelos de gestão de resíduos sólidos que contemplem as particularidades socioeconômicas dos setores de coleta.

Referências

- Agovino, M., Ferrara, M., Garofalo (2016) An exploratory analysis on waste management in Italy: A focus on waste disposed in landfill. *Land Use Policy*, **57**, 669–681.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) *NBR 10007: Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro, 14 pp. Acesso em 01 de dezembro 2020, disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>
- Bari, M. L., Mata, H. T. C., Wanderley, L. A. (2014) Gestão de resíduos nos estados/municípios brasileiros: avaliação e análise dos procedimentos para a escolha do modelo de gestão ambiental. *Nexos Econômicos*, **8**(2), 107-121.
- Brasil (2010) *Lei Federal nº 12.305 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*, Brasília, DF. Acesso em 01 de dezembro 2020, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

- Brasil (2012). *Relatório de definição da classe média no Brasil*. São Paulo, Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), Presidência da República. Acesso em: 01 dez. 2020, disponível em: <https://issuu.com/sae.pr/docs/relatoriocm>
- Bro, R., Smilde, A. K. (2014) Principal component analysis. *Analytical Methods*, **6**, 2812-2831.
- Buenrostro-Delgado, O., Ortega-Rodriguez, J. M., Clemitshaw, K. C., González-Razo, C., Hernández-Paniagua, I.Y. (2015) Use of genetic algorithms to improve the solid waste collection service in an urban area. *Waste Management*, **41**, 20-27.
- Cardoso, M. S. S. (2016) *A gestão de resíduos sólidos urbanos na RIDE-DF: a geração e a coleta seletiva*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, DF.
- Caribé, R. M. (2015) *Análise multivariada no comportamento dos recalques em célula experimental de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, PB.
- Cavalcanti, H., Lyra, M. R. B., Avelino, E. (Eds) (2008) *Mosaico urbano do Recife: Inclusão/Exclusão Socioambiental*, Massangana, Pernambuco, BR, 178 p.p.
- Chu, Z., Wu, Y., Zhou, A., Huang, W. C. (2016) Analysis of influence factors on municipal solid waste generation based on the multivariable adjustment. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, **35**(6), 1629-1633.
- Costa, A. R. S. (2017) *Análise da gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife-PE a partir de indicadores de sustentabilidade*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.
- Diário da República Portuguesa (2009) *Portaria nº 851/2009, Norma portuguesa que estabeleci a padronização da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos*. Acesso em 01 de dezembro de 2020, disponível em: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/494002/details/maximized>
- Dias, D. M., Martinez, C. B., Barros, R. T. V. (2014) Generation estimate of municipal solid waste as subsidy actions aimed to environmental sustainability. *R Bras Cienc Ambient.*, **33**, 13–20
- Dutra, R. M. S., Yamane, L. H., Siman, R. R. (2018) Influence of the expansion of the selective collection in the sorting infrastructure of waste pickers organizations: A case study of 16 Brazilian cities. *Waste Management.*, **77**, 50–58.
- El-Deir, S. G. (Eds) (2012) *Educação ambiental no semiárido: propostas metodológicas de extensão rural*, Edufrpe, Recife, Pernambuco, BR. 224 p.p.
- Finkler, N. R., Peresin, D., Cocconi, J., Bortolin, T. A., Rech, A., Schneider, V. E. (2015) Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. *Rev. Amb. Água*, **10**(4), 784-792.
- Fu, H.Z., Li, Z.S., Wang, R. (2015) Estimating municipal solid waste generation by different activities and various resident groups in five provinces of China. *Waste Management*, **41**, 3–11.
- Fudala-Ksiazek, S., Pierpaoli, M., Kulbat, E., Luczkiewicz, A. (2016) A modern solid waste management strategy – the generation of new by-products. *Waste Management*, **49**, 516-529.
- Hair Júnior, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2009) *Análise multivariada de dados*, Porto Alegre: Bookman.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. (2010) *Multivariate Data Analysis*. Porto Alegre: Bookman. 6ª ed. ISBN: 0-13-032929-0.
- Hotelling, H. (1933) Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*, **24**, 417-441 and 498-520.
- Gallardo, A., Carlos, M., Peris, M., Colomer, F.J. (2014) Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. *Waste Management*, **34**, 1920–1931
- Ghinea, C., Dragoi, E.N., Comanita, E.D., Gavrilescu, M., Câmpean, T., Curteanu, S., Gavrilescu, M. (2016) Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis. *J Environ Manage.*, **182**, 80–93.

- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) *Censo demográfico 2010: resultados da amostra – rendimento para os municípios pernambucanos*. Acesso em 01 de dezembro de 2020, disponível: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020) *IBGE - Cidades: Recife para o ano de 2020*. Acesso em 01 de dezembro de 2020, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>
- Jang, D., Park, H., Choi, G. (2018) Estimation of Leakage Ratio Using Principal Component Analysis and Artificial Neural Network in Water Distribution Systems. *Sustainability*, **10**(750).
- Jardim, F. A., Von Sperling, E., Jardim, B. F. M., Almeida, K. C. B. (2014) Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **19**(3), 207-218.
- Jadoon, A., Batool, S.A., Chaudhry, M.N. (2014) Assessment of factors affecting household solid waste generation and its composition in Gulberg Town, Lahore, Pakistan, *J Mater Cycles Waste Manag.*, **16**, 73–81.
- Jolliffe, I.T. (1986) *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag.
- Jucá, J. F. T., Firmo, A. L. B., Oliveira, L. R. G., Brito, E. P. L., Silva, R. C. P., Góis, T. M. L. (Eds) (2014) *Estudo da geração e composição dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife. Relatório técnico*, Recife.
- Kawai, K., Tasaki, T. (2016) Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *J Mater Cycles Waste Manag.*, **18**, 1–13.
- Khan, D., Kumar, A., Samadder, S.R. (2016) Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, **49**, 15–25.
- Kreyszig, E. (1979) *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley & Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA.
- Lenz, S., Bohm, K., Ottner, R., Huber-Humer, M. (2016) Determination of leachate compounds relevant for landfill aftercare using FT-IR spectroscopy. *Waste Management*, **55**, 321-329.
- Medeiros, J. E. S.F., Paz, A.R., Morais Júnior, J.A. (2015) Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros indicadores de consumo, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **20**(1), 119-130.
- Monavari, S. M., Omrani, G. A., Karbassi, A., Raof, F. F. (2012) The effects of socioeconomic parameters on household solid-waste generation and composition in developing countries (a case study: Ahvaz, Iran). *Environ. Monit. Assess.*, **184**(4), 1841–1846.
- Ni, Z., Liu, J., Zhang, M. (2017) Short-term pre-aeration applied to the dry anaerobic digestion of MSW, with a focus on the spectroscopic characteristics of dissolved organic matter. *Chemical Engineering Journal*, **313**, 1222-1232.
- Ogwueleka, T. C. (2013) Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. *Resource Conservation and Recycling*, **77**, 52–60.
- Pernambuco (2010) *Lei nº 14.236 - Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências, PE, de 13 de dezembro de 2010*. Acesso em 01 de dezembro de 2020, disponível em: http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf
- Pisani Júnior, R., Castro, M. C. A. A., Costa, A. A. (2018) Influence of population, income and electricity consumption on per capita municipal solid waste generation in São Paulo State, Brazil. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **20**, 1216–1227.
- Prades, M., Gallardo, A., Ibàñez, M.V. (2015) Factors determining waste generation in Spanish towns and cities. *Environ Monit Assess.*, **187**, 1-13.
- Recife (1997) *Lei nº 16.293 - Dispõe sobre as Regiões Político-Administrativas do Município de Recife*. Acesso em 01 de dezembro 2020, disponível em: <https://cm-recife.jusbrasil.com.br/legislacao/266206/lei-16293-97>
- Saladié, O. (2016) Determinants of waste generation per capita in Catalonia (North-eastern Spain): the role of seasonal population, *European Journal of Sustainable Development*, **5**(3), 489-504.

- Santo, R. E. (2012) Utilização da Análise de Componentes Principais na compressão de imagens digitais. *Einstein*, **10**(2), 135-139.
- Sel, I., Çakmakci, M., Özkaya, B., Altan, H. S. (2016) Case study on prediction of remaining methane potential of landfilled municipal solid waste by statistical analysis of waste composition data. *Waste Management*, **56**, 310–317.
- Shirmer, W. N. Crovador, M.I.C., Martins, K.G., Fraqueto, R., Cabral, A.R., Capanema, M.A., Jucá, J.F.T. (2017) Análise por componentes principais para o volume de biogás gerado em aterro sanitário e a correlação com variáveis físico-químicas. *Revista Gestão Sustentável e Ambiental*, **5**, 2, 149-164.
- Silva, H., Barbieri, A. F., Monte-Mór, R. L. (2012) Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Estatística Populacional*, **29**(2), 421-449.
- Silva, R. C. P., Bezerra, R. P. L., El-Deir, S. G., Jucá, J. F. T. (2018) Correlação de indicadores gerenciais nos setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Recife/PE, Brasil. In: *Cleaner Production for Achieving Sustainable Goals*. Barraquilha, Colombia. Acesso em 01 dez. 2020, disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sessoes/6A/5/silva_rcp_et_al_academic.pdf
- Soares, M. A. R., Quina, M. J., Reis, M. S., Quinta-Ferreira, R. (2017) Assessment of co-composting process with high load of an inorganic industrial waste. *Waste Management*, **59**, 80–89.
- Suthar, S., Singh, P. (2015) Household solid waste generation and composition in different family size and socio-economic groups: a case study. *Sustain. Cities Soc.*, **14**, 56–63.
- Wang, H., Shangguan, L., Wu, J., Guan, R. (2013) Multiple linear regression modeling for compositional data. *Neurocomputing*, **122**, 490–500.
- Xu, L., Lin, T., Xu, Y., Xiao, L., Ye, Z., Cui, S. (2016) Path analysis of factors influencing household solid waste generation: a case study of Xiamen Island, China, *J Mater Cycles Waste Management*, **18**, 377–384.
- Zaman, A. U. (2014) Measuring waste management performance using the “Zero Waste Index”: the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, **66**(1), 407-419.