







Avaliação de desempenho da coleta de resíduos sólidos em municípios do estado do Pará: proposta de um indicador multivariado

Caio Cezar Ferreira de Souza^{1*} , Joyce dos Santos Saraiva² , Maria Lúcia Bahia Lopes¹ , Marcos Antônio Souza dos Santos² , Analaura Corradi¹ , Douglas Junio Fernandes Assumpção¹ 

1 Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, Universidade da Amazônia – UNAMA, Campus Alcindo Cacela, Bloco E, 3o andar. Av. Alcindo Cacela, 287 – Umarizal, Belém/PA, 66060-902. E-mail: caiocfdesouza@gmail.com

2 Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. Avenida Presidente Tancredo Neves, N° 2501, Bairro Terra Firme, Belém/PA, 66077-830.

* Autor para correspondência: caiocfdesouza@gmail.com

Recebido em 28 de setembro de 2020.

Aceito em 15 de março de 2021.

Publicado em 15 de abril de 2021.

Resumo - O crescimento na geração de resíduos sólidos tornou o seu gerenciamento um serviço essencial para as cidades, sendo a coleta domiciliar e seletiva partes fundamentais desse processo. Assim, o objetivo do artigo foi criar um Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos (ICRS) dos municípios paraenses, a partir dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. A metodologia foi baseada na aplicação da análise fatorial que possibilitou a criação de um indicador, englobando variáveis relativas a coleta seletiva organizada, cobertura da coleta domiciliar urbana e legislação de resíduos sólidos. Os resultados demonstraram que 90% dos 20 municípios analisados apresentaram melhorias em seus ICRS, entre os anos de 2012 e 2018, porém também evidenciaram que a promulgação de legislação não é fator fundamental na implantação de sistemas de coleta seletiva. Dessa forma, políticas públicas mais eficazes são necessárias para que os municípios paraenses alcancem melhores resultados no gerenciamento de seus resíduos sólidos.

Palavras-chave: Serviços urbanos. Gerenciamento de resíduos sólidos. Coleta seletiva. Gestão municipal. Análise fatorial.

Performance evaluation of the solid waste collection in municipalities of the state of Pará: proposal for a multivariated indicator

Abstract - The growth in solid waste generation has made its management an essential service for cities, with household and selective collection being fundamental parts of this process. Thus, the objective of the article was to create a Solid Waste Collection Indicator (SWCI) in the municipalities of Pará, based on data from the National Sanitation Information System. The methodology was based on the application of factor analysis that enabled the creation of an indicator, encompassing variables related to organized selective collection, coverage of urban household collection and legislation on solid waste. The results showed that 90% of the 20 municipalities analyzed showed improvements in their ICRS, between the years 2012 and 2018, but they also show that the enactment of legislation is not a fundamental factor in the implementation of selective collection systems. Thus, more effective

public policies are necessary for the municipalities of Pará to achieve better results in the management of their solid waste.

Keywords: Urban services. Solid waste management. Selective collect. Municipal management. Factor analysis.

Evaluación del desempeño de recolección de residuos sólidos en municipios del estado de Pará: propuesta de indicador multivariado

Resumen - El crecimiento en la gestión de residuos sólidos se ha convertido en un servicio imprescindible para las ciudades, siendo la recolección doméstica y selectiva partes fundamentales de ese proceso. Así, el objetivo del artículo fue crear un Indicador de Recolección de Residuos Sólidos (IRRS) en los municipios de Pará, a partir de datos del Sistema Nacional de Información de Saneamiento. La metodología se basa en la aplicación de un análisis factorial que permite la construcción de un indicador, englobando varios relacionados con la recogida selectiva organizada, la cobertura de la recogida domiciliar urbana y la legislación de residuos sólidos. Los resultados muestran que el 90% de los 20 municipios analizados mostrarán mejoras en su ICRS, entre los años 2012 y 2018, pero también muestran que la promulgación de legislación no es un factor fundamental en la implementación de sistemas de recogida selectiva. Por lo tanto, se necesitan políticas públicas más efectivas para que los municipios de Paraná logren mejores resultados en su gestión de sus residuos sólidos.

Palabras clave: Servicios Urbanos. Manejo de residuos sólidos. Recogida Selectiva. Gestión municipal. Análisis factorial.

Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 2004) define os resíduos sólidos como os materiais provenientes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de varrição, assim como lodos de estações de tratamento de água. Gouveia (2012), afirma que a preocupação com os resíduos sólidos tem sido pauta de inúmeras discussões, em busca de alternativas que possam diminuir as consequências que a sociedade causa ao meio ambiente.

O crescimento econômico e o avanço tecnológico associados ao aumento da população, padrões de consumo e a progressiva urbanização em diversos países têm causado um acentuado aumento na geração de resíduos (Yousefloo e Babazadeh 2020). Dados divulgados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE 2020) por meio do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, evidenciaram que em 2019 cerca de 79,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos foram gerados no Brasil, com uma geração per capita de 379,2 kg/hab/ano. Para o ano de 2020, a geração de resíduos sólidos urbanos aumentou devido a pandemia de Covid-19, necessitando também de planejamento adicional pela quantidade excessiva de resíduos infecciosos domiciliares (Penteado e Castro 2021).

Do total de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente no ano de 2019, cerca de 92% foram coletadas e somente 59,5% receberam destinação adequada (ABRELPE 2020).

Wilson e Velis (2015), a partir de dados da Global Waste Management Outlook, dizem que aproximadamente 2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso a coleta regular de resíduos em todo o

mundo e que até o final de 2020 um dos objetivos globais de gerenciamento de resíduos é garantir o acesso de todos a esse tipo de serviço.

Assim, ações que sejam capazes de diminuir o efeito nocivo ao meio ambiente causado pelo aumento na geração de resíduos, como a coleta seletiva e a reciclagem, que são fundamentais para a sustentabilidade urbana, são necessárias (Besen et al. 2014). ABRELPE (2020), indica que 73,1% dos municípios brasileiros tiveram alguma iniciativa de coleta seletiva em 2019. Contudo, para que essas ações tenham eficiência é essencial um bom sistema de gestão. Wilson et al. (2015), afirma que este serviço é essencial para todas as cidades, sendo de fundamental importância para a manutenção da saúde pública. Esse sistema de gerenciamento é composto por etapas que abrangem desde a geração até a disposição final adequada (Yadav et al. 2018).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, reuniu um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações para esse gerenciamento dos resíduos sólidos, tendo como instrumentos os planos de resíduos sólidos, coleta seletiva e um sistema nacional de informações (Brasil 2010). Porém, segundo Espirito-Santo e Szlafsztein (2016), a sanção de uma lei não garante a sua efetividade, devido a entraves como fragilidade institucional, recursos financeiros e capacidade técnica. Esse é um contexto geral no Brasil e, particularmente, no estado do Pará.

Além disso, no Pará, por exemplo, encontram-se regiões com indicadores socioeconômicos de alto nível, com áreas altamente dinamizadas economicamente e com a maior parcela de produto interno, como por exemplo, a região metropolitana de Belém, a mesorregião do Sudoeste e Sudeste paraense, e outras regiões caracterizadas por menores dinamismo e expressividade econômica e com indicadores sociais mais pobres, é o caso da mesorregião do Marajó (Silva et al. 2011). As diferenças entre as regiões mais desenvolvidas e as menos desenvolvidas estão muito acentuadas, tanto no que diz respeito à oportunidade de renda e emprego quanto no acesso à educação, ao saneamento básico, dentre outros serviços (Andrade 2019).

O uso de indicadores é uma ferramenta importante no processo de estabelecimento e de avaliação da legislação. Pereira et al. (2018), ao apresentar um modelo de avaliação da gestão dos resíduos sólidos, identificaram que a utilização de dados, tanto primários quanto secundários, são fundamentais para tomada de decisão na gestão pública municipal. Barros e Silveira (2019) utilizaram dados primários para construir um indicador de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

Dessa forma, o artigo tem como objetivo estabelecer um indicador, via análise fatorial, para apoio da gestão municipal de alguns municípios paraenses com mais de 50.000 habitantes, nos anos de 2012 e 2018, a partir dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), incorporando variáveis relativas a coleta seletiva, taxas de cobertura de coleta regular domiciliar e a existência de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Material e métodos

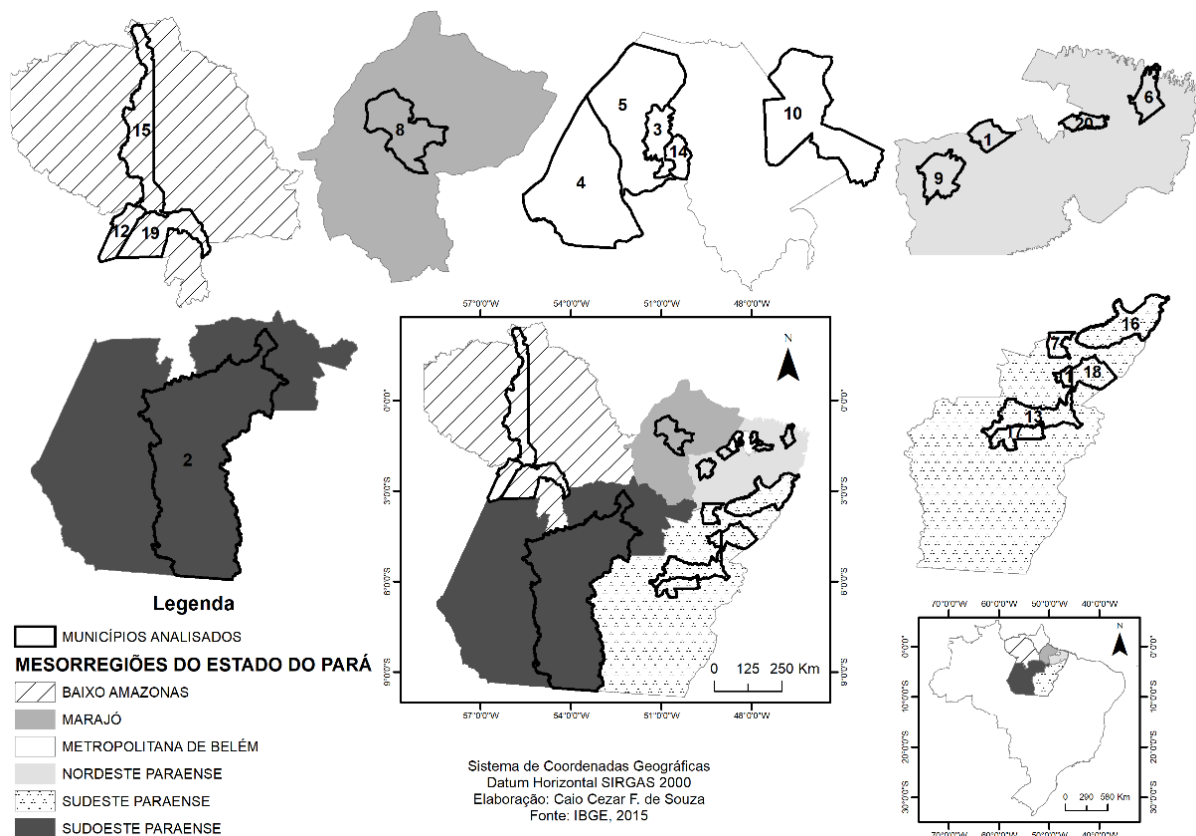
Área de estudo e fonte de dados

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2018) de estimativa populacional, o estado do Pará possui 45 municípios com população acima de 50.000 habitantes

em 2018, dos quais apenas 20 (Figura 1) divulgaram informações completas sobre o gerenciamento de resíduos sólidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e representam cerca de 51% da população paraense e estão distribuídos em todo o território, portanto, são representativos da realidade estadual, assim, foram selecionados para a análise nos anos de 2012 e 2018, período definido para realizar a comparação entre um momento próximo a criação da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e define o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e um momento atual.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) foi criado em 1996 e é uma unidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que possui abrangência nacional e anualmente coleta dados dos municípios e dos prestadores de serviços de saneamento e disponibiliza através de diagnósticos. É um dos sistemas de informações mais importante do setor de saneamento brasileiro e sua base de dados contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água e esgotos, de manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (MDR, 2020).

Figura 1. Localização dos municípios analisados, estado do Pará, Norte do Brasil.



Nota: (1) Abaetetuba, (2) Altamira, (3) Ananindeua, (4) Barcarena, (5) Belém, (6) Bragança, (7) Breu Branco, (8) Breves, (9) Cametá, (10) Castanhal, (11) Jacundá, (12) Juruti, (13) Marabá, (14) Marituba, (15) Óbidos, (16) Paragominas, (17) Parauapebas, (18) Rondon do Pará, (19) Santarém e (20) São Miguel do Guamá.

Indicador de coleta de resíduos sólidos municipal

O Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos Municipal (ICRS) foi criado através da aplicação da análise fatorial, que segundo Hair et al. (2009), consiste em uma técnica estatística multivariada para averiguar padrões entre determinadas variáveis a fim de resumí-las em um número menor de fatores, que podem ser utilizados para a criação de indicadores.

O modelo básico da análise fatorial, segundo Dillon e Goldstein (1984), pode ser apresentado na forma matricial por:

$$X = \alpha f + \varepsilon$$

Em que:

X = o p -dimensional vetor transposto das variáveis observadas (características), denotado por $Y' = (y_1, y_2, \dots, y_k)$;

α = uma matriz (p, k) tal que cada elemento a_{ij} expressa a correlação entre o volume y_{ij} e o fator f_j , sendo α denominado matriz de cargas fatoriais com o número k de fatores menor que o número p de variáveis;

f = o q -dimensional vetor transposto de variáveis não observáveis ou variáveis latentes chamadas de fatores comuns, denotado por $F' = (f_1, f_2, \dots, f_k)$, sendo $k < p$; e

ε = o p -dimensional vetor transposto de variáveis aleatórias ou fatores únicos, ou seja, vetor de componentes residuais, denotado por:

$$\varepsilon' = (e_1, e_2, \dots, e_k).$$

As variáveis obtidas através do SNIS, foram utilizadas para extrair os fatores latentes e compor o ICRS nos municípios analisados, estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Variáveis que compõe o Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos Municipal.

Variável	Descrição
X1	Existência de catadores organizados em cooperativas ou associações
X2	Quantidade de entidades associativas
X3	Existência de coleta seletiva no município
X4	Existência de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), conforme a Lei nº 12.305/2010
X5	Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana
X6	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta domiciliar em relação à população urbana

As variáveis X1, X3 e X4 por serem qualitativas (binárias), foi realizada a transformação de Sim para 1 e Não para 0, para a utilização na análise fatorial. X2, X5 e X6 foram usados os valores originais disponibilizados no SNIS, por serem variáveis quantitativas.

Após a seleção das variáveis e dos municípios foi aplicada a análise fatorial no software IBM SPSS Statistics 22, utilizando o método das componentes principais e a rotação ortogonal Varimax, que foi utilizada devido ser o mais popular método, considerado superior aos outros para conseguir uma estrutura fatorial simplificada (Hair et al. 2009). A fim de confirmar a validade dos dados

analisados foram realizados os testes Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett, sendo este utilizado para verificar se as variáveis apresentam correlação entre si e aquele representa se a amostra de dados é adequada para a aplicação da análise fatorial. Segundo Hair et al. (2009), $KMO \geq 0,5$ e teste de esfericidade de Bartlett estatisticamente significativa ($p < 0,05$) demonstram a adequabilidade dos dados.

A partir da análise fatorial se tem como resultados os fatores extraídos, o percentual da variância explicada por cada fator e os escores fatoriais para cada observação (municípios). De forma a se ter o ICRS em uma escala que varia de 0 a 1, com o objetivo de classificar os municípios de acordo com o Quadro 2, foi realizada a padronização dos escores fatoriais utilizando a Equação 1.

$$F P_{ij} = \frac{(F_{ij} - F_{imin})}{(F_{imax} - F_{imin})}, \quad (i \text{ (fator)} = 1, 2, \dots, n); (j \text{ (observação)} = 1, 2, \dots, n). \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- FP_{ij} = fator padronizado;
- F_{ij} = escore fatorial;
- F_{imin} = valor mínimo do escore fatorial;
- F_{imax} = valor máximo do escore fatorial.

E, posteriormente a padronização dos fatores, construiu-se o ICRS para os anos de 2012 e 2018 a partir da Equação 2.

$$ICRS_j = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_{AC}} F P_{ij} \right), \quad (i \text{ (fator)} = 1, 2, \dots, n); (j \text{ (observação)} = 1, 2, \dots, n). \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- λ_i = variância explicada pelo fator i ;
- λ_{AC} = variância acumulada explicada por todos os fatores extraídos;
- FP_{ij} = fator padronizado.

Quadro 2. Classificação dos municípios segundo o Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos Municipal.

Valor do ICRS	Classificação
$\geq 0,70$	Coleta de RS Satisfatória
$0,70 < 0,30$	Coleta de RS Regular
$\leq 0,30$	Coleta de RS Insuficiente

Resultados e discussão

Os municípios analisados, entre os anos de 2012 e 2018, apresentaram alterações nas seis variáveis analisadas, que compõem o ICRS, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Valores absolutos das variáveis que compõe o Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos Municipal.

Mesorregião	Município	Ano	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Baixo Amazonas	Juruti	2018	1	1	0	1	100	100
		2012	0	0	0	0	72	100
	Óbidos	2018	0	0	0	0	82	96
		2012	0	0	0	0	72	78
	Santarém	2018	1	3	0	1	100	100
		2012	1	1	0	0	100	100
Marajó	Breves	2018	0	0	0	1	80	80
		2012	0	0	0	0	74	84
Nordeste Paraense	Abaetetuba	2018	1	1	0	1	58	98
		2012	1	1	0	0	68	100
	Bragança	2018	1	1	1	0	76	76
		2012	1	1	1	0	81	100
	Cametá	2018	1	1	1	1	15	85
		2012	0	0	0	0	92	100
	São Miguel do Guamá	2018	1	1	0	1	100	100
		2012	0	0	0	0	61	91
Metropolitana de Belém	Ananindeua	2018	1	2	1	0	100	100
		2012	1	1	0	0	78	100
	Barcarena	2018	0	0	0	1	81	99
		2012	0	0	0	0	91	100
	Belém	2018	1	4	1	0	85	95
		2012	1	1	1	0	86	93
	Castanhal	2018	0	0	1	0	97	97
		2012	0	0	1	0	77	100
	Marituba	2018	1	2	1	0	25	100
		2012	0	0	0	0	89	89
Sudeste Paraense	Breu Branco	2018	0	0	0	0	100	100
		2012	0	0	0	0	32	100
	Jacundá	2018	0	0	0	1	100	100
		2012	0	0	0	0	79	98
	Marabá	2018	0	0	0	0	100	100
		2012	0	0	0	0	98	100
	Paragominas	2018	1	1	1	1	100	100
		2012	0	0	0	0	93	100
	Parauapebas	2018	0	0	0	0	94	100
		2012	0	0	1	0	99	100
	Rondon do Pará	2018	0	0	0	1	78	100
		2012	0	0	0	0	85	100
Sudoeste Paraense	Altamira	2018	0	0	1	0	100	100
		2012	0	0	0	0	58	92

No que se refere à qualidade estatística dos resultados do modelo, o conjunto de dados analisados apresentou-se adequado para a aplicação da análise fatorial e, por conseguinte para a criação do ICRS, tendo um índice de KMO de 0,573, indicando que os dados se inter-relacionam e, portanto, a análise dos componentes principais pode ser realizada. Por sua vez, o teste de esfericidade de Bartlett foi estatisticamente significativo ($p < 0,05$) e apresentou valor de 53,495. Foram extraídos três fatores latentes que explicam 76,12% da variância total (Tabela 2). Os fatores foram extraídos utilizando o critério da raiz latente, no qual apenas os fatores com autovalores maiores que um são considerados significantes (Hair et al. 2009).

Tabela 2. Matriz de cargas fatoriais após a rotação ortogonal pelo método Varimax, comunalidades e testes de adequação dos dados.

Variável	F1	F2	F3	Comunalidades
X1	0,905	-0,035	0,212	0,865
X2	0,903	0,047	0,106	0,828
X3	0,661	-0,131	-0,496	0,700
X6	0,065	0,818	0,016	0,674
X5	-0,101	0,795	-0,012	0,642
X4	0,173	-0,031	0,909	0,857
Variância Acumulada	35,262	57,312	76,122	-
KMO	0,573			
	Aprox. Qui-quadrado			53,495
Teste de esfericidade de Bartlett	df			15
	Sig.			0

As cargas fatoriais de cada variável determinaram a composição de cada fator, sendo os mesmos compostos pelas variáveis que apresentaram carga fatorial maior que 0,500 (Tabela 2).

O primeiro fator (F1) explicou 35,26% da variância total e é composto pelas variáveis existência de catadores organizados em cooperativas ou associações (X1), quantidade de entidades associativas (X2) e existência de coleta seletiva no município (X3). Esse fator foi nomeado de coleta seletiva organizada.

O segundo fator (F2) responde por 22,05% da variância total e agrupa duas variáveis originais, que são a taxa de cobertura regular do serviço de coleta domiciliar em relação à população urbana (X6) e taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana (X5). Esse fator foi denominado serviço de coleta domiciliar urbana.

O terceiro fator (F3) explicou 18,81% da variância total e é formado pela variável existência de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), conforme a Lei nº 12.305/2010. A esse fator foi dado o nome de legislação de resíduos sólidos.

No Fator 1 os escores fatoriais dos municípios variaram de -0,987 a 2,637, no Fator 2 de -3,075 a 1,037 e no Fator 3 de -1,342 a 1,953 e foram padronizados utilizando a Equação 1 para a variação ficar entre zero e um.

O Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos (ICRS) pode ser representado pela Equação 3, adaptação da Equação 2 com os resultados da análise fatorial.

$$ICRS = 0,463FP1 + 0,290FP2 + 0,247FP3 \quad \text{Equação 3}$$

A partir desses fatores padronizados, foi possível obter o ICRS para cada município analisado, nos anos de 2012 e 2018, como é demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Indicador de Coleta de Resíduos Sólidos Municipal e escores fatoriais por município nos anos de 2012 e 2018.

Mesorregião	Município	Ano	FP1	FP2	FP3	ICRS
Baixo Amazonas	Juruti	2018	0,441	0,963	0,969	0,723
		2012	0,058	0,770	0,321	0,329
	Óbidos	2018	0,047	0,756	0,319	0,320
		2012	0,000	0,266	0,335	0,160
	Santarém	2018	0,702	1,000	1,000	0,862
		2012	0,419	0,987	0,413	0,582
Marajó	Breves	2018	0,026	0,347	0,886	0,331
		2012	0,016	0,422	0,330	0,211
Nordeste Paraense	Abaetetuba	2018	0,445	0,627	0,988	0,632
		2012	0,426	0,763	0,427	0,524
	Bragança	2018	0,562	0,255	0,129	0,366
		2012	0,623	0,820	0,112	0,554
	Cametá	2018	0,620	0,000	0,705	0,461
		2012	0,054	0,912	0,313	0,366
	São Miguel do Guamá	2018	0,441	0,963	0,969	0,723
		2012	0,038	0,496	0,331	0,243
Metropolitana de Belém	Ananindeua	2018	0,750	0,975	0,120	0,659
		2012	0,424	0,833	0,423	0,542
	Barcarena	2018	0,075	0,786	0,874	0,478
		2012	0,054	0,906	0,313	0,365
	Belém	2018	1,000	0,791	0,160	0,732
		2012	0,603	0,692	0,115	0,508
	Castanhal	2018	0,245	0,840	0,003	0,358
		2012	0,257	0,774	0,010	0,346
	Marituba	2018	0,765	0,451	0,151	0,522
		2012	0,026	0,643	0,321	0,278
Sudeste Paraense	Breu Branco	2018	0,053	0,967	0,309	0,381
		2012	0,066	0,492	0,338	0,257
	Jacundá	2018	0,074	0,942	0,865	0,521
		2012	0,053	0,784	0,319	0,330
	Marabá	2018	0,052	0,963	0,309	0,380
		2012	0,053	0,950	0,310	0,376
	Paragominas	2018	0,641	0,933	0,660	0,730
		2012	0,054	0,916	0,312	0,368
	Parauapebas	2018	0,053	0,924	0,312	0,369
		2012	0,253	0,929	0,000	0,386
	Rondon do Pará	2018	0,079	0,790	0,874	0,481
		2012	0,056	0,858	0,316	0,352
Sudoeste Paraense	Altamira	2018	0,253	0,936	0,000	0,388
		2012	0,040	0,489	0,332	0,243

Entre os 20 municípios estudados, 90% apresentaram alguma melhoria no conjunto de variáveis que compõe o ICRS. Os municípios paraenses tiveram maior destaque no Fator 1, coleta seletiva organizada, pois além desse fator ter maior influência no indicador, como demonstra a Equação 3, nele, segundo os dados da Tabela 3, 15 municípios apresentaram resultado superior em 2018 comparado a 2012, confirmando a colocação de Besen *et al.* (2014), no qual consideram a coleta seletiva como elemento fundamental na sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos.

No Fator 2, verifica-se na Tabela 3, a evolução positiva no período analisado, de 12 municípios, impulsionada pelo aumento na X5 em 11, e na X6 em 6 municípios, como pode ser observado na Tabela 3. Em relação ao Fator 3, os dados demonstram a criação de 10 PMGIRS, entre os anos de 2012 e 2018.

Juruti, Santarém, Belém e Paragominas, que foram classificados no ano de 2012 com uma coleta de RS regular, em 2018 passaram a ter uma coleta de RS satisfatória. Essa evolução, em Juruti e Santarém, passou pela elaboração do PMGIRS, que ocorreu nos anos de 2013 e 2015, respectivamente.

Em Juruti e Paragominas também é importante destacar a implantação da coleta seletiva entre os anos de 2012 e 2018, demonstrada na Tabela 3 pelas melhorias no Fator 1, passando de 0,058 para 0,441 em Juruti e de 0,054 para 0,641 em Paragominas. Santarém e Belém, os municípios com o ICRS mais alto em 2018, 0,862 e 0,732, respectivamente, a coleta seletiva já era implementada em 2012, tendo um aumento no número de entidades associativas de catadores para o último período analisado, sendo que Santarém passou de uma para três entidades, enquanto que Belém teve um salto de uma para quatro, como mostra a Tabela 1.

Porém, Cruz, Gomes e Blanco (2017), destacam condições precárias de catadores no aterro de Perema, no município de Santarém, concluindo em sua pesquisa que se tem a necessidade urgente da administração local de proporcionar a essa parcela da população maior dignidade no seu local de trabalho. Em Belém, capital do Estado, Fiel *et al.* (2020), afirmam que as cooperativas de reciclagem apresentam diversos tipos de problemas, como na estrutura dos galpões, ausência de veículos e falta de segurança, e, além disso, os cooperados sofrem com situação de pobreza, o que leva a maior exposição a riscos. Dessa forma, apesar desses municípios apresentarem o melhor desempenho em relação ao ICRS, os mesmos ainda apresentam significativas barreiras na gestão de resíduos.

Siman *et al.* (2020) ressaltam que as organizações de catadores são de suma importância no processo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, integrando os três elos do desenvolvimento sustentável, o econômico, social e ambiental, através da promoção da economia circular.

Juruti, como demonstra a Tabela 1, foi destaque nas variáveis que compõe o Fator 2, X5 e X6, no ano de 2018, alcançando cobertura total no serviço de coleta domiciliar urbana, objetivo definido para 2020 na Global Waste Management Outlook (Wilson e Velis 2015). Em relação a Santarém verifica-se na Tabela 1 que esse objetivo foi alcançado já em 2012, demonstrando a eficiência do setor de coleta na gestão de resíduos do município.

São Miguel do Guamá, que em 2012 apresentou um ICRS classificado como uma coleta de RS insuficiente, passou a ter em 2018 coleta de RS satisfatória, tendo assim a maior evolução dentre os municípios analisados, uma vez que além de ter instituído o PMGIRS, representado pelo Fator 3, e implantado a coleta seletiva, Fator 1, como em Juruti e Paragominas, teve uma evolução significativa

em suas taxas de coleta regular domiciliar urbana e coleta direta (porta-a-porta), passando de 91,36% para 100% e 60,9% para 100%, respectivamente, Tabela 1.

Por outro lado, Bragança, um dos dois municípios que apresentou uma diminuição no ICRS entre os anos de 2012 e 2018, teve esse decréscimo justamente associado ao Fator 2, de serviço de coleta domiciliar urbana, pois as taxas de coleta regular domiciliar urbana e coleta direta (porta-a-porta) caíram de 100% e 80,5% para 76,46% e 76,46%, respectivamente, levando a queda desse fator de 0,820 para 0,255, Tabela 3. Lopes, Oliveira e Cardoso (2021), ainda reforçam que no município de Bragança os resíduos são despejados em lixão a céu aberto e que as cooperativas de reciclagem não conseguem abranger todos os bairros da área urbana devido a ausência total de incentivo da prefeitura local.

Parauapebas foi o outro município que teve um declínio no ICRS no período estudado, sendo o único que inicialmente, em 2012, possuía um sistema de coleta seletiva e em 2018 declarou o ter extinguido, influenciando diretamente na diminuição do Fator 1 de 0,253 para 0,053. Além disso, teve uma pequena diminuição no fator de serviço de coleta domiciliar urbana e não criou o seu PMGIRS, apesar de ser o município com o segundo maior Produto Interno Bruto (PIB), superado apenas pela capital Belém, e segundo maior PIB per capita, atrás de Canãa dos Carajás, do estado do Pará (IBGE, 2017).

Barcarena, Jacundá e Rondon do Pará se caracterizaram nesse período pela criação de seus respectivos PMGIRS, porém um sistema de coleta seletiva não foi implantado nesses municípios, sendo assim os mesmos apresentaram melhorias no Fator 3 e estagnação no Fator 1, não tendo avanços significativos no ICRS, como mostra a Tabela 3. O município de Breves apresentou ICRS muito incipiente com relação a todos os fatores, e o que mais apresentou incremento de 2012 a 2018 foi o terceiro fator, com a criação do PMGIRS.

Enquanto que em Altamira e Castanhal foi declarada a existência de coleta seletiva no ano de 2018, porém sem a presença de catadores organizados em cooperativas ou associações. Scheinberg et al. (2011) concluiu em seu estudo que a reciclagem informal é a principal responsável pela coleta seletiva nos países de renda baixa e média, e que o setor informal é parcialmente integrado ao sistema formal de gerenciamento de resíduos sólidos. No município de Castanhal, Nascimento, Pereira e Almeida (2020), destacam também a ineficiência em relação aos aspectos técnicos e operacionais dos serviços de coleta e transporte de resíduos, que tem gerado gastos excessivos para a administração pública, e não tem reflexos nos indicadores, uma vez que o ICRS do município permaneceu praticamente estagnado entre 2012 e 2018, de acordo com os dados da Tabela 3.

Ananindeua, um dos municípios mais próximos de Belém, elevou o seu ICRS nos dois primeiros fatores, impulsionado pelo fator coleta seletiva organizada, entretanto, teve uma queda no terceiro fator, ocasionado pela lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O município de Marituba, localizado na região metropolitana de Belém, exibiu um incremento apenas com relação a coleta seletiva organizada. Esse local abriga o aterro sanitário que recebe os resíduos sólidos provenientes de três municípios e já existia a coleta seletiva em 2012, com a presença de uma entidade associativa de catadores, que foram motivadas a atuar a partir do anúncio de fechamento do aterro. Silva (2018) afirma que, a preocupação com o desemprego dos trabalhadores catadores deu lugar a ações para inclui-los na dinâmica participativa exigida pela PNRS.

Na Região Metropolitana de Belém, Braga e Pontes (2020), afirmam que cooperativas de reciclagem não abrangem nem 30% dos bairros, sendo o maior problema para as mesmas a coleta

porta-a-porta, visto que a população não apresenta grau suficiente de conscientização ambiental para realizar a separação dos resíduos.

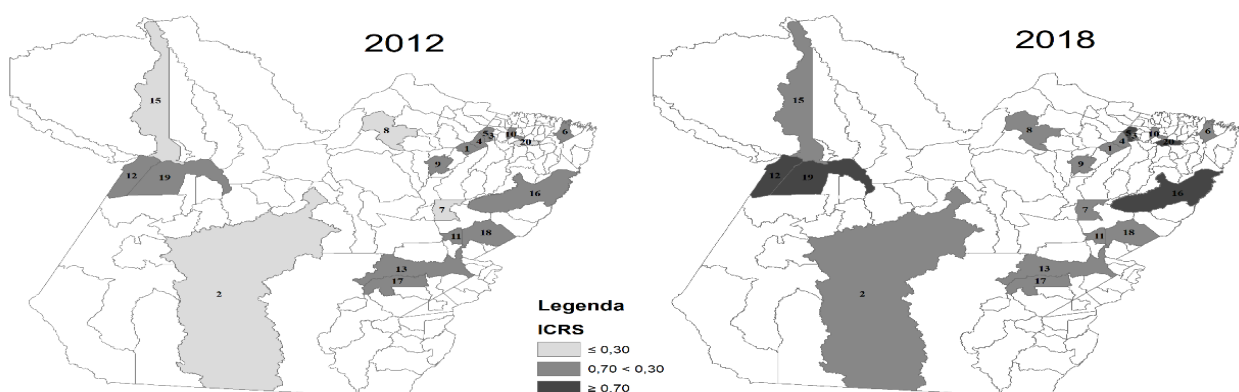
Em Óbidos, Breu Branco e Marabá, os fatores, coleta seletiva organizada e legislação de resíduos sólidos, pouco influenciaram na variação do ICRS entre os anos de 2012 e 2018, pois nesse período esses municípios não conseguiram elaborar seus PMGIRS e não tiveram a implantação de qualquer tipo de coleta seletiva. Sendo assim, a variação positiva se deu pelo aumento nas taxas de coleta domiciliar, observada na Tabela 1, que foram mais significativas em Óbidos e Breu Branco, enquanto que em Marabá que já apresentava um percentual próximo a 100% em 2012 se teve praticamente uma manutenção em 2018, fazendo com que esse município apresentasse a menor variação entre todos no período analisado.

Ferreira e Vieira (2018) consideram que a variável coleta regular de resíduos sólidos não é o melhor indicador para aferir a sustentabilidade, pois não representa a destinação final adequada, porém o aumento na taxa dessa variável representa um passo importante no gerenciamento dos resíduos, uma vez que quanto maior o nível de coleta menor a disposição de resíduos próximos às residências, além de ser um facilitador para uma futura destinação adequada em aterros sanitários.

Abaetetuba e Cametá, que entre os anos de 2012 e 2018, instituíram os seus PMGIRS, e manteve a coleta seletiva organizada no caso do primeiro e criou o sistema no caso do segundo, não tiveram o mesmo êxito em relação ao fator de serviço de coleta domiciliar urbana, pois tiveram significativas reduções em suas taxas de cobertura do serviço, tendo Cametá o pior resultado nesse fator, com uma diminuição de 92,2% para 14,69% e de 100% para 85,31% nas taxas de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) e cobertura regular, respectivamente.

Esses resultados foram demonstrados na Figura 2, a partir da classificação criada no Quadro 2, com o objetivo de apresentar uma visão holística dos municípios analisados no estudo, que apesar de representar uma amostra pequena comparada ao número total de municípios do estado, indica a possibilidade de buscar alternativas para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos integrando dois ou mais municípios.

Figura 2. Mapa do ICRS nos municípios analisados nos anos de 2012 e 2018.



Ao se fazer uma análise entre a relação dos fatores coleta seletiva organizada e legislação de resíduos sólidos para o ano de 2018, nota-se que 50% dos municípios analisados não apresentaram relação direta entre essas variáveis, pois quatro deles possuem PMGIRS e não possuem sistema de coleta seletiva, enquanto que em seis a situação é contrária. O que é diferente do estudo realizado por Carbonai et al. (2020) nos municípios do Rio Grande do Sul, no qual através da aplicação de análise bi-variada se encontrou associação entre a presença de um PMGIRS e serviço de coleta seletiva, demonstrando assim a diferença de efetividade de políticas públicas nas diferentes regiões do país.

Conclusão

Observa-se que as variáveis e os municípios analisados permitiram a criação de um indicador de coleta de resíduos sólidos em 20 municípios do estado do Pará, o ICRS, o qual demonstrou de forma quantitativa que a maioria (90%) dos municípios analisados conseguiram implementar melhorias na coleta de resíduos sólidos no período entre 2012 e 2018. Porém, também foi possível perceber que a metade dos municípios não elaboraram os PMGIRS, Óbidos, Bragança, Ananindeua, Belém, Castanhal, Marituba, Breu Branco, Marabá, Parauapebas e Altamira e 40% não implantaram sistemas de coleta seletiva, os municípios de Óbidos, Breves, Barcarena, Breu Branco, Jacundá, Marabá, Parauapebas, Rondon do Pará, mesmo com uma década da instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Vale destacar que mesmo com a implantação de tal política ainda há a necessidade do estabelecimento de uma melhor gestão dos resíduos sólidos e seu melhor aproveitamento, haja vista que planejar e agir irá viabilizar cada vez mais essa política.

Assim, todos os resultados obtidos e analisados no presente estudo fortalecem o argumento de que a efetividade das políticas públicas para a melhoria na qualidade nos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos, a redução nas desigualdades de acesso dos mesmos à população em requer ações coordenadas nas diversas frentes de ação governamental, além de uma melhor divulgação de dados por meio das prefeituras, visto que não se tem a disponibilidade de muitas variáveis no sistema de informações, como por exemplo o tipo de destinação utilizada, que possibilitasse uma avaliação mais robusta de todo o sistema de gestão.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de pesquisa.

Participação dos autores: CCFS, JSS – redação e desenvolvimento metodológico (40%); MLBL, MAS, AC, DJF – Orientação, supervisão e correção do manuscrito (5%).

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: o artigo utiliza apenas dados secundários, não necessitando de aprovação de comitê de ética ou outras licenças de pesquisa.

Disponibilidade dos dados: os dados não foram depositados em nenhuma plataforma.

Fomento: o artigo foi produzido com auxílio de bolsas de mestrado e doutorado Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) dos discentes Joyce dos Santos Saraiva (Mestrado) e Caio Cezar Ferreira de Souza (Doutorado).

Conflito de interesses: os autores informam não haver conflito de interesses.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004. **ABNT NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação**. ABNT. Rio de Janeiro.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2020. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE. São Paulo. 52 p. Disponível em < <https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 14 mar 2021.
- Andrade SS. 2019. Políticas públicas na Amazônia marajoara: os índices de desenvolvimento socioeconômico na região. **Nova Revista Amazônica**, 7(1):159-179.
- Barros RTV, Silveira AVF. 2019. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24(2):411-423.
- Besen GR, Ribeiro H, Gunther WMR, Jacobi, P. R. 2014. Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Ambiente & Sociedade**, 17(3):259-278.
- Braga RL, Pontes AN. 2020. Desenvolvimento urbano aliado a práticas ambientais: diagnóstico da coleta seletiva em municípios da Região Metropolitana de Belém. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 9(4):316-335.
- Brasil. 2020. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/institucional>>. Acesso em: 22 jul 2020.
- Brasil. 2010. Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 3-7, 03 ago. 2010.
- Carbonai D, Baum J, Camiz S. 2020. Gestão municipal de resíduos e ambiente institucional no Rio Grande do Sul. **EURE (Santiago)**, 46(138):139-153.
- Cruz SLF, Gomes MVCN, Blanco CJC. 2019. Trabalho e resíduos: uma investigação sobre os catadores de lixo de um aterro controlado na Amazônia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 6(2):351-367.
- Dillon WR, Goldstein M. 1984. **Multivariate analysis: methods and applications**. John Wiley & Son. New York.
- Espirito-Santo CM, Szlafsztein CF. 2016. Gestão de risco de desastres em planos diretores de três Municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 16(2):223-229.
- Ferreira AEM, Vieira, ICG. 2018. Sustentabilidade urbana na região metropolitana de Santarém, Pará, Brasil nos anos 2000 e 2010. **Economía, Sociedad y Territorio**, 18(58):763-795.
- Fiel LC, Monteiro Neto A, Sousa MC, Batista LM, Freitas KM, Paiva PFPR. 2020. Resíduos sólidos urbanos: uma análise do processo logístico e atuação de cooperativas na cidade de Belém. **Research, Society and Development**, 9(9):01-23.
- Gouveia N. 2012. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1503-1510.
- Hair JJE, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tathan RL. 2009. **Análise multivariada de dados**. Bookman. Porto Alegre.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto dos Municípios. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>>. Acesso em: 10 jun 2020.
- Lopes IVS, Oliveira TCS, Cardoso LAS. 2021. Mapeamento dos pontos de descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos no bairro Cereja, Bragança/PA. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 4(1):355-367.
- Nascimento DLG, Pereira JAR, Almeida ACP. 2020. Análise da gestão da coleta e transporte dos RSU do município de Castanhal-PA. **Research, Society and Development**, 9(10):01-19.

Penteado CSG, Castro MAS. 2021. Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario? **Resources, Conservation and Recycling**, 164:01-09.

Pereira SS, Curi RC, Curi WF. 2018. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23:471-483.

Scheinberg A, Spies S, Simpson MH, Mol APJ. 2011. Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: Building on modernised mixtures. **Habitat International**, 35:188-198.

Silva IM, Santana AC, Gomes SC, Tourinho MM. 2011. Associação de dados espaciais: uma análise exploratória para desenvolvimento econômico do estado do Pará. **Teoria e Evidência Econômica**, 36:63-79.

Silva FM. 2018. Análise da implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Município de Marituba/PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 7(4):45-65.

Siman RR, Yamane LH, Baldam RL, Tackla JP, Lessa SFA, Britto PM. 2020. Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. **Waste Management**, 105:148-169.

Wilson DC, Rodic L, Cowing MJ, Velis CA, Whiteman AD, Scheinberg A, Vilches R, Masterson D, Stretz J, Oelz B. 2015. 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, 35:329-342.

Wilson DC, Velis CA. 2015. Waste management - still a global challenge in the 21st century: An evidence-based call for action. **Waste Management & Research**, 33(12):1049-1051.

Yadav V, Karmakar S, Dikshit AK, Bhurjee AK. 2018. Interval-valued facility location model: An appraisal of municipal solid waste management system. **Journal of Cleaner Production**, 171:250-263.

Yousefloo A, Babazadeh R. 2020. Designing an integrated municipal solid waste management network: A case study. **Journal of Cleaner Production**, 244:1-16.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.