



### III-124 – ENTRE DESAFIOS E POTENCIAIS: ANÁLISE DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NAS CAPITALS DO NORDESTE BRASILEIRO

#### **Raquel Ferreira do Nascimento<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE. Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI).

#### **Ana Paula Alves Feitosa de Amorim<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Administradora pela UFPE. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE.

#### **Thais Tainan Santos da Silva<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE. Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE. Professora substituta no Núcleo de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife – Pernambuco – CEP: 50740-550 – Brasil – Tel: (81) 2126-8200 – e-mail: [raquel.ferreiran@ufpe.br](mailto:raquel.ferreiran@ufpe.br)

#### **RESUMO**

A intensa urbanização, o crescimento populacional e novos padrões de consumo têm aumentado a geração de resíduos sólidos urbanos, pressionando a gestão global desses resíduos. A má gestão dos resíduos sólidos urbanos causa problemas econômicos, sociais e ambientais, embora haja potencial para reaproveitamento e geração de valor econômico, trabalho e renda. No Brasil, a Lei de Políticas Nacionais de Resíduos Sólidos visa melhorar a gestão dos resíduos, mas enfrenta obstáculos como falta de recursos e adaptação local. Este estudo avaliou dados sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos nas capitais da macrorregião do Nordeste brasileiro: Aracaju, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Natal, Recife, Salvador, São Luiz e Teresina. A coleta de dados utilizou a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) com uma série histórica de 2002 a 2021 sobre resíduos sólidos, selecionando os três indicadores mais representativos para a realidade no Nordeste (IN006 - despesa per capita com manejo de resíduos sólidos urbanos em relação a população urbana; IN021 - massa coletada per capita em relação à população urbana; e IN031 - taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada). Foi observado um aumento na geração de resíduos sólidos urbanos influenciado pela pandemia de COVID-19, com o Nordeste ocupando a segunda posição em geração de resíduos no Brasil. Apesar das melhorias na coleta de resíduos, os valores ainda foram ínfimos tanto para coleta quanto para recuperação de recicláveis. As dificuldades incluem fragilidade nos programas de coleta seletiva, falta de mobilização comunitária, necessidades de maior divulgação e investimentos, e educação ambiental. A análise revelou um cenário complexo na gestão dos resíduos sólidos urbanos nas capitais do Nordeste, com falta de investimentos e incentivos para a recuperação de recicláveis. Soluções integradas e sustentáveis são importantes para enfrentar os desafios e promover uma gestão eficaz dos resíduos na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão integrada, Geração, Despesas, Reciclagem, Taxa de recuperação.

#### **INTRODUÇÃO**

A intensa urbanização, o aumento da concentração populacional e a adoção de novos padrões de consumo têm impulsionado a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Esse aumento da geração intensifica a pressão sobre a gestão desses resíduos, que emerge como um desafio em escala global. Até o ano de 2050, estima-se que a população global exceda os 9,8 bilhões de pessoas. Esse crescimento cria uma demanda por estratégias inovadoras na gestão de resíduos (Bruhn *et al.*, 2023).



A gestão inadequada dos RSU reflete em problema econômico, social e ambiental. Mersoni e Reichert (2017) destacaram que os municípios ao se depararem com a quantidade de resíduos gerada, acabam por adotar soluções imediatas. Assim, muitos resíduos que são descartados poderiam ser mais eficientemente destinados e reaproveitados. Reconhecer o resíduo sólido como um bem de valor econômico (reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético) pode causar valor social, por ser capaz de gerar trabalho e renda (FADE, 2014; Mersoni; Reichert, 2017). No quesito sanitário e ambiental, observa-se a associação a diversos impactos à saúde e meio ambiente, como a proliferação de vetores de doenças, poluição visual, contaminação de solos e corpos d'água (Hoorweg; Bhada-Tata, 2012).

No Brasil, a partir da publicação da lei nº12.305 (Brasil, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), metas e prioridades para a gestão adequada dos resíduos vêm sendo discutidas. No entanto, obstáculos são enfrentados, como a insuficiência de recursos financeiros, a adaptação às diversas realidades locais, a necessidade de estudos municipais verídicos e de dados contundentes. Segundo a Abrelpe (2022), a geração de RSU está intrinsecamente ligada aos locais onde as atividades humanas são realizadas. Dessa forma, analisar a gestão dos resíduos no Nordeste brasileiro, terceira maior região do país, com mais de 54 milhões de habitantes distribuídos em 1.794 municípios, exige uma compreensão do crescimento econômico da região na última década, o aumento da geração de RSU e as dificuldades dos municípios na gestão dos RSU. Segundo a Abrelpe (2022), em 2022, foi gerado mais de 20 milhões de toneladas de RSU, o equivalente a  $0,955 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  (Abrelpe, 2022).

Assim a análise dos dados relacionados à gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na região Nordeste pode apoiar na identificação das dificuldades envolvidas na gestão dos RSU, podendo contribuir para a efetivação da legislação nacional.

## OBJETIVOS

Avaliar dados referentes à gestão dos resíduos sólidos urbanos das capitais da macrorregião do Nordeste brasileiro, durante o período de 2002 a 2021, a fim de identificar desafios existentes e potenciais oportunidades para uma gestão mais alinhada aos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. A análise se concentra em indicadores-chave, incluindo a massa coletada per capita urbana, a taxa de recuperação de recicláveis e a despesa per capita com os resíduos sólidos urbanos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado nas capitais dos estados da região nordestina do Brasil (Aracaju, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Natal, Recife, Salvador, São Luís e Teresina) (Figura 1). Segundo o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a região apresenta 54,6 milhões de habitantes, sendo 11,4 milhões residentes nas capitais dos estados nordestinos, e representa a macrorregião com a segunda maior densidade populacional do país (Tabela 2).

No Nordeste brasileiro, 82,4% da população total é atendida com a coleta domiciliar de resíduos sólidos, sendo a região do país com o segundo menor índice desse tipo de atendimento, além de estar abaixo da média do Brasil (89,9%) (SNIS, 2022). Ainda segundo o SNIS (2022), somente 10% dos municípios avaliados da região Nordeste realizam a coleta seletiva, e estima-se que 53,3%, 31,1% e 15,5% de todos os resíduos sólidos urbanos gerados nesta região são destinados ao aterro sanitário, lixão e aterro controlado, respectivamente.

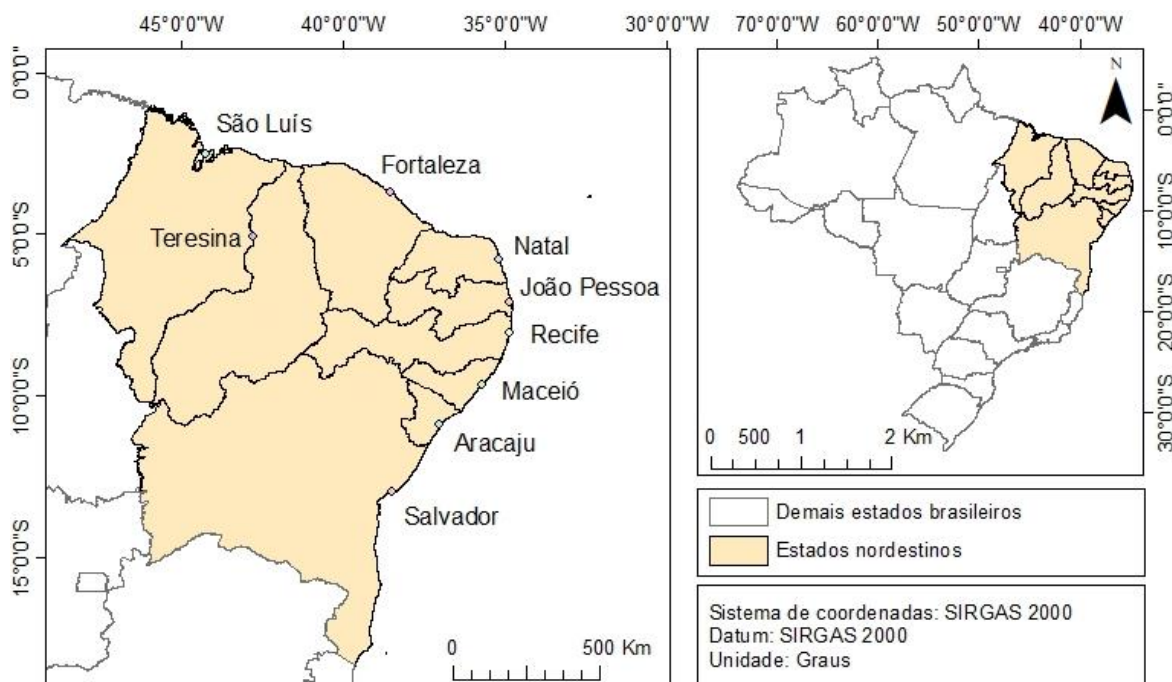


Figura 1: Região Nordeste brasileira.

## COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados, foi utilizada a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com a série histórica de 2002 a 2021 sobre resíduos sólidos. Entre os indicadores para a avaliação do manejo de resíduos sólidos no Brasil utilizados pela plataforma, foram selecionados três (IN006, IN021 e IN031), avaliados como mais representativos dessa realidade no Nordeste (Tabela 1).

Tabela 1: Indicadores de manejo de resíduos sólidos selecionados para o estudo.

Indicador	Conceito
IN006	Despesa per capita com manejo de resíduos sólidos urbanos em relação à população urbana
IN021	Massa coletada (resíduos sólidos domiciliares + resíduos sólidos públicos) per capita em relação à população urbana
IN031	Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (resíduos sólidos domiciliares + resíduos sólidos públicos) coletada

Fonte: SNIS (2022).

## RESULTADOS

Observa-se uma menor geração média per capita de resíduos sólidos urbanos nas capitais com menos habitantes. Todavia, a capital Salvador apresenta uma baixa geração média, mesmo sendo a segunda capital nordestina mais populosa. As capitais de Pernambuco e do Maranhão, posicionadas na terceira e quarta colocação em números de habitantes, possuem uma geração média de RSU menor que Teresina e Maceió, com população inferior a 1 milhão de pessoas, respectivamente (Tabela 2). Verifica-se que cinco capitais (Fortaleza, Recife, Maceió, Teresina e Natal) apresentam seus dados de geração acima da média nacional, em relação a população urbana, de  $0,95 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

Tabela 2: Massa coletada média per capita de RSU e da população das capitais do Nordeste.

Capitais do Nordeste	Estados do Nordeste	População (Habitantes em 2022)	Massa coletada média per capita (RDO+RPU)* ( $\text{kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ )



Aracaju	Sergipe (SE)	602.757	1,05
Fortaleza	Ceará (CE)	2.428.708	1,55
João Pessoa	Paraíba (PB)	833.932	1,11
Maceió	Alagoas (AL)	957.916	1,34
Natal	Rio Grande do Norte (RN)	751.300	1,32
Recife	Pernambuco (PE)	1.488.920	1,29
Salvador	Bahia (BA)	2.417.678	0,83
São Luís	Maranhão (MA)	1.037.775	1,15
Teresina	Piauí (PI)	866.300	1,36

\*(RDO+RPU): resíduos sólidos domiciliares + resíduos sólidos públicos.

Fonte: IBGE (2022) e SNIS (2022).

Para a cobertura de coleta de RSU, entre 2002 a 2021 (Figura 2), observa-se uma evolução de cobertura, especialmente nas capitais Fortaleza, Recife e Teresina que apresentaram um crescimento da massa coletada per capita a partir de 2010, ano da publicação da Lei nº 12.305, que instituiu a PNRS.

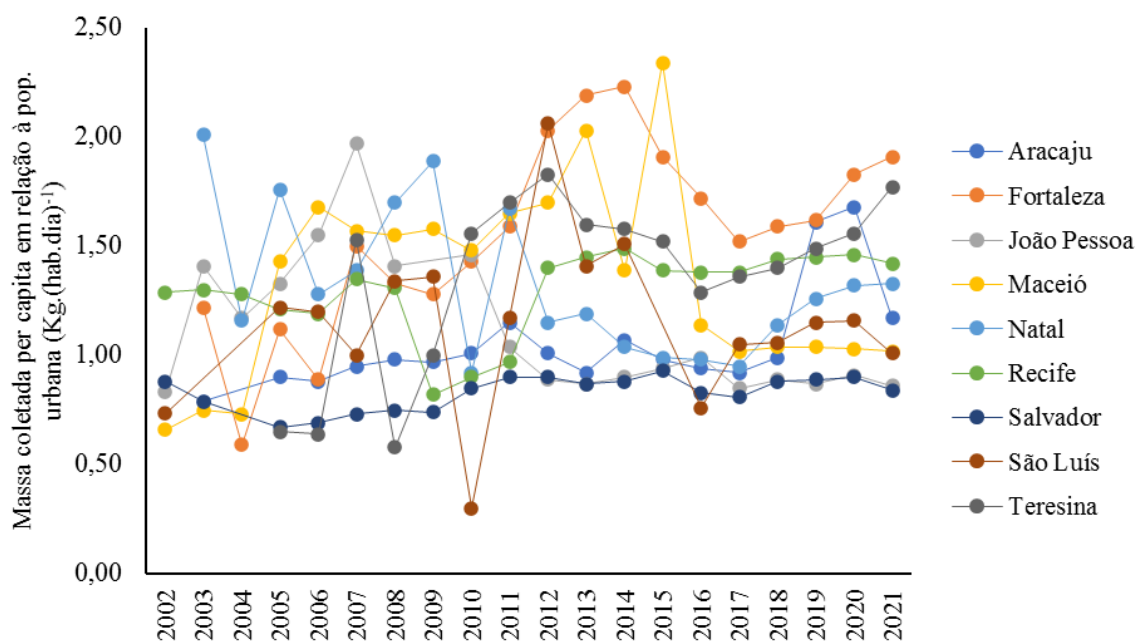


Figura 2: Massa coletada per capita em relação à população urbana nas capitais nordestinas.

O percentual de municípios que apresentaram alguma iniciativa de coleta seletiva em 2021 foi de 75,1% dos municípios do país. No Nordeste, 57,7% dos municípios apresentaram iniciativas de coleta seletiva, em 2021 (Abrelpe, 2022). Todavia, as atividades de recuperação de recicláveis não são abrangentes à população (Figura 3), onde a taxa de recuperação da maioria das capitais nordestinas apresenta valores abaixo de 1%. Em João Pessoa, o crescimento na recuperação de recicláveis a partir de 2010 foi de 5,31%, em 2018, e 2,56%, em 2021.

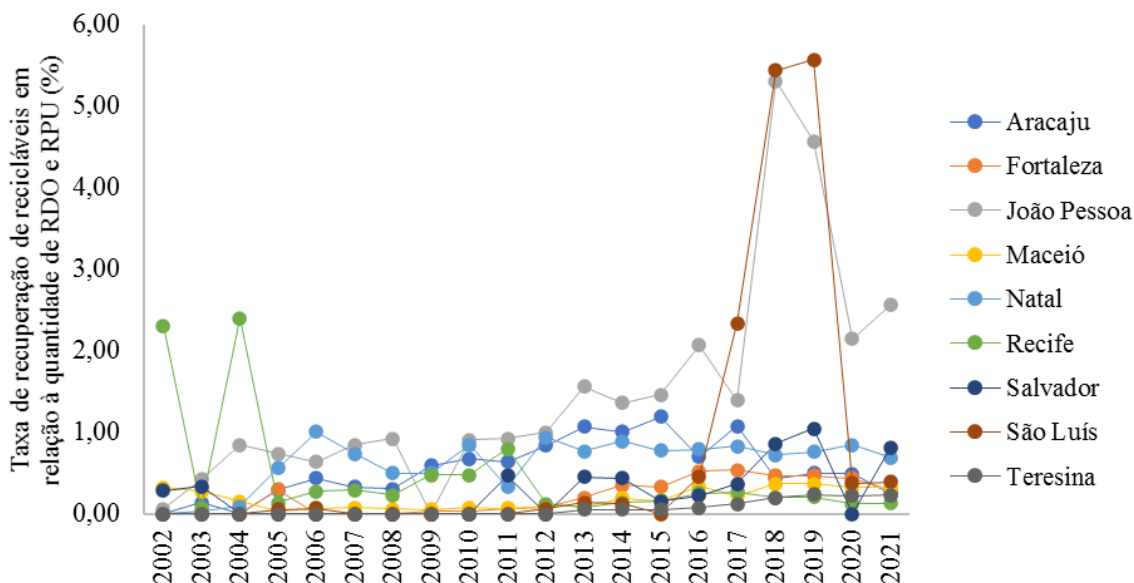


Figura 3: Taxa de recuperação de recicláveis de RDO e RPU nas capitais nordestinas.

Na Figura 4, é apresentado o resultado da despesa per capita com RSU por habitantes. Destaca-se as capitais Natal, Aracaju e Recife, sendo responsáveis por 17,7%, 13% e 12,4% do crescimento total de despesas per capita com manejo dos RSU por habitante, entre os anos 2002 e 2021, respectivamente. O valor médio (R\$ 108,73) das despesas com RSU das capitais nordestinas foi abaixo da referência nacional média para o ano de 2021 (R\$ 147,44/habitante), conforme (SNIS, 2022).

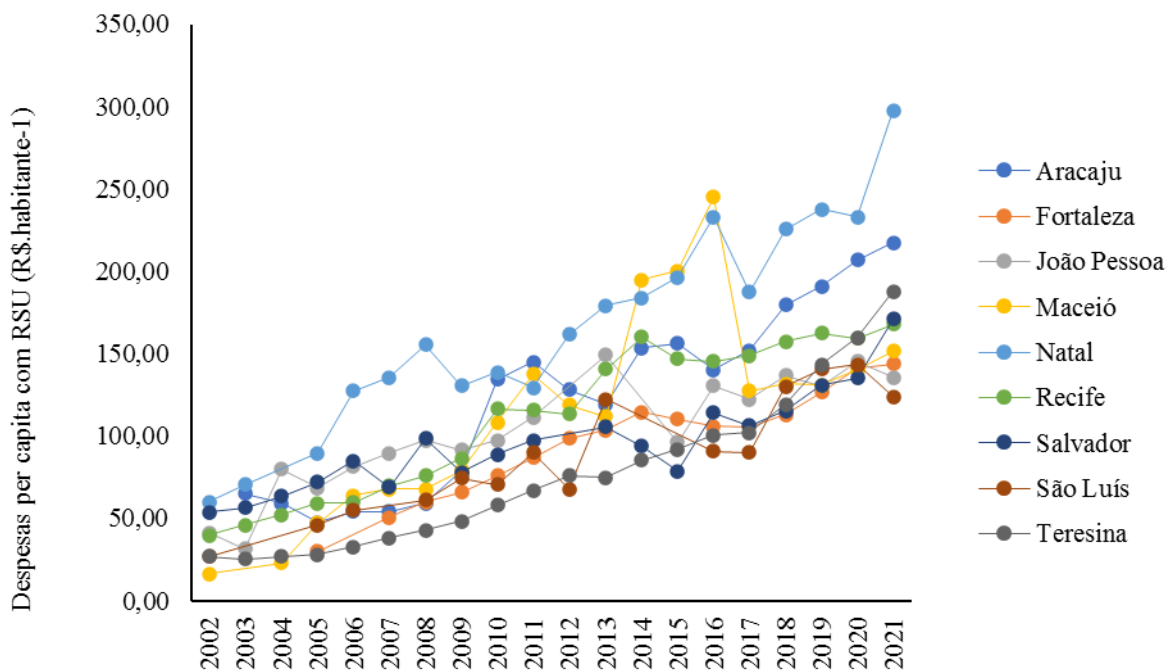


Figura 4: Despesa per capita (R\$) com RSU por habitante nas capitais nordestinas.





## DISCUSSÕES

Em relação à geração de RSU, a Abrelpe (2021) destaca um crescente aumento em todas as regiões do Brasil, tendo uma influência direta da pandemia da COVID-19, principalmente a geração de resíduos sólidos domiciliares, devido às novas dinâmicas sociais que foram quase que totalmente transferidas para as residências. Regionalmente, o Nordeste posiciona-se na segunda colocação (24,7%), enquanto a região Sudeste concentra a maior geração de resíduos (49,7%). Conforme o SNIS (2022), a massa coletada média per capita de RSU (RDO+RPU) na macrorregião Nordeste, para a população urbana em 2021, foi de 1,22 kg.habitante<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, valor acima da média nacional (0,95 kg.habitante<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>). O crescimento da massa coletada na região do Nordeste reforça os dados divulgados pelo censo do IBGE (2022), que destacam a evolução da cobertura no Nordeste Brasileiro de 65,69% no ano de 2002 para 75% no ano de 2022. Muito embora o índice de crescimento na massa coleta ainda seja considerado inferior ao necessário para atingir a universalização dos serviços e atingir a legislação vigente.

As principais dificuldades na recuperação de recicláveis estão relacionadas à fragilidade nos programas de coleta seletiva, na mobilização comunitária, na divulgação das ações para maior participação da sociedade, além de maiores investimentos para expansão da coleta seletiva, bem como educação ambiental. Adicionalmente, verifica-se a estrutura que caracteriza a cadeia de valor reciclagem como sendo intensiva e de alto poder de competitividade, já que a cada venda, normalmente o poder do comprador é maior que do fornecedor, refletindo na vulnerabilidade social dos catadores (Silva, 2014, 2017). Segundo Vasconcelos et al. (2016), variáveis como a influência da população, a presença de coleta seletiva, terceirizações e a eficiência na logística da gestão dos RSU podem ser determinantes nos custos para o manejo dos resíduos sólidos urbanos. Nesse sentido, observa-se que para o presente estudo, as variáveis potencialmente determinantes para os custos com RSU estão relacionadas com a densidade populacional por se tratar de capitais, massa recuperada de recicláveis e a forma de prestação de serviços (direta e indireta).

## CONCLUSÕES

Regionalmente, o Nordeste posiciona-se na segunda colocação (24,7%), enquanto a região Sudeste concentra a maior geração de resíduos (49,7%) do Brasil. Entre o período de 2002 a 2021, houve uma evolução de cobertura de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Nordeste, especialmente nas capitais Fortaleza, Recife e Teresina, que apresentaram um crescimento da massa coletada per capita a partir de 2010, ano da publicação da Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Porém, o índice de crescimento na massa coleta nas capitais nordestinas ainda é considerado inferior ao necessário para atingir a universalização dos serviços e atingir a legislação vigente.

A taxa de recuperação de recicláveis ainda são muito baixas (máximo de 5,31% para a capital João Pessoa, no ano de 2018). As principais dificuldades desse processo estão relacionadas à fragilidade nos programas de coleta seletiva, na mobilização comunitária, na divulgação das ações para maior participação da sociedade, além de maiores investimentos para expansão da coleta seletiva, bem como educação ambiental.

Embora tenha havido um crescimento com as despesas per capita com RSU, o valor médio (R\$ 108,73) desses custos nas capitais nordestinas foi abaixo da referência nacional média para o ano de 2021 (R\$ 147,44/habitante). As variáveis potencialmente determinantes para os custos com RSU estão relacionadas com a densidade populacional por se tratar de capitais, massa recuperada de recicláveis e a forma de prestação de serviços (direta e indireta).

A análise dos dados revela um cenário complexo nas capitais do Nordeste brasileiro em relação à gestão dos RSU, sobretudo com relação à falta de investimentos nesta área e incentivos à realização de recuperação de recicláveis. Dessa forma, a busca por soluções integradas e sustentáveis é crucial para enfrentar os desafios presentes e promover uma gestão eficaz dos resíduos na região Nordeste do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021. São Paulo: Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2021.
2. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. São Paulo: [s.n.].
3. BRASIL. Lei nº 12.305, DE 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília:



- Diário Oficial da União, 2010.
4. BRUHN, N. C. P. et al. Recyclable waste in Brazilian municipalities: A spatial-temporal analysis before and after the national policy on solid waste. *Journal of Cleaner Production*, v. 421, p. 138503, out. 2023.
  5. FADE. Relatório de Pesquisa: Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Jaboatão dos Guararapes, PE: Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco, 2014.
  6. HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management. Washington: Urban Development & Local Government Unit, 2012.
  7. IBGE. Censo demográfico brasileiro de 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
  8. MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 863–875, 2017.
  9. SILVA, A. C. DA. Análise da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Capitais do Nordeste Brasileiro: O Caso de Aracajú - SE e João Pessoa - PB. João Pessoa: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, 2014.
  10. SILVA, S. P. A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da Economia Solidária. Rio de Janeiro: IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.
  11. SNIS. Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Visão Geral ano de referência 2021. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS SGAN Q.906, Módulo 'F' Bloco 'A' Ed. Celso Furtado, 3º andar. Brasília - DF. CEP 70.790-060