



## ROTAS TECNOLÓGICAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE NA PARAÍBA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XII-007>

Maria Aliny Souza Silva (\*), Elba Magda de Souza Vieira, Rafaella de Moura Medeiros, Aline Carolina da Silva, Maria Josicleide Felipe Guedes

\* Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. E-mail: maria.aliny18@gmail.com.

### RESUMO

As rotas tecnológicas são o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos, da geração à disposição final, envolvendo percursos de coleta dos resíduos com ou sem diferenciação dos seus componentes e considerando tecnologias de tratamento. Objetivou-se por meio deste artigo realizar uma análise comparativa das rotas tecnológicas de resíduos sólidos adotadas por 4 (quatro) municípios de pequeno porte no estado da Paraíba. A metodologia incluiu a coleta de dados sobre a realidade identificada nos municípios, construção dos fluxogramas das rotas tecnológicas e análise comparativa entre elas. Os resultados revelaram diferentes práticas no gerenciamento de resíduos sólidos. Recomenda-se o fortalecimento de programas de coleta seletiva, de conscientização da população e a padronização dos serviços de coleta e disposição final.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gerenciamento de resíduos, resíduos domiciliares, limpeza urbana.

### ABSTRACT

Technological routes are the set of processes, technologies, and waste flows, from generation to final disposal, involving waste collection routes with or without differentiation of their components and considering treatment technologies. The aim of this article was to carry out a comparative analysis of the technological routes for solid waste adopted by 4 (four) small municipalities in the state of Paraíba. The methodology included the collection of data on the reality identified in the municipalities, construction of flowcharts of technological routes and comparative analysis between them. The results reveal different practices in solid waste management. It is recommended to strengthen selective collection programs, raise public awareness, standardize collection and final disposal services.

**KEY WORDS:** Waste management, household waste, urban cleaning.

### INTRODUÇÃO

Apesar da instituição da Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda há no Brasil muito o que avançar na gestão e gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), principalmente nos municípios de pequeno porte, que carecem de investimentos substanciais para fins de correto manejo dos RSU. Nesse contexto, Munir, Li e Naqvi (2023) destacam que a gestão eficiente dos RSU é crucial por diversos motivos, entre eles: a manutenção da saúde pública, a proteção do meio ambiente, a promoção de benefícios econômicos, a conservação dos recursos, o cumprimento dos regulamentos e a promoção do envolvimento da comunidade.

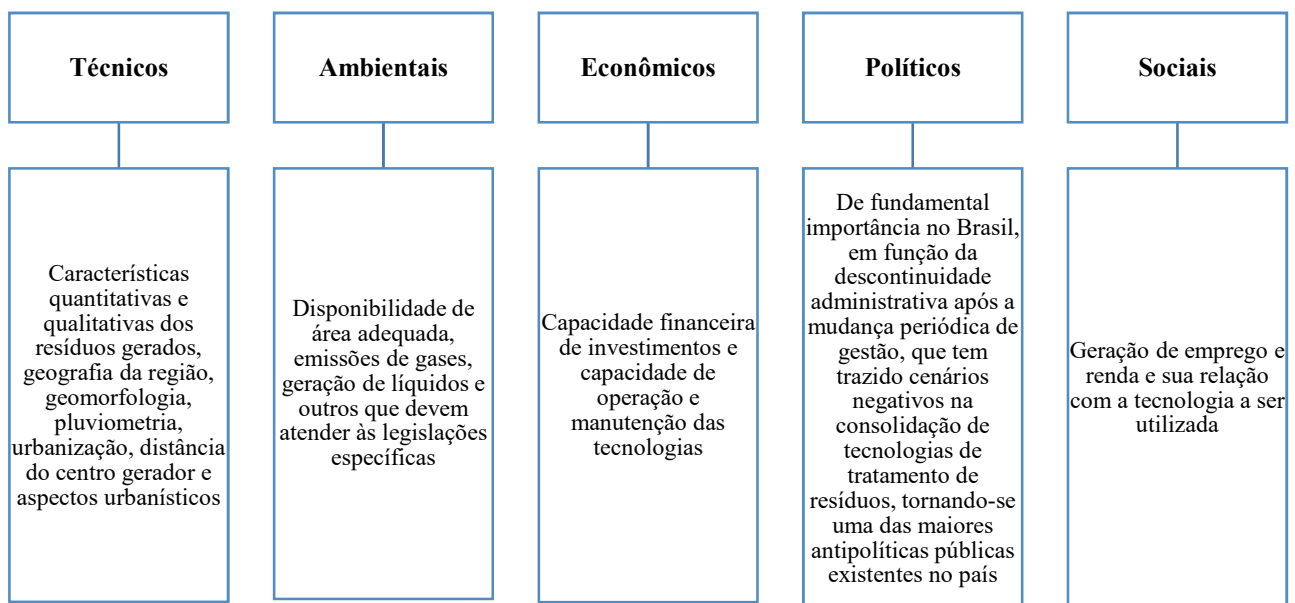
Assim, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), para o ano de 2022, houve a geração de  $0,98 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , resultando em um montante de 63,8 milhões de toneladas de RSU. Ainda de acordo com o SNIS, a taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos domiciliares em relação à população total (levando em consideração que a amostra SNIS é de 5.060 dos 5570 municípios brasileiros) é de 90,4%, ou seja, cerca de 10% do que é gerado no país não é coletado. Ao se voltar o olhar para a região Nordeste, a taxa de coleta é 84,50% (SNIS, 2022).

Dito isso, é importante evidenciar que, a gestão e o gerenciamento dos RSU possuem uma hierarquia de atividades que envolvem a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos e a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). No que tange o tratamento dos resíduos, tem-se que este pode ser compreendido como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos, que possuem o objetivo de diminuir

a carga poluidora dos resíduos no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos à população e o beneficiamento econômico dos resíduos (JUCÁ *et al.*, 2014).

Assim, destaca-se que a correta gestão e gerenciamento residem na escolha da rota tecnológica que melhor atende o cenário municipal. Entende-se, portanto, que a rota tecnológica é “o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valorização energética” (JUCÁ *et al.*, 2014). Ou seja, é o “caminho” que o resíduo faz da casa do gerador até o aterro sanitário, por exemplo, com todos os subprodutos voltando ao ciclo produtivo (PAULA; REICHERT, 2021).

Dito isso, Lima *et al.* (2014) destacam que a escolha das tecnologias adequadas para o tratamento de RSU devem levar em consideração uma série de aspectos, tais como apresentados na Figura 1.



**Figura 1: Aspectos a serem considerados na seleção de tecnologias para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Fonte: Lima *et al.* (2014).**

Tem-se como algumas opções de rotas tecnológicas para o tratamento dos RSU: aterros sanitários (com e sem aproveitamento energético), compostagem, reciclagem, tratamento mecânico-biológico, digestão anaeróbia e incineração com geração de energia, combustível derivado de resíduo (CDR), plasma, pirólise e gaseificação.

Em adição, a escolha de rota tecnológica que seja compatível com a realidade municipal é de suma importância, para que, assim, os objetivos de correto manejo dos RSU sejam atingidos, respeitando o preconizado na PNRS, bem como no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) (BRASIL, 2022).

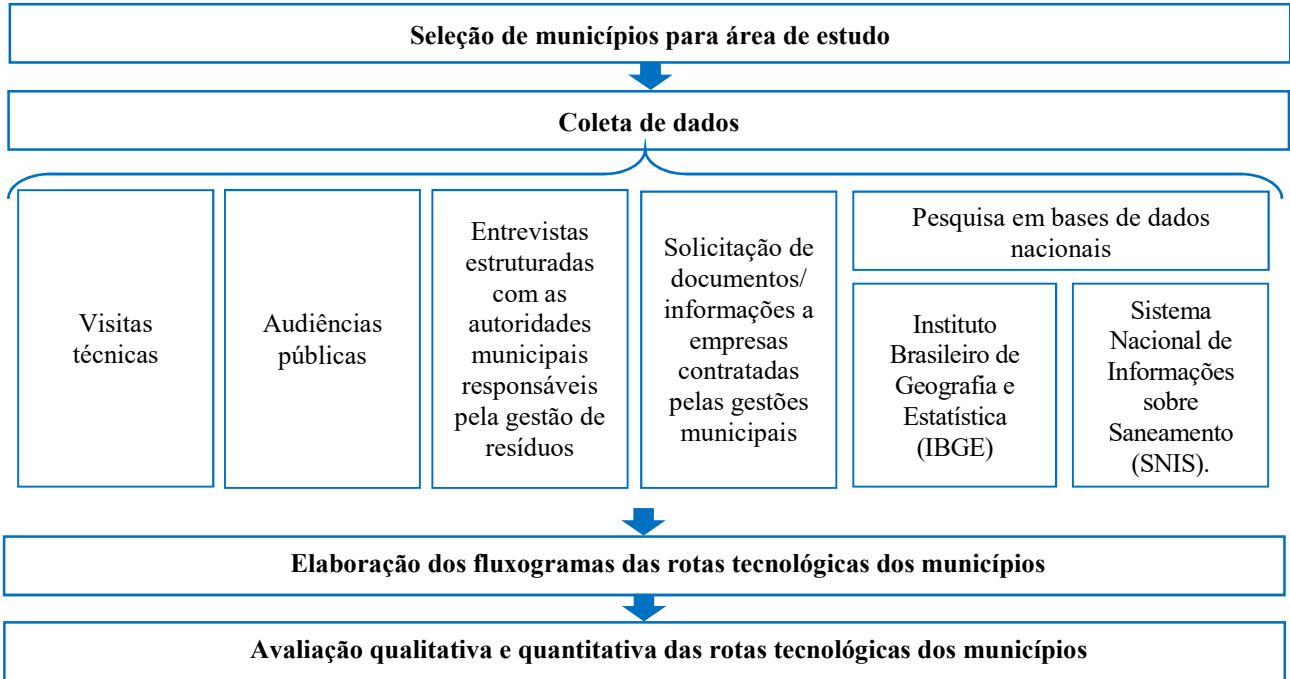
Por fim, ressalta-se que para a escolha das tecnologias (visto que nenhuma tecnologia sozinha é a solução para o manejo adequado dos RSU) que permitirão tratar os RSU com maior assertividade e, portanto, elaboração da rota tecnológica condizente com o cenário municipal, é necessário que haja informações acerca da geração dos resíduos sólidos, no âmbito urbano e rural, a gravimetria desses resíduos, bem como o Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS).

## OBJETIVOS

Realizar uma análise comparativa das rotas tecnológicas de resíduos sólidos adotadas por 4 (quatro) municípios de pequeno porte no estado da Paraíba.

**METODOLOGIA**

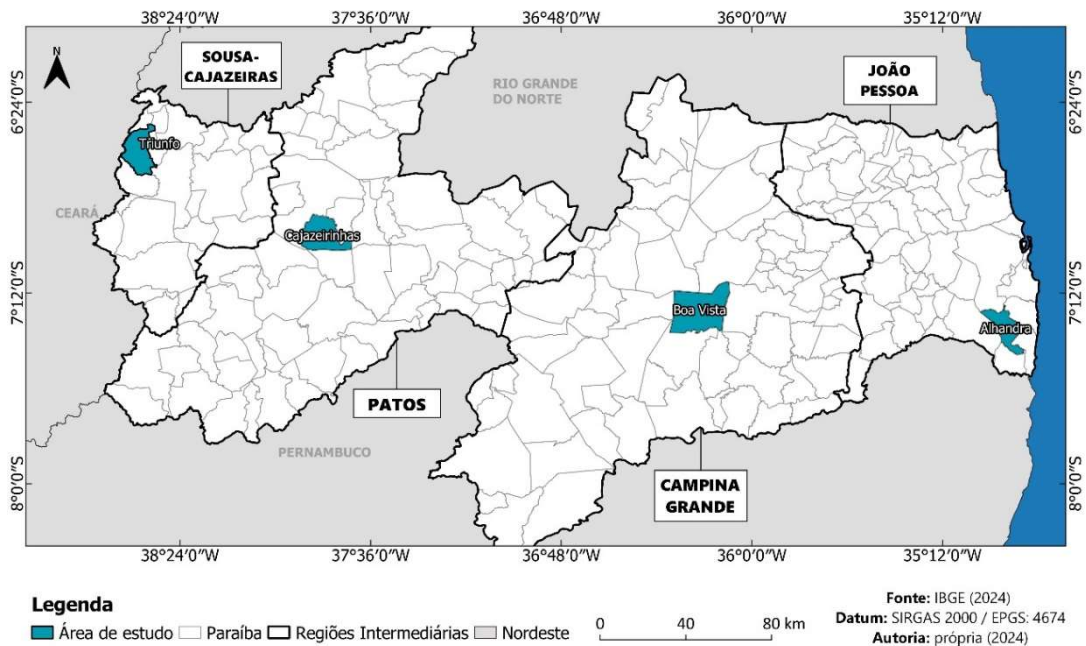
A metodologia deste trabalho foi dividida de acordo com a Figura 2.



**Figura 2: Fluxograma metodológico do trabalho. Fonte: Autor do Trabalho.**

- **Área de estudo**

A área de estudo compreendeu 4 (quatro) municípios do estado da Paraíba: Alhandra, Boa Vista, Cajazeirinhas e Triunfo, um representante de cada região intermediária do estado, como demonstrado na Figura 3.



**Figura 3: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autor do Trabalho.**



Na Tabela 1 estão apresentadas algumas informações relevantes sobre os municípios selecionados, como: população, área, geração de resíduos sólidos urbanos e despesas com o manejo de resíduos sólidos em geral.

**Tabela 1. Informações básicas sobre os municípios da área de estudo. Fonte: IBGE, 2022a, 2022b; Funasa e UFCG, 2020.**

Município	População (habitantes)	População com coleta de resíduos domiciliares (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Geração <i>per capita</i> de RSU (kg.hab <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Despesa <i>per capita</i> com o manejo de resíduos (R\$.hab <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
Alhandra	21.730	87,3	183,974	0,60	60,14
Boa Vista	6.377	60,5	468,933	0,50	277,54
Cajazeirinhas	2.740	53,8	282,693	0,46	142,91
Triunfo	9.892	61,9	224,336	0,51	134,87

A partir dos dados expostos na Tabela 1, Alhandra emerge como o município mais populoso, com 21.730 habitantes, e possui a maior porcentagem de população com acesso à coleta de RSU (87,3%). Boa Vista, apesar de ter uma população menor, destaca-se pela maior área territorial (468,933 km<sup>2</sup>) e pela despesa *per capita* mais elevada com o manejo de resíduos (R\$ 277,54 por habitante ao ano). Cajazeirinhas e Triunfo, por sua vez, apresentam valores intermediários em todas as variáveis consideradas. A geração de RSU nos municípios de pequeno porte estudados é, em média, 0,52 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>, valor inferior à média da região Nordeste, que é de 0,95 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> (ABRELPE, 2020).

#### • Método

Inicialmente foi realizada uma coleta de dados sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos dos 4 (quatro) municípios selecionados, por meio de visitas técnicas, audiências públicas, entrevistas estruturadas com as autoridades municipais responsáveis pela gestão de resíduos, solicitação de documentos/informações a empresas contratadas pela gestão municipal e pesquisa em bases de dados nacionais, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados foram coletados durante a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) dos municípios, que são participantes do TED FUNASA/UFCG n° 003/2019, uma parceria entre a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e a gestão municipal de 49 municípios de pequeno porte do estado da Paraíba.

A partir das informações levantadas, foram construídos fluxogramas das rotas tecnológicas dos municípios para as diversas tipologias de resíduos sólidos gerados, que incluem: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais, de serviços de saúde, de construção civil, volumosos e cemiteriais. Em seguida, essas informações foram analisadas de forma qualitativa e quantitativa para identificar padrões e diferenças entre as rotas tecnológicas utilizadas. Segundo Ferreira e Jucá (2017), é possível avaliar a rota tecnológica através do sistema de manejo, tratamento e disposição final e os aspectos institucionais e legais através de apurações da existência de normas sobre gerenciamento, análise de documentos e levantamento de dados sobre o destino dos resíduos.

## RESULTADOS

A fim de se obter uma compreensão aprofundada do gerenciamento de resíduos sólidos nos 4 (quatro) municípios selecionados, representativos das diferentes regiões intermediárias do estado da Paraíba, as Figuras 4 a 7 apresentam as rotas tecnológicas dos municípios em estudo.

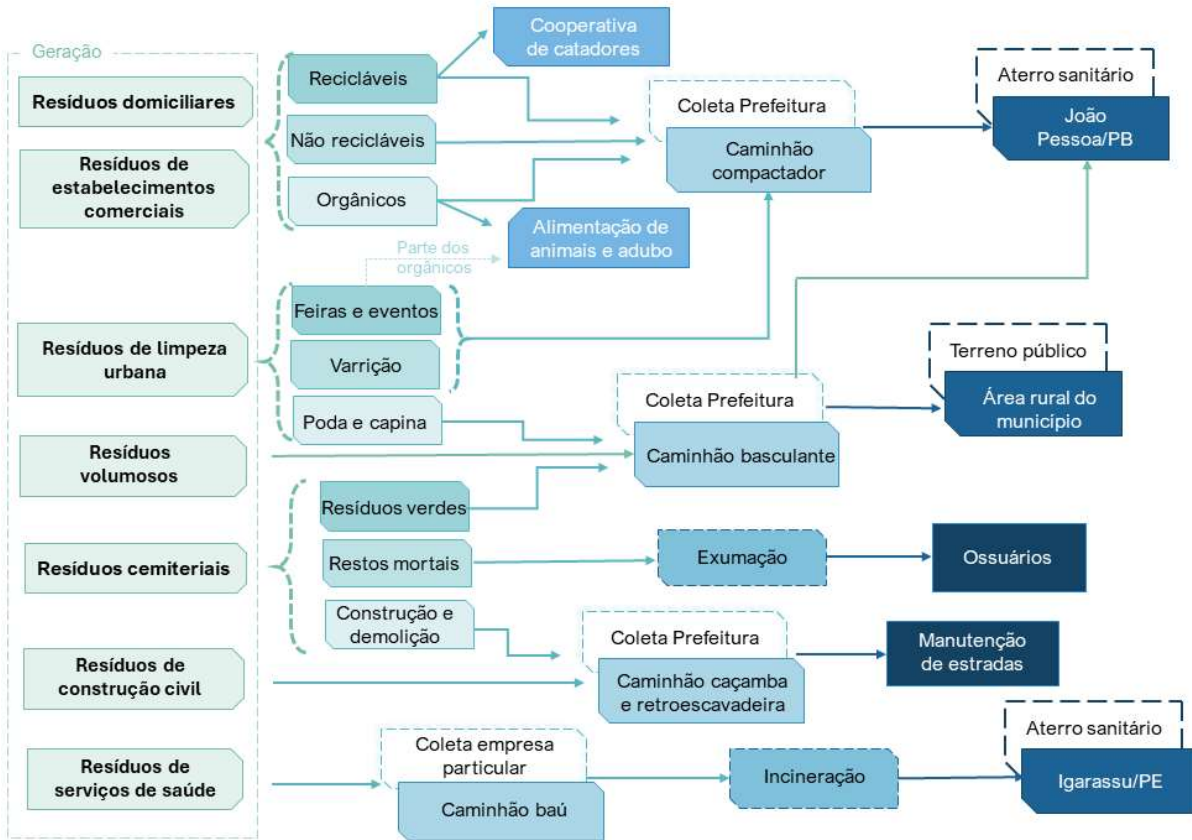
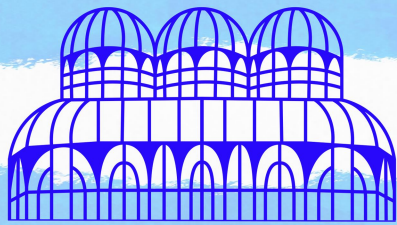


Figura 4: Rota tecnológica do município de Alhandra/PB. Fonte: Autor do Trabalho.

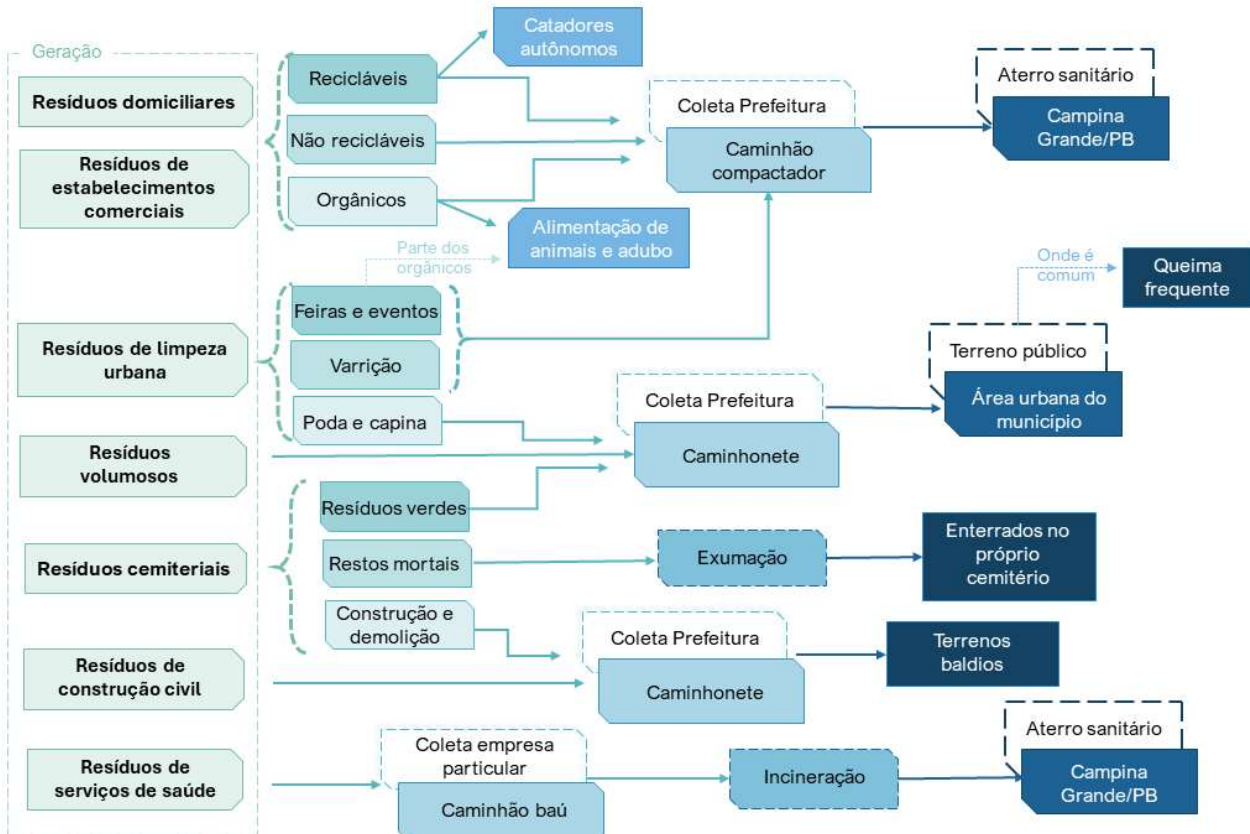
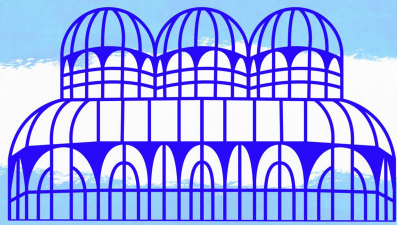


Figura 5: Rota tecnológica do município de Boa Vista/PB. Fonte: Autor do Trabalho.



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

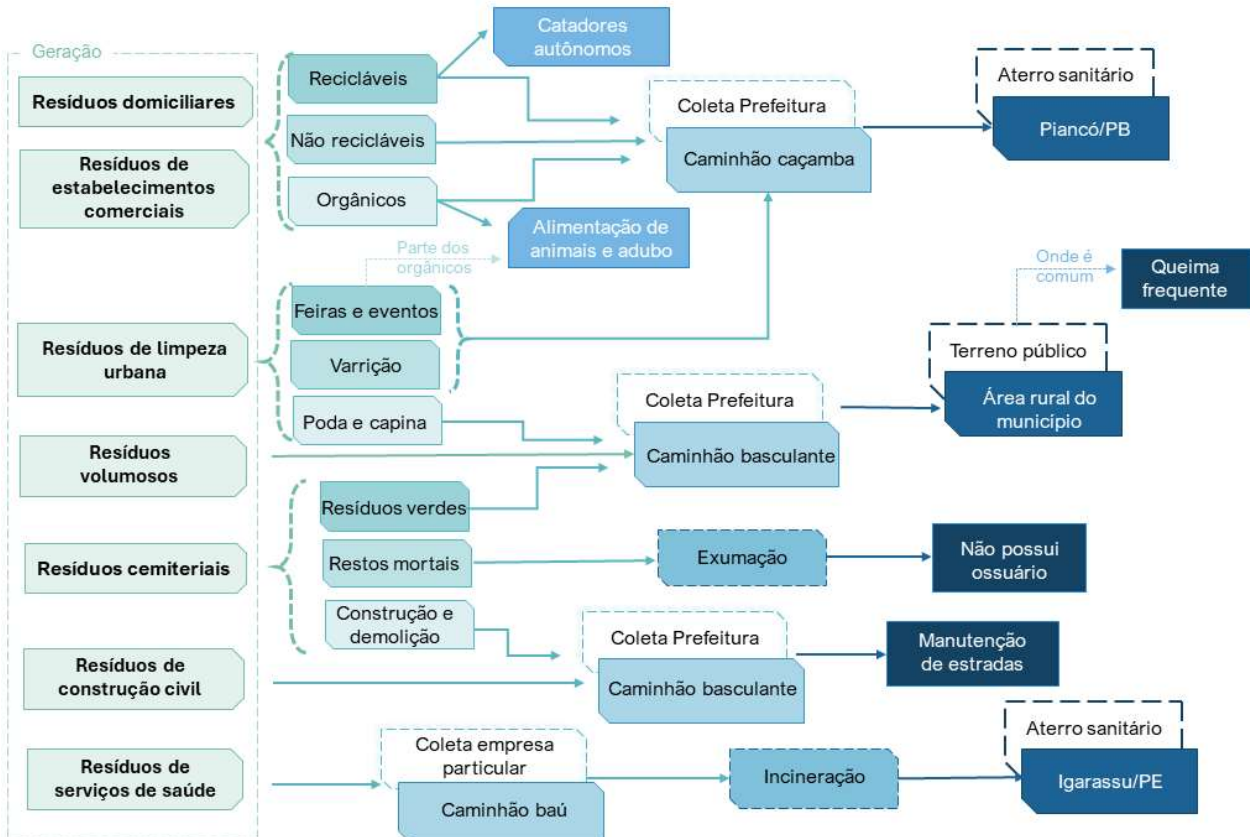


Figura 6: Rota tecnológica do município de Cajazeirinhas/PB. Fonte: Autor do Trabalho.

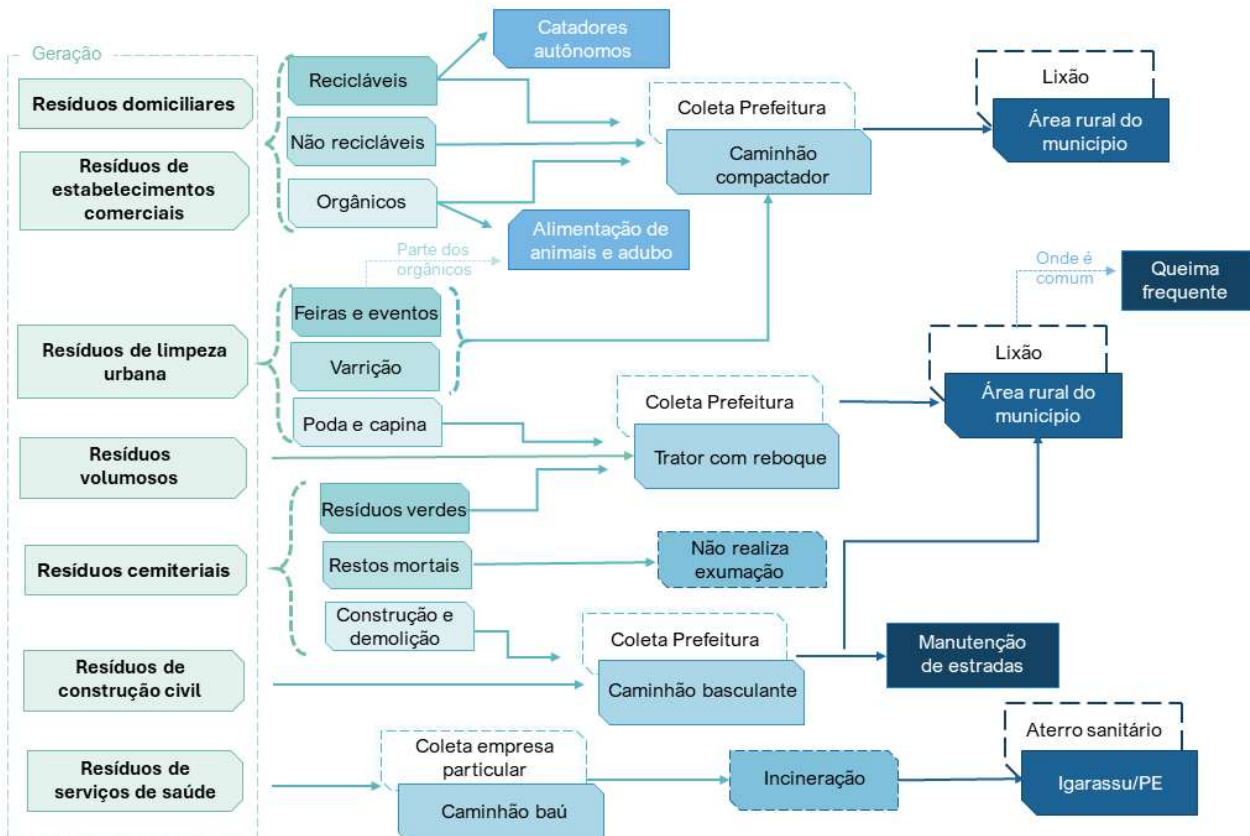


Figura 7: Rota tecnológica do município de Triunfo/PB. Fonte: Autor do Trabalho.



Em relação aos resíduos domiciliares e de estabelecimentos comerciais (similares aos domiciliares), o serviço de coleta e transporte é prestado pela Prefeitura Municipal, na modalidade porta-a-porta, nos 4 (quatro) municípios. Com exceção de Cajazeirinhas, onde é utilizado um caminhão caçamba, os demais municípios têm à sua disposição caminhões compactadores para realizar o recolhimento dos resíduos. Cabe destacar que de acordo com o manual “Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado” (CEMPRE, 2018), o caminhão caçamba sem compactação dificulta e aumenta o risco do trabalho dos coletores, facilitando a dispersão dos resíduos. Sobre a disposição final, somente Triunfo depositava os resíduos em lixão, à época da pesquisa, estando em desacordo com a Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020), enquanto os demais municípios possuem contratos com aterros sanitários particulares das regiões próximas.

Foram identificadas ações relacionadas à coleta seletiva por parte do Poder Municipal apenas em Alhandra, onde a criação de uma cooperativa se encontrava na fase de cadastro dos catadores. Nos outros municípios, fora verificado somente a atividade de catadores autônomos, sem apoio governamental, que coletam pequenas quantidades de resíduos. Recomenda-se que todos os municípios fortaleçam programas de coleta seletiva, incentivando a participação da população e apoiando cooperativas de reciclagem. Guedes *et al.* (2020) apontam que a coleta seletiva contribuiu para o aprimoramento dos serviços da rota tecnológica de Fernando de Noronha.

Sobre os resíduos de limpeza urbana, foi observado o mesmo padrão nos 4 (quatro) municípios em estudo. Os resíduos de varrição, feiras e eventos são coletados junto aos resíduos domiciliares e têm o mesmo destino. Já para os resíduos de poda foi verificada uma coleta diferenciada, o que mostra a necessidade de se dar atenção a essa tipologia dentro do serviço de limpeza urbana, que tem grande volume. Em Triunfo, na época desta pesquisa, tais resíduos eram depositados no lixão; já nos outros municípios são deixados em locais específicos na zona rural, onde a queima é frequente. Salienta-se a possibilidade desses resíduos de poda serem triturados e utilizados para compostagem, ou na cobertura de solo.

A situação dos resíduos volumosos se mostrou a mesma nos 4 (quatro) municípios, onde há pouca quantidade gerada, e em geral são reaproveitados por outros municípios. Porém, para o que ainda sobra, as equipes responsáveis pela coleta de resíduos de poda também se responsabilizam por fazer o transporte, onde em Alhandra o destino é junto ao aterro sanitário; em Cajazeirinhas e Boa Vista são deixados no mesmo local dos resíduos de poda; e em Triunfo esses resíduos eram conduzidos ao lixão na época desta pesquisa.

Mesmo sendo de responsabilidade do próprio gerador, foi verificado que as Prefeituras dos 4 (quatro) municípios se responsabilizam pelo gerenciamento dos resíduos de construção civil (RCC). São disponibilizadas equipe e veículo transportador para coletar os RCC que os municípios deixam nas calçadas e vias, em frente as obras. Não existem empresas de construção civil nos municípios, sendo realizadas pequenas obras com pedreiros locais, sejam elas de construção, reforma ou demolição. Foi verificado por meio das pesquisas que, em geral, os resíduos inertes (como tijolos, telhas, entre outros) são aproveitados na cobertura de estradas ou para aterrar algum terreno privado solicitado por município. Somente em Boa Vista foi dito que os RCC são deixados em terrenos baldios e não se verifica muito reaproveitamento.

Os resíduos cemiteriais são divididos em resíduos verdes, de poda de árvores, arranjos florais e capina, os quais são coletados junto aos resíduos de poda; resíduos de construção e manutenção de jazigos, que são coletados junto aos RCC; e resíduos de restos mortais, onde somente em Triunfo não é realizada exumação. Em Alhandra é realizada a exumação e há a presença de ossuários; em Boa Vista, para os jazigos que não possuem ossuários, os resíduos são colocados em sacos e enterrados no próprio cemitério; e em Cajazeirinhas foi informado que não há presença de ossuários.

Sobre os resíduos de serviços de saúde (RSS), se observou que os municípios já avançaram nesse campo, e todos possuem contratos com empresas privadas que realizam a coleta, transporte, tratamento e destinação final dos RSS.

## CONCLUSÕES

Com base na análise comparativa das rotas tecnológicas de resíduos sólidos adotadas pelos 4 (quatro) municípios de pequeno porte no estado da Paraíba, é possível concluir que há uma diversidade de práticas e abordagens no gerenciamento desses resíduos. Embora existam semelhanças em certos aspectos, como a predominância da coleta porta-a-porta e o uso de aterros sanitários particulares, também foram identificadas diferenças significativas, como a presença de lixão em um dos municípios e a implementação de programas de coleta seletiva apenas em um deles.



Essa análise comparativa destaca a importância de considerar as particularidades de cada município ao desenvolver estratégias e políticas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. É fundamental reconhecer os desafios e as oportunidades específicas de cada contexto, buscando soluções adaptadas e sustentáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2020.
2. Brasil. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.
3. Brasil. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2020.
4. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Brasília, DF: MMA, 209 p., 2022.
5. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 316p. 4. ed. São Paulo (SP): CEMPRE, 2018.
6. Ferreira, C. F. A., Jucá, J. F. T. **Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 3, p. 513-521, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017147551>. Acesso: 27 de fevereiro de 2024.
7. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). **Documentos Técnicos**, 2024. Disponível em: <https://sims.ufcg.edu.br/documentos>. Acesso: 27 de fevereiro de 2024.
8. Guedes, F. L., Oliveira Júnior, A. I., Alves, N. N. P., Monteiro, B. G. P. L., Marques, J. G. C. **Análise da rota tecnológica de resíduos sólidos urbanos do arquipélago de Fernando de Noronha-PE, Brasil**. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Vitória, 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/III-016.pdf>. Acesso: 15 de março de 2024.
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico: Tabela 6892 - Domicílios particulares permanentes ocupados, por destino do lixo**, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6892>. Acesso: 27 de fevereiro de 2024.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Cidades e Estados do Brasil**, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso: 27 de fevereiro de 2024.
11. Jucá, J. F. T.; Lima, J. D.; Mariano, M. O. H.; Firmo, A. L. B.; Lima, D. G. A.; Lucena, L. F. L.; Farias, P. R. R.; Carvalho Junior, F. H.; Carvalho, E. H.; Ferreira, J. A.; Reichert, G. A. 2014. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE. 188p.
12. Lima, J. D., Jucá, J. F. T., Reichert, G. A., Firmo, A. L. B. **Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região sul do Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.19, n.1, 33-42, 2014.
13. Munir, M. T., Li, B., Nagvi, M. **Revolutionizing municipal solid waste management (MSWM) with machine learning as a clean resource: Opportunities, challenges and solutions**. Fuel, v. 348, 2023.
14. Paula, A. S., Reichert, G. A. **Manual do usuário – Ferramenta de rotas e custos. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Cooperação para a proteção do clima na gestão dos resíduos sólidos urbanos – ProteGEEr: 223 p, 2021. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpegglefindmkaj/https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer/ferramenta-de-rotas-tecnologicas-e-custos-para-manejo-de-rsu-e-manual-do-usuario-200b/01.ManualdaFerramentaRotaseCustos\\_jun.2021.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpegglefindmkaj/https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer/ferramenta-de-rotas-tecnologicas-e-custos-para-manejo-de-rsu-e-manual-do-usuario-200b/01.ManualdaFerramentaRotaseCustos_jun.2021.pdf). Acesso em: 23 de março de 2024.
15. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Ministério das Cidades. **Manejo de Resíduos Sólidos – 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/rs>. Acesso em: 23 de março de 2024.