











Avanços e desafios na infraestrutura de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, RN, Brasil

Advances and challenges in the urban cleaning infrastructure and solid waste management of the Potengi River Basin, RN, Brazil

Matheus Natan Ferreira Alves de Sousa^{1*} , Bárbara Hillary de Almeida Pinto¹ ,
Paulo Eduardo Vieira Cunha¹ , Lucas Costa Rodrigues¹ , Caio Vítor Macêdo Pereira¹ ,
José Arthur do Nascimento Ramalho¹ , Joyce Clara Vieira Ferreira¹ , Carlos Wilmer Costa¹ ,
Janny Suênia Dias de Lima¹ , Karina Patrícia Vieira da Cunha¹ 

RESUMO

A infraestrutura de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é essencial para a qualidade de vida da sociedade. Este estudo avaliou os sistemas de gestão de resíduos nos 25 municípios na Bacia Hidrográfica do Rio Potengi (BHRP), uma região de significativa importância econômica e ambiental. Foram consideradas a cobertura da coleta, a destinação final e a qualidade, com base no índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR). A coleta abrange mais de 75% dos resíduos nos centros urbanos, mas menos de 50% nas zonas rurais, enquanto 57% deles são queimados, e apenas 40% dos municípios utilizam aterros sanitários. O IQR variou de 2,36 a 10, revelando que 68% da área da bacia (2.861,73 km²) é classificada como inadequada para a destinação de resíduos. Adicionalmente, seis aterros estão localizados próximos a córregos e em solos permeáveis, condições que favorecem a infiltração de lixiviados e ampliam os riscos ambientais. As principais lacunas incluem a necessidade de ampliar a cobertura da coleta em áreas rurais, implementar sistemas de compostagem e biodigestores para geração de energia e produção de compostos para agricultura ou correção do solo, além de investir na construção de aterros regionais adequados. O estudo reforça a urgência de ações integradas que priorizem intervenções em municípios com infraestrutura limitada e áreas rurais aliadas a políticas públicas que promovam incentivos financeiros, capacitação técnica e monitoramento ambiental contínuo, visando reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: resíduos sólidos; limpeza pública; coleta seletiva.

ABSTRACT

Urban cleaning and solid waste management infrastructure are essential for society's quality of life. This study evaluated waste management systems in 25 municipalities in the Potengi River Basin (BHRP), a region of significant economic and environmental importance. Collection coverage, final destination and quality were considered, based on the Waste Landfill Quality Index (IQR). Collection covers more than 75% in urban centers, but less than 50% in rural areas, while 57% of the waste is burned and only 40% of municipalities have landfills. The IQR ranged from 2.36 to 10.00, revealing that 68% of the basin area (2,861.73 km²) is defined as "unsuitable" for waste disposal. Furthermore, six landfills are located close to streams and in permeable soils, conditions that favor the infiltration of leachate and increase environmental risks. The main gaps include the need to expand collection coverage in rural areas, to implement composting systems and biodigesters for energy generation and compost production for agriculture or soil correction, in addition to investing in the construction of adequate regional landfills. The study reinforces the urgency of integrated actions that prioritize interventions in municipalities with limited infrastructure and rural areas, combined with public policies that promote financial incentives, technical training and continuous environmental monitoring, aiming to reduce environmental impacts and improve the population's quality of life.

Keywords: solid waste; public cleaning; selective collection.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Natal (RN), Brasil.

*Endereço para correspondência: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Complexo Tecnológico de Engenharia, Avenida Senador Salgado Filho, 3.000, sala 211 - Lagoa Nova - CEP: 59078-970 - Natal (RN), Brasil. e-mail: matheusnatancivil@gmail.com

INTRODUÇÃO

A rápida urbanização e o avanço industrial nas últimas décadas têm impulsionado o crescimento socioeconômico e elevado os níveis de consumo em todo o mundo, especialmente em áreas urbanas (KAZA *et al.*, 2018), gerando um aumento substancial na produção de resíduos sólidos. Estima-se que, em 2002, a produção global de resíduos sólidos urbanos (RSU) foi de 0,68 bilhões de toneladas, número que saltou para 2,01 bilhões de toneladas em 2018, refletindo o impacto do consumo e da expansão urbana (JERIN *et al.*, 2022). Em países de baixa e média renda, cerca de 40% dos resíduos sólidos ainda são descartados inadequadamente, como em lixões a céu aberto, gerando sérios impactos sociais e ambientais, sobretudo entre populações vulneráveis (KAZA *et al.*, 2018). Gerenciar esse volume crescente de resíduos de forma socioambientalmente responsável apresenta um desafio significativo, de maneira especial nas cidades de países em desenvolvimento, onde cerca de 30% dos resíduos gerados permanecem sem coleta (KAZA *et al.*, 2018). Diante desse cenário, a gestão eficaz de resíduos sólidos pode minimizar os efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde pública.

O Brasil, como o quarto maior gerador de RSU no mundo, produz 62.730.096 toneladas anuais, ficando atrás apenas de China, Estados Unidos e Índia (WASTE ATLAS, 2024). Grande parte do quantitativo de RSU gerado no país era descartado de forma inadequada, gerando inúmeros impactos ao meio ambiente e à saúde pública (OLIVEIRA *et al.*, 2023). Nesse cenário, a universalização do acesso ao saneamento básico, incluindo o serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é fundamental para garantir saúde e qualidade de vida dignas a toda a população brasileira (DIAS *et al.*, 2018).

A supervisão do planejamento público brasileiro é necessária para acompanhar a implantação dos serviços de saneamento básico. No contexto do gerenciamento de resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei nº 12.305/2010) orienta as políticas setoriais e serve como referência para os planos locais, exigindo uma análise detalhada de seus princípios e diretrizes (PEREIRA; RIBEIRO, 2021), no entanto a eficácia da gestão de resíduos depende da implementação adequada dos planos em todas as áreas: ambiental, social, econômica e política.

Nesse sentido, a avaliação das condições de cada município, titular dos serviços de saneamento, considerando as suas particularidades socioeconômicas e ambientais, surge com a finalidade de formular estratégias eficazes e garantir uma alocação adequada de recursos, assegurando-se a eficiência na coleta, tratamento e disposição dos resíduos, com foco na sustentabilidade. A garantia de sustentabilidade nesse contexto pode ser alcançada por meio de indicadores, uma ferramenta de gestão que permite monitorar os processos de RSU.

Ao analisar a infraestrutura atual de limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica do Rio Potengi (BHRP), região de significativa importância socioeconômica e ambiental para o estado do Rio Grande do Norte (TORRES *et al.*, 2019), foram identificados avanços, lacunas e desafios em conformidade com a PNRS. Essas análises permitem propor recomendações para aprimorar a gestão e promover práticas sustentáveis, destacando a coleta seletiva e a destinação final adequada dos resíduos sólidos (FRATTA; TONELI; ANTONIO, 2019).

Além disso, o presente estudo buscou identificar áreas prioritárias para intervenção relacionadas ao manejo de resíduos sólidos, apoiando a adoção de práticas eficazes e fundamentando decisões estratégicas de gestores públicos e *stakeholders* da área de saneamento. Portanto, o diagnóstico dos sistemas públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos nos 25 municípios da BHRP visou contribuir para a formulação de soluções sustentáveis e efetivas, promovendo o bem-estar da população e a preservação ambiental da região.

Este trabalho deriva do “Projeto de Recuperação de Nascentes e Áreas Degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi”, financiado pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), por meio da Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, e executado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) sob o Termo de Execução Descentralizada nº 023/2021/SNSH/MDR. O projeto visa à recuperação de nascentes e áreas degradadas na região, com o objetivo de melhorar a disponibilidade hídrica e a qualidade ambiental da BHRP, recuperando 15 hectares de vegetação em áreas degradadas. Esse esforço conjunto entre o MIDR e a UFRN busca não

apenas restaurar o ambiente natural, mas também gerar conhecimento científico que possa ser aplicado em políticas públicas de sustentabilidade ambiental.

METODOLOGIA

Este estudo concentrou-se no diagnóstico e na avaliação da geração, coleta e áreas de destinação final de RSU de 25 municípios da BHRP (**Figura 1**), a qual abrange 7,8% do território do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN, 2022) e abriga 36% do contingente populacional do estado, contando com uma população estimada de 1.189.304 habitantes no ano de 2022 (IBGE, 2023).

Foram coletados e analisados dados sobre a geração, coleta e destinação final de RSU dos municípios da BHRP, utilizando informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte, além de entrevistas e vistorias conduzidas pelo Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte. Esses dados

foram, então, especializados em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas utilizando o *software* Arcmap 10.8, permitindo uma análise integrada dos serviços de resíduos sólidos na bacia hidrográfica como um todo. Além disso, a análise utilizou informações provenientes de inspeções via satélite.

Para avaliar as condições ambientais dos depósitos de resíduos sólidos de forma objetiva, procedeu-se ao uso do índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR) como uma métrica padronizada (BRITO, 2009), com variáveis organizadas em três categorias: características locais, infraestrutura implantada e condições de operação. Por meio da síntese dos dados, foram produzidos mapas temáticos para auxiliar na proposição de soluções. Para os municípios que contam com estações de transbordo e aterro sanitário (Bom Jesus, Lajes, Natal, Macaíba, Riachuelo e São Pedro), realizou-se o cálculo da média da soma do IQR da estação de transbordo e do IQR do aterro sanitário.

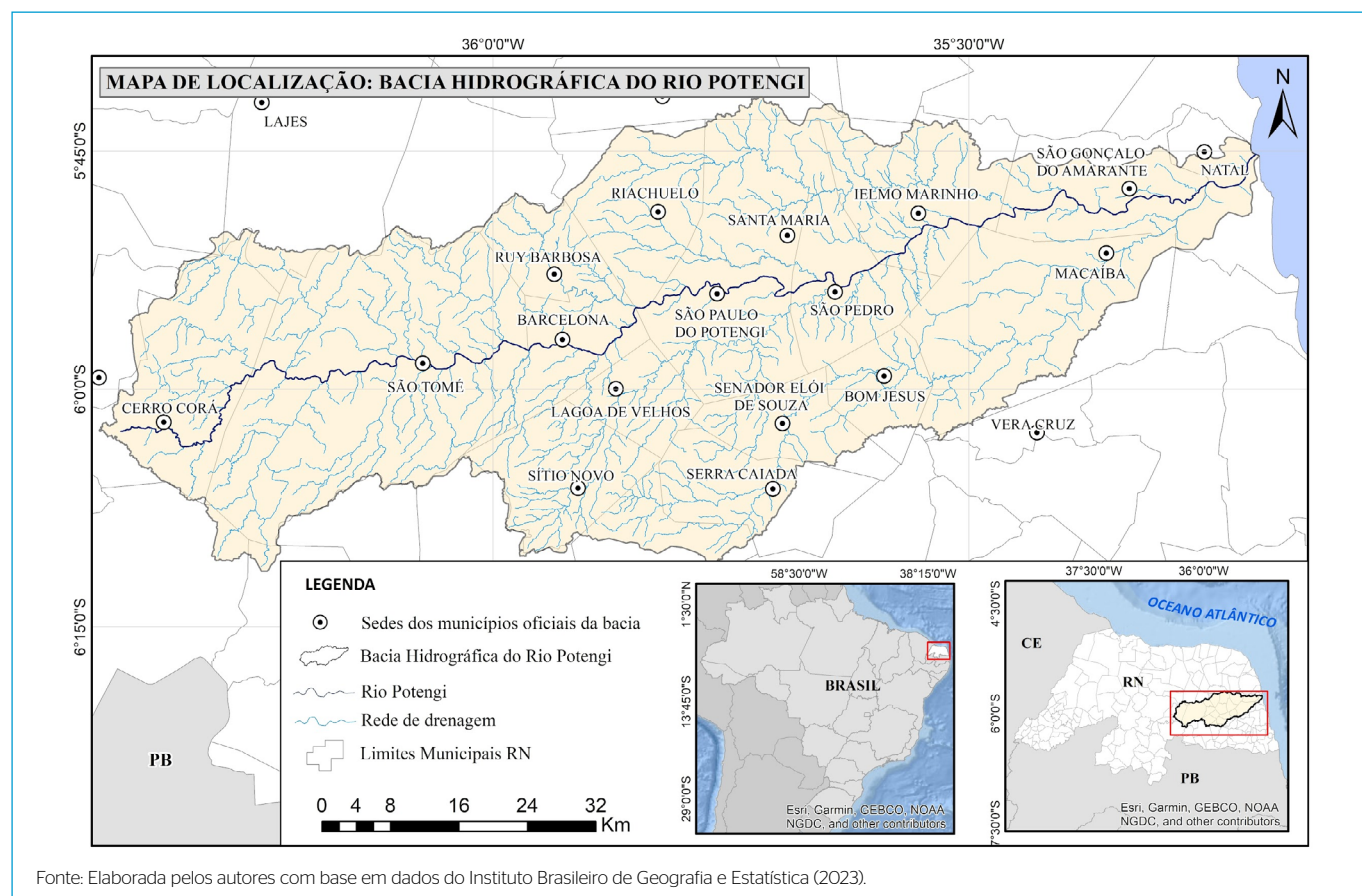


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O serviço de coleta regular de resíduos domiciliares é prestado exclusivamente pelas secretarias municipais ou prefeituras; somente em Natal, capital do estado, o serviço é prestado por uma empresa terceirizada. A média de cobertura total de atendimento dos municípios da Bacia Hidrográfica do Potengi é de 77,93% (Tabela 1), valor abaixo da média nacional, de 89,90%, e do nordeste, de 82,40%, para o ano de 2021 (SNIS, 2022a).

Nas áreas urbanas, o atendimento de coleta abrange quase toda a população, à exceção do município de Lagoa de Velhos. Apesar disso, o percentual de atendimento urbano ainda se encontra abaixo da média nacional e dado

nordeste, de 98,3 e 97% respectivamente, para o mesmo período (SNIS, 2022a).

Avaliando-se apenas a zona rural, a situação é mais crítica, já que praticamente metade da população não é atendida pelo serviço de coleta de resíduos sólidos. Nessas áreas, constata-se a predominância da destinação inadequada de RSU, especialmente por meio da queima, praticada por 57,12% da população rural (BRASIL, 2010). Isso revela a dependência dessa prática na ausência de serviços de coleta. Essa prática traz sérios problemas ao meio ambiente e à população do entorno, já que, durante a queima, são liberados compostos cancerígenos, como cinzas de fundo, compostas de

Tabela 1 - Cobertura de atendimento da coleta de resíduos sólidos domiciliares, 2021.

Município	Prestador do serviço	Atendimento urbano (%)	Atendimento rural (%)	Atendimento total (%)
Barcelona ¹	Secretaria de Serviços Urbanos Obras e Viação	-	-	76,15
Bento Fernandes	Secretaria Municipal de Obras, Transporte e Serviços Urbanos	100	48,40	69,25
Bodó	Prefeitura de Bodó	100	59,85	82,91
Bom Jesus	Prefeitura de Bom Jesus	100	0	71,69
Cerro Corá	Prefeitura de Cerro Corá	100	49,37	71,36
Currais Novos	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Urbanos	99,67	82,69	97,73
Ielmo Marinho ¹	Secretaria de Obras e Serviços Urbanos	-	-	37,42
Lagoa de Velhos	Prefeitura de Lagoa de Velhos	46,30	16,74	36,60
Lajes	Secretaria de Obras e Serviços Urbanos	99,23	98,35	99,04
Macaíba	Prefeitura de Macaíba	98,79	73,21	88,91
Natal	Companhia de Serviços Urbanos de Natal	99,12	0	99,12
Riachuelo ¹	Secretaria de Obras	-	-	79,84
Ruy Barbosa	Prefeitura de Ruy Barbosa	100	41,50	69,75
Santa Cruz	Prefeitura de Santa Cruz	100	0	85,20
Santa Maria	Prefeitura de Santa Maria	100	0	64,07
Santana do Matos	Prefeitura de Santana do Matos	100	49,26	74,59
São Gonçalo do Amarante	Secretaria Municipal de Serviços Urbanos	99,23	98,53	99,12
São Paulo do Potengi ¹	Secretaria de Obras e Serviços Urbanos	-	-	88,37
São Pedro	Prefeitura de São Pedro	100	99,96	99,98
São Tomé ¹	Secretaria de Obras e Serviços Públicos	-	-	62,81
Senador Elói de Souza	Secretaria Municipal de Obras, Infraestrutura e Serviços	100	100	100
Serra Caiada	Prefeitura de Serra Caiada	100	15,67	51,92
Sítio Novo	Prefeitura de Sítio Novo	100	45,47	71,43
Tangará	Prefeitura de Tangará	100	67,94	89,96
Vera Cruz ¹	Secretaria Municipal de Obras e Urbanismo	-	-	80,91
Média	-	96,97	49,84	77,93

¹Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (2015).
Fonte: elaborada pelos autores com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022b).

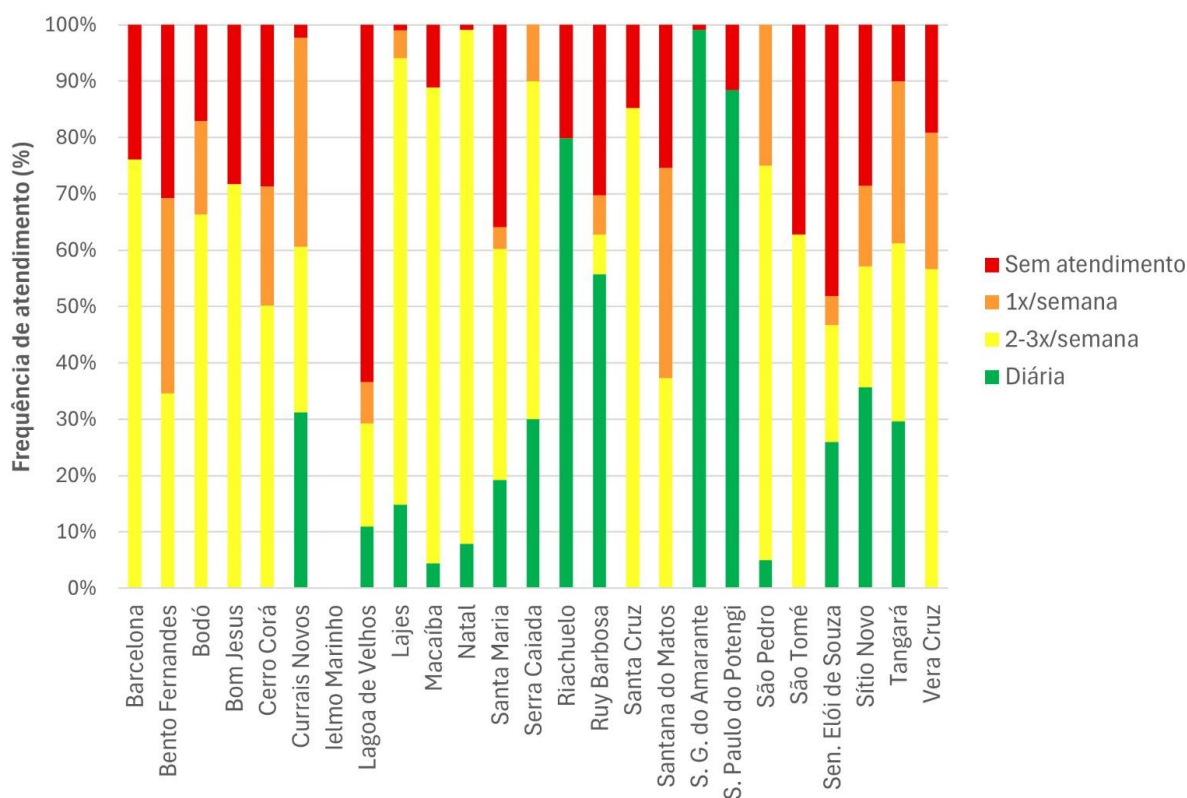
óxidos metálicos e minerais, e cinzas volantes, poluentes orgânicos persistentes, como dioxinas, furanos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e óxidos de carbono nitrogênio e enxofre (BEYENE; WERKNEH; AMBAYE, 2018; DADARIO *et al.*, 2023).

Essa situação reforça a necessidade de soluções locais e sustentáveis, como a compostagem e a produção de biogás. A compostagem transforma resíduos orgânicos em adubo em conjunto com a produção de biogás e pode reduzir em até 60% o volume de descartes e gerar benefícios econômicos e energéticos (GOMES *et al.*, 2015). Essas práticas não apenas minimizam o descarte inadequado, mas também promovem a reutilização de recursos e melhoram a sustentabilidade ambiental e econômica das zonas rurais.

Considerando a população atendida em cada município, percebe-se que a maior parte é atendida na frequência de coleta de duas ou três vezes por semana, seguida pela frequência de atendimento diário (Figura 2), no entanto

ainda existe uma parcela da população que é atendida na frequência mínima (uma vez por semana), o que aumenta a exigência do acondicionamento dos resíduos sólidos, que precisam ser armazenados adequadamente, por seis dias consecutivos (MIDR, 2019). Diante desse cenário, deve-se considerar que em regiões de clima quente, como é o caso da BHRP, o processo de decomposição da matéria orgânica é acelerado (AL-HEETIMI *et al.*, 2023). Dessa forma, o armazenamento de resíduos, sobretudo orgânicos, por vários dias, pode gerar maus odores, além de atrair vetores de doenças (por exemplo, baratas, moscas e ratos) (GARCIA-JORDAN *et al.*, 2017). Essa situação pode fazer com que os munícipes depositem seus resíduos nos dias ou horários diferenciados da coleta, o que ocasiona, muitas vezes, sujeira nas ruas, por causa da exposição dos resíduos à ação dos animais e intempéries.

A maioria dos habitantes com acesso à coleta de resíduos sólidos é atendida de forma direta (ou porta a porta) por serviços de limpeza. Os demais contam com o sistema



Fonte: elaborada pelos autores com base em dados da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (2015) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022b).

Figura 2 – Frequência de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi.

estático de coleta, feito por meio da colocação dos resíduos em caçambas, posteriormente coletadas pelo serviço de limpeza (SNIS, 2022b). Vale ressaltar que a forma mais adequada de realizar a coleta de RSU é porta a porta (TSALIS *et al.*, 2018).

Avaliando-se a geração de RSU, importa destacar que nos municípios da BHRP não há controle contínuo sobre o volume de resíduos gerados, uma vez que a pesagem dos resíduos sólidos coletados não é realizada regularmente, à exceção de Currais Novos, Natal, Macaíba e São Gonçalo do Amarante (SNIS, 2022b), municípios mais populosos da BHRP.

Nesse contexto, adotar medidas voltadas para a reciclagem pode resultar em redução significativa da quantidade de resíduos destinados ao aterro sanitário. Como consequência, há aumento do tempo de vida do aterro, diminuição do passivo ambiental e benefícios socioeconômicos para a população envolvida na cadeia da reciclagem (BARTOLACCI *et al.*, 2018). Além disso, nos últimos anos, tem-se intensificado a demanda pela destinação correta dos resíduos sólidos, uma vez que a destinação final é a principal etapa nas práticas de manejo de resíduos.

Entre as práticas que podem ser adotadas para melhorar a destinação final dos RSU, incluindo-se a reciclagem, destaca-se a coleta seletiva, que é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados de acordo com sua constituição ou composição. Todavia, somente três municípios dispõem de coleta seletiva: Natal, Currais Novos e Santa Cruz (SNIS, 2022b).

Apesar disso, o SNIS (2022b) traz dados acerca da massa coletada *per capita* de RSU. Com base neles, foi possível estimar a quantidade anual de RSU gerados pela população dos municípios da BHRP (**Figura 3a**), indicando que os maiores volumes de resíduos são registrados nos municípios com maior população, como a capital e sua região metropolitana.

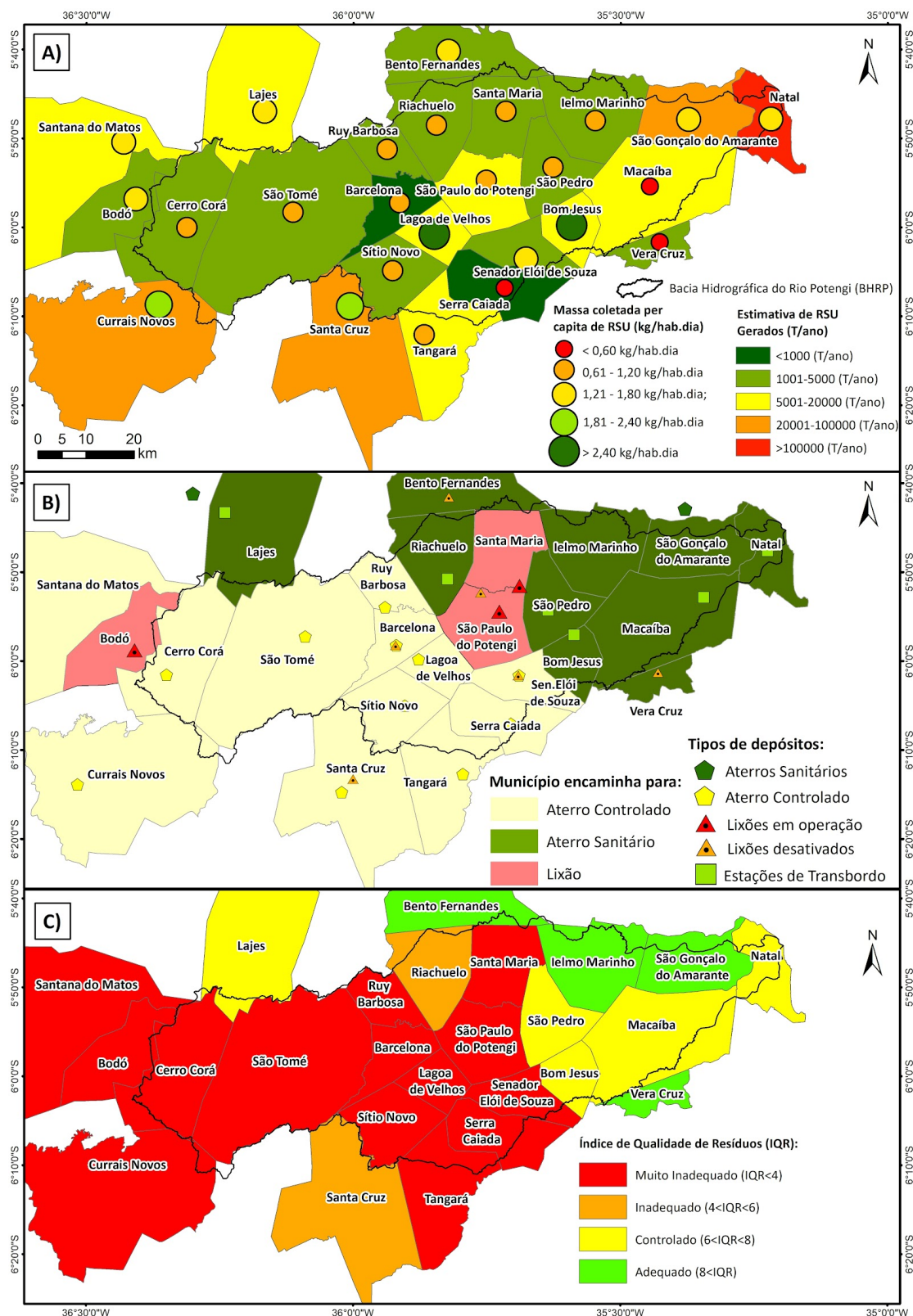
Em 10 municípios, a massa de RSU coletada *per capita* está acima da média nacional e da do nordeste, de 0,95 e 1,12 kg/hab.dia, respectivamente, para o mesmo período de referência (SNIS, 2022a). Esse resultado pode indicar que o aumento da geração de RSU na BHRP não segue o padrão de crescimento dos outros estados do país.

Os municípios ainda precisam avançar para alcançar a universalização dos serviços de limpeza urbana, conforme previsto no Plano Nacional de Saneamento Básico, especialmente em razão da situação do serviço na área rural, que tem sido comprometido pela disponibilidade de recursos financeiros para oferecer serviços em locais mais distantes do núcleo urbano. Nesse contexto, é importante destacar que, quanto maior a cobertura dos serviços de coleta, maior controle os municípios têm sobre os resíduos gerados, permitindo um encaminhamento mais eficaz dos materiais para as etapas de tratamento e disposição final.

Em relação à disposição final (**Figura 3b**), foi verificado que 40% dos municípios da BHRP encaminham seus resíduos para aterros sanitários. Atualmente, existem três aterros sanitários em operação no Rio Grande do Norte, sendo um deles o Centro de Tratamento de Resíduos Potiguar, localizado em Vera Cruz.

Dos três lixões em operação (Bodó, Santa Maria e São Paulo do Potengi), dois estão localizados no interior da BHRP, contribuindo para a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além de atrair vetores e representar riscos à saúde pública. Em contrapartida, áreas de disposição inadequada de resíduos, como Bodó e Vera Cruz, tiveram suas operações encerradas, mas permanecem desativadas sem que medidas de remediação tenham sido adotadas pelo poder público, atuando como passivos ambientais. A identificação desses passivos é fundamental, pois, mesmo após o encerramento das atividades, essas áreas continuam causando danos ao meio ambiente e colocando em risco a saúde pública. Para mitigar esses impactos, é essencial implementar o monitoramento contínuo e elaborar planos de recuperação de áreas degradadas.

Em relação à proximidade de corpos hídricos, foram identificados seis locais de destinação inadequada de resíduos situados a menos de 200 metros de rios ou córregos da bacia, incluindo os aterros controlados de Barcelona, Senador Elói de Souza e Tangará, o lixão em operação de Bodó, a estação de transbordo de Riachuelo e o lixão desativado em Senador Elói de Souza. Essa proximidade agrava os impactos ambientais, especialmente pela ausência de medidas adequadas para conter a percolação e o escoamento superficial de lixiviados.



Fonte: elaborada pelos autores com base em dados da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (2015) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2022b).

Figura 3 – Situação dos resíduos sólidos na Bacia Hidrográfica do Rio Potengi: (a) quantidade gerada e coletada; (b) destinação final; (c) índice de qualidade de aterros de resíduos.

Os locais inadequados concentram-se no médio e no alto curso da bacia, caracterizados por relevo ondulado, com declividades acentuadas associadas ao Planalto da Borborema e à Depressão Sertaneja (SOUSA *et al.*, 2024). Nessas áreas, predominam solos arenosos e pouco profundos (menos de 1 metro), com maiores profundidades apenas em aluviões e depósitos sedimentares próximos aos rios. Essas características aumentam a infiltração do lixiviado no solo, agravando a contaminação por causa da baixa capacidade de contenção e dissipação de poluentes e gases, reforçando a inadequação dessas regiões para disposição de resíduos.

Na análise do IQR, calculado com base em critérios que englobam características locais, infraestrutura

e operação, observa-se variação de 2,36 a 10 (Tabela 2; Figura 3c). Entre os municípios avaliados, aqueles enquadrados como adequados têm áreas de disposição final de resíduos sólidos em conformidade com os parâmetros estabelecidos.

Em contrapartida, outros municípios, categorizados como controlados, apresentam alguma conformidade com as normas ambientais, embora haja margem para melhorias. A presença de municípios nessa categoria indica um movimento em direção a práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis, apesar de enfrentarem desafios como a falta de cobertura nos materiais, presença de lixo exposto e deficiências na drenagem de chorume e gases.

Tabela 2 - Enquadramento dos locais de destinação final de resíduos sólidos dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi.

Município	Destino final	Primeira parada	IQR	Enquadramento
Barcelona	Aterro controlado	-	2,82	Muito inadequado
Bento Fernandes	Aterro sanitário	-	10,00	Adequado
Bodó	Lixão em operação	-	2,36	Muito inadequado
Bom Jesus	Aterro sanitário	Estação de transferência	6,68	Controlado
Cerro Corá	Aterro controlado	-	3,64	Muito inadequado
Currais Novos	Aterro controlado	-	3,09	Muito inadequado
Ielmo Marinho	Aterro sanitário	-	9,91	Adequado
Lagoa de Velhos	Aterro controlado	-	3,55	Muito inadequado
Lajes	Aterro sanitário	Estação de transferência	6,50	Controlado
Macaíba	Aterro sanitário	Estação de transbordo	6,86	Controlado
Natal	Aterro sanitário	Estação de transferência	6,64	Controlado
Riachuelo	Aterro sanitário	Estação de transferência	5,95	Inadequado
Ruy Barbosa	Aterro controlado	-	3,09	Muito inadequado
Santa Cruz	Aterro controlado	-	4,36	Inadequado
Santa Maria	Lixão em operação	-	2,64	Muito inadequado
Santana do Matos	Aterro controlado	-	3,82	Muito inadequado
São Gonçalo do Amarante	Aterro sanitário	-	10,00	Adequado
São Paulo do Potengi	Lixão em operação	-	3,09	Muito inadequado
São Pedro	Aterro sanitário	Estação de transferência	6,55	Controlado
São Tomé	Aterro controlado	-	3,55	Muito inadequado
Senador Elói de Souza	Aterro controlado	-	3,27	Muito inadequado
Serra Caiada	Aterro controlado	-	3,55	Muito inadequado
Sítio Novo	Aterro controlado	-	3,55	Muito inadequado
Tangará	Aterro controlado	-	3,27	Muito inadequado
Vera Cruz	Aterro sanitário	-	9,91	Adequado

IQR: índice de qualidade de aterros de resíduos.
Fonte: elaborada pelos autores com base em Ministério Público do Rio Grande do Norte (2023).

Igualmente, há municípios classificados como inadequados e muito inadequados, os quais enfrentam condições ambientais críticas em suas áreas de disposição final de resíduos sólidos, exigindo intervenções substanciais para melhorar suas práticas de manejo de resíduos, infraestrutura e conformidade com regulamentos ambientais.

Estudos avaliados reforçam os dados de relatórios nacionais que indicam que o Brasil, mesmo sendo um país de desenvolvimento médio, enfrenta grandes dificuldades na gestão de resíduos sólidos, com mais de 40% das destinações finais classificadas como inadequadas (OLIVEIRA *et al.*, 2023). Pesquisas realizadas no estado de Roraima mostram que nenhum município obteve pontuação de IQR superior a 8,1, evidenciando condições apenas razoáveis (SILVA; SOUZA, 2023). Um caso similar, no sul do país, utilizou o IQR para avaliar um aterro sanitário no noroeste do Rio Grande do Sul, identificando obstáculos semelhantes (BORBA *et al.*, 2021). Em outro estudo, o lixão de Caraúbas (RN) recebeu classificação 2,8, representando uma situação muito crítica (TERCEIRO *et al.*, 2019).

Essas análises confirmam uma tendência predominante: a maior parte das localidades apresenta condições categorizadas como muito inadequadas ou inadequadas, enquanto apenas uma pequena fração atinge o padrão adequado. Essas diferenças manifestam-se principalmente em áreas com melhor infraestrutura ou onde consórcios intermunicipais atuam de forma mais estruturada, refletindo características regionais como restrições financeiras, ausência de parcerias institucionais e baixa priorização das políticas de gestão de resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

De modo geral, muitos municípios enfrentam desafios sérios na destinação final de resíduos sólidos, carecendo até mesmo de estruturas adequadas, como aterros sanitários. Aqueles que possuem padrão controlado frequentemente lidam com problemas como proximidade de áreas urbanas, ausência de cobertura adequada, presença de lixões desativados mal controlados, falta de impermeabilização da base, drenagem deficiente de chorume, gases e águas pluviais, além da ausência de monitoramento e supervisão insuficiente.

A criação de consórcios intermunicipais é uma estratégia eficaz para implementar infraestrutura compartilhada, como aterros sanitários regionais e estações de transferência de resíduos, promovendo a cooperação entre os municípios (SILVA *et al.*, 2021). Esse modelo otimiza recursos financeiros, técnicos e logísticos, reduzindo custos operacionais e promovendo maior eficiência na gestão, além de fortalecer a governança regional e possibilitar um planejamento integrado que considere as necessidades regionais específicas. Ademais, permite que pequenos municípios acessem tecnologias e soluções que, isoladamente, seriam inviáveis.

Esses dados explicitam a necessidade de planejamento municipal para viabilizar o atendimento ao que preconiza a PNRS.

CONCLUSÕES

Os resultados apontam desafios significativos para a maioria dos municípios da BHRP, com 68% da área classificada como inadequada para a disposição de resíduos. Esse cenário reflete falhas no planejamento e infraestrutura, além de taxas de reciclagem muito baixas. As operações de estações de transferência, lixões e aterros controlados não atendem a muitos requisitos ambientais, o que reduz o IQR e pode impactar o meio ambiente e a saúde pública.

Para mitigar esses problemas, devem-se fortalecer a fiscalização e a implementação das políticas de gestão de resíduos sólidos, com foco na expansão da coleta domiciliar, incluindo áreas rurais e de difícil acesso. A ampliação da coleta seletiva e ações de conscientização ambiental também são essenciais. Além disso, há a necessidade de implantação de sistemas de compostagem e biodigestores para a geração de energia.

As limitações deste estudo ressaltam a importância de levantamentos mais detalhados para aumentar a precisão do IQR e orientar intervenções mais eficazes. Recomenda-se a realização de coletas e análises de solo e de água superficial e subterrânea nas proximidades de aterros e lixões, de modo a avaliar a dispersão de contaminantes e subsidiar estratégias mais sustentáveis de manejo e controle.

REFERÊNCIAS

- AL-HEETIMI, O.T.; VAN De VEN, C.J.C.; VAN GEEL, P.J.; RAYHANI, M.T. Impact of temperature on the performance of compost-based landfill biocovers. *Journal of Environmental Management*, v. 344, 118780, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118780>
- BARTOLACCI, F.; PAOLINI, A.; QUARANTA, A.G.; SOVERCHIA, M. Assessing factors that influence waste management financial sustainability. *Waste Management*, v. 79, p. 571-579, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.050>
- BEYENE, H.D.; WERKNEH, A.A.; AMBAYE, T.G. Current updates on waste to energy (WtE) technologies: a review. *Renewable Energy Focus*, v. 24, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2017.11.001>
- BORBA, W.F.; SILVA, J.L.S.; KEMERICH, P.D.C.; SOUZA, E.E.B.; FERNANDES, G.D.; SILVA, M.G. Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos (IQR): Estudo em área no sul do Brasil. *Meio Ambiente*, v. 3, n. 3, p. 86-99, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5118504>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. *Coleta de lixo - Rio Grande do Norte: moradores por coleta de lixo segundo município*. Período: 2010. Brasil: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/lixrn>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- BRITO, A.S. *Diagnóstico e avaliação das áreas de destino final dos resíduos sólidos urbanos no estado do Rio Grande do Norte*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/14953>. Acesso em: 9 maio 2024.
- DADARIO, N.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; CREMASCO, C.P.; SANTOS, F.A.; RIZK, M.C.; MOLLO NETO, M. Waste-to-energy recovery from municipal solid waste: global scenario and prospects of mass burning technology in Brazil. *Sustainability*, v. 15, n. 6, p. 5397, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15065397>
- DIAS, C.M.M.; ROSA, L.P.; GOMEZ, J.M.A.; D'AVIGNON, A. Achieving the Sustainable Development Goal 06 in Brazil: the universal access to sanitation as a possible mission. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 2, p. 1337-1367, 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170590>
- FRATTA, K. D. S. A.; TONELI, J. T. C. L.; ANTONIO, G. C. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brazil through the application of sustainability indicators. *Waste Management*, v. 85, p. 11-17, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.001>
- GARCIA-JORDAN, N.; BERRIZBEITIA, M.; RODRIGUEZ, J.; CONCEPCION, J.J.; CÁCERES, A.; QUINONES, W. Seroprevalence of Trypanosoma cruzi infection in the rural population of Sucre State. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 33, n. 10, e00050216, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00050216>
- GOMES, L.P.; KOHL, C.A.; SOUZA, C.L.L.; REMPEL, N.; MIRANDA, L.A.S.; MORAES, C.A.M. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 449-462, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000120751>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022*. Tabelas - População e domicílios: Primeiros resultados. População coletada e população imputada, por município. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=37225&t=resultados>. Acesso em: 22 out. 2024.
- JERIN, D.T.; SARA, H.H.; RADIA, M.A.; HEMA, P.S.; HASAN, S.; URME, S.A.; AUDIA, C.; HASAN, T.; QUAYYUM, Z. An overview of progress towards implementation of solid waste management policies in Dhaka, Bangladesh. *Heliyon*, v. 8, n. 2, e08918, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08918>
- KAZA, S.; YAO, L.C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development. Washington, D.C.: World Bank, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/30317>. Acesso em: 26 jan. 2025.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). *Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania*. Brasília: MIDR, 2019. Disponível em: https://cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf. Acesso em: 10 maio 2024.
- MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (MPRN). *Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente*. Natal: MPRN, 2023. Disponível em: <https://www.mprn.mp.br/paginas/areas-de-atuacao/meio-ambiente/>. Acesso em: 12 maio 2024.
- OLIVEIRA, T.C.F.; BÁRBARA, V.F.; VEIGA, R.M.; BARROS, R.G. Panorama da aplicabilidade do índice de qualidade de aterros de resíduos (IQR) no Brasil: uma revisão bibliográfica. In: PANIAGUA, C. E. S. (Org.). *Meio Ambiente: Agricultura, Desenvolvimento e Sustentabilidade*. São Paulo: Atena, 2023. v. 2. p. 70-82. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3912322065>

PEREIRA, A.N.M.; RIBEIRO, F.M. Stakeholders' participation in environmental regulation: A case study of the sectoral agreement of packaging reverse logistics in Brazil. *Waste Management & Research*, v. 39, n. 10, p. 1256-1263, 2021. <https://doi.org/10.1177/0734242X211048128>

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH/RN). *Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Norte*. Natal: SEMARH/RN, 2015. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/doc/DOC000000000156030.PDF>. Acesso em: 10 out. 2024.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH/RN). *Revisão e atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte*. Natal: SEMARH/RN, 2022. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC/DOC000000000325434.PDF>. Acesso em: 23 out. 2024.

SILVA, K.V.; SOUZA, L.S.B. Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos-IQR Valas/Lixões nos municípios do estado de Roraima, Amazônia Ocidental, Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 17, n. 2, p. 159-180, 2023. Disponível em: <https://revista.ufrir.br/rga/article/view/7733>. Acesso em: 26 jan. 2025.

SILVA, T.R.; SANTOS, J.G.; HIPOLITO, E.N.; FRANCO, M.L.; SOUZA, M.C.; ALVES, W.M.; COSTA, A.S.V.; FERREIRA, A.C. Proposta de um consórcio intermunicipal na microrregião de saúde de Teófilo Otoni/Malacacheta para gestão de resíduos sólidos urbanos. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, e259101018550, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18550>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Secretaria Nacional de Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Diagnóstico Temático*. Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Visão Geral: ano de referência 2021. Brasília: SNIS, 2022a. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/>

images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Snis/RESIDUOS_SOLIDOS/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2022.pdf. Acesso em: 25 out. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). *Série Histórica*. Resíduos Sólidos. Agrupamento dinâmico de indicadores e informações por ano de referência - 2021. Brasília: SNIS, 2022b. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 12 maio 2024.

SOUZA, M.N.F.A.; PEREIRA, C.V.M.; ARAUJO, F.S.; CAVALCANTI NETO, I.; FERREIRA, J.C.V.; CUNHA, P.E.V.; COSTA, C.W. Determinação de áreas vulneráveis à erosão e prioritárias à recuperação da bacia hidrográfica do Rio Potengi - RN. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 13, n. 1, e24247, 2024. <https://doi.org/10.5585/2024.24247>

TERCEIRO, S.F.; CHIANCA, C.G.C.; SILVA, C.K.; COSTA, M.N. Avaliação da área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos do município de Caraúbas - RN. In: AGUILERA, J.G.; ZUFFO, A.M. (Org.). *A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Atena, 2019. Capítulo 6. v. 2. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3721914086>

TORRES, D.M.; GOMES, M.D.B.; ANDRADE, E.K.F.; SILVA, R.D.R. Estudo de caso sobre a qualidade da água do Rio Potengi na cidade de São Paulo do Potengi, Rio Grande do Norte, Brasil. *Holos*, v. 8, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.9193>

TSALIS, T.; AMARANTIDOU, S.; CALABRÓ, P.; NIKOLAOU, I.; KOMILIS, D. Door-to-door recyclables collection programmes: Willingness to participate and influential factors with a case study in the city of Xanthi (Greece). *Waste Management & Research*, v. 36, n. 9, p. 760-766, 2018. <https://doi.org/10.1177/0734242X18764291>

WASTE ATLAS. *Interactive map with visualized waste management data*. Waste Atlas, 2024. Disponível em: <http://www.atlas.d-waste.com/>. Acesso em: 13 out. 2024.