



Dinâmica espacial da composição gravimétrica dos resíduos sólidos no município de Pau dos Ferros-RN

Spatial dynamics of the gravimetric composition of solid waste in the municipality of Pau dos Ferros-RN

 Guilherme Emanuel Ferreira Fontes¹,  Joel Medeiros Bezerra¹,  Talita Tássia da Costa¹,
 Ingrid Fialho de Miranda¹

RESUMO

Este estudo analisou a dinâmica espacial da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no município de Pau dos Ferros-RN, com o objetivo de identificar padrões territoriais de geração e descarte que subsidiem o planejamento da gestão integrada de resíduos. A metodologia consistiu na caracterização gravimétrica dos resíduos coletados em 27 bairros e comunidades, com análise espacial dos dados por meio de georreferenciamento. Os resultados evidenciaram predominância de matéria orgânica (29,6%), seguida de rejeitos (25,1%) e resíduos de poda e varrição (16%), com recicláveis secos totalizando 24,50%. Dos 27 bairros analisados, 17 (63%) apresentaram fração de recicláveis igual ou superior a 20%, meta estabelecida pelo PLANARES para 2040, com concentração ao longo da BR 405, eixo de perfil predominantemente comercial. A geração per capita estimada foi de 0,202 kg/hab.dia, significativamente inferior às médias estadual e nacional, evidenciando limitações metodológicas a serem superadas em estudos futuros. Conclui-se que a abordagem espacial da composição gravimétrica oferece subsídios técnicos diretamente aplicáveis ao planejamento de rotas de coleta seletiva e à priorização de intervenções territoriais, especialmente em municípios de pequeno porte do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos; Composição gravimétrica; Gestão ambiental urbana.

ABSTRACT

This study analyzed the spatial dynamics of the gravimetric composition of municipal solid waste in the municipality of Pau dos Ferros-RN, aiming to identify territorial patterns of generation and disposal to support integrated waste management planning. The methodology consisted of gravimetric characterization of waste collected in 27 neighborhoods and communities, with spatial data analysis using georeferencing techniques. Results showed a predominance of organic matter (29.6%), followed by rejects (25.1%) and pruning and sweeping waste (16%), with dry recyclables totaling 24.50%. Of the 27 areas analyzed, 17 (63%) presented a recyclable fraction equal to or greater than 20%, the target set by PLANARES for 2040, with concentration along the BR 405 highway, a predominantly commercial corridor. The estimated per capita generation was 0.202 kg/inhabitant/day, significantly below state and national averages, highlighting methodological limitations to be addressed in future studies. It is concluded that the spatial approach to gravimetric composition provides technical inputs directly applicable to selective collection route planning and territorial intervention prioritization, especially in small municipalities of the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Urban solid waste; Gravimetric composition; Urban environmental management.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Autor correspondente: joel.medeiros@ufersa.edu.br

Recebido em: 08/08/2025. Aceito em: 11/05/2026.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado. 

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui uma consequência direta da intensificação do crescimento populacional, da urbanização acelerada, da ampliação do poder aquisitivo e da transformação nos padrões de consumo promovida pelos avanços tecnológicos e industriais (Lucena; Junior, 2024).

No Brasil, a produção estimada de RSU em 2022 foi de 77,1 milhões de toneladas, das quais apenas 71,5 milhões foram efetivamente coletadas. Dentre os resíduos coletados, 38,9% foram destinados de forma inadequada, ampliando os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, em razão da emissão de líquidos e gases contaminantes durante sua decomposição (ABREMA, 2023).

Diante desse cenário, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabeleceu diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos RSU, impondo prazos para adequação por parte dos municípios sendo agosto de 2024 o limite para municípios com até 50 mil habitantes (BRASIL, 2010). No entanto, nos municípios de pequeno e médio porte, como é o caso de Pau dos Ferros-RN, a ausência de dados confiáveis sobre a quantidade e a composição dos resíduos gerados representa um dos principais entraves à formulação de políticas públicas eficazes (Alvarenga; Pereira; Salgado, 2023)

Nesse contexto, a caracterização gravimétrica se destaca como instrumento essencial para a gestão de resíduos, possibilitando conhecer a composição física dos materiais descartados, identificar sua origem e avaliar seu potencial de reaproveitamento (Cembranel et al., 2021). Além de subsidiar o planejamento de sistemas de coleta, transporte e destinação final, esse diagnóstico permite alinhar as estratégias municipais aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), como saúde e bem-estar (ODS 3), água potável e saneamento (ODS 6), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11) e consumo e produção responsáveis (ODS 12), promovendo redução de impactos ambientais e geração de emprego e renda (Nascimento; Pinto, 2021).

Em Pau dos Ferros-RN, os desafios são ainda mais acentuados em virtude das limitações financeiras e estruturais que comprometem a implantação de políticas como a coleta seletiva, sendo essa prática mais rara quanto menor a população do município (Vieira et al., 2025). Soma-se a isso o processo de urbanização desordenada registrado nas últimas décadas, especialmente às margens do rio Apodi-Mossoró e do riacho Cajazeiras, que contribui para o aumento da geração de resíduos e sua destinação inadequada em vazadouros a céu aberto (Vilaça; Costa, 2022). Essas práticas intensificam os riscos de contaminação do solo e da água, comprometendo a saúde pública e a qualidade ambiental local.

Diante da necessidade de erradicação dos lixões, conforme previsto pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), torna-se urgente conhecer a tipologia e a distribuição espacial dos resíduos no município, de forma a embasar o planejamento de ações sustentáveis e financeiramente viáveis.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica espacial da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no município de Pau dos Ferros-RN, a partir da setorização dos bairros, com o intuito de subsidiar ações voltadas ao planejamento e à gestão integrada dos resíduos. Especificamente, busca-se identificar o perfil atual da geração de resíduos sólidos urbanos no município; caracterizar qualitativa

e quantitativamente a composição dos resíduos sólidos por setor/bairro; avaliar a distribuição espacial dos resíduos recicláveis no território urbano; e fornecer subsídios técnicos que favoreçam o aprimoramento da gestão municipal de resíduos, contribuindo para a futura implementação de programas de coleta seletiva.

Por meio desse diagnóstico, pretende-se oferecer suporte técnico e científico à formulação de políticas públicas mais eficazes, promovendo a sustentabilidade na gestão dos RSU e fortalecendo práticas ambientalmente responsáveis no contexto urbano de Pau dos Ferros-RN.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Pau dos Ferros (Figura 1), localizado no Alto Oeste potiguar, às margens do rio Apodi-Mossoró. Com uma área de 259,96 km² e população estimada em 30.479 habitantes, sendo 92% concentrados na zona urbana (IBGE, 2022).

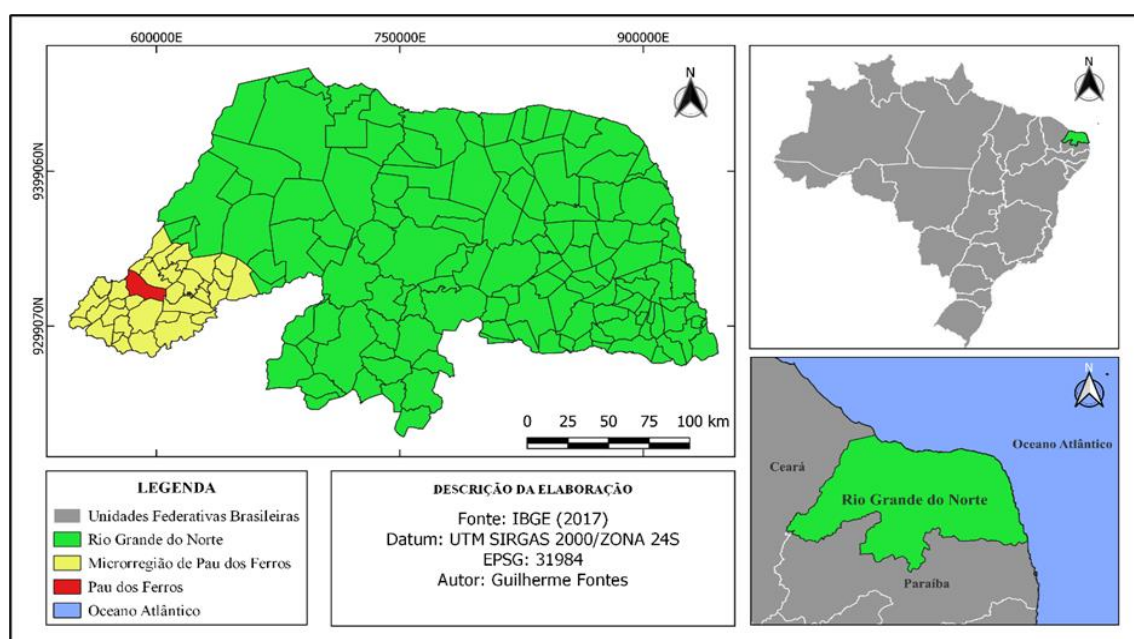


Figura 1. Localização do município de Pau dos Ferros-RN. Fonte: Autores (2024).

Reconhecido como centro regional de comércio, educação e saúde, Pau dos Ferros exerce influência sobre os municípios vizinhos, consolidando-se como polo de referência no semiárido do Rio Grande do Norte (Rêgo Barreto, 2020). No entanto, o processo de urbanização tem ocorrido de forma acelerada e desordenada, resultando em impactos ambientais relevantes. Bilac e Alves (2014) apontam a ocupação indevida de Áreas de Preservação Permanente (APPs), como os leitos do rio Apodi-Mossoró e do riacho das

Cajazeiras, evidenciando a expansão urbana sobre ecossistemas sensíveis e a disposição inadequada de resíduos, o que agrava a degradação ambiental.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem quantitativa e natureza aplicada, cuja finalidade principal foi compreender a dinâmica espacial da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados em diferentes setores do município. A metodologia adotada está fundamentada na sistematização de etapas que envolveram levantamento de campo, coleta de amostras, quantificação e classificação dos resíduos, espacialização e análise estatística dos dados obtidos.

2.2.1 Estudo gravimétrico

A coleta de dados ocorreu nos bairros e comunidades rurais contemplados pelos serviços de limpeza urbana, no período de 17 a 20 de julho de 2023, considerando condições de normalidade de fluxo migratório e ausência de eventos ou festejos. A etapa foi precedida por visitas técnicas de reconhecimento e planejamento, a fim de mapear os bairros atendidos e definir os pontos de amostragem de forma intencional, buscando representar distintos setores urbanos e permitir a comparação entre áreas de características socioespaciais diversas. O procedimento foi realizado em horários anteriores à coleta convencional e ao recolhimento pelos catadores, geralmente no turno matutino, visando maior representatividade das condições reais de geração de RSU. Os materiais recolhidos foram acondicionados em bombonas plásticas devidamente identificadas por setor ou bairro.

A opção por quatro dias consecutivos de coleta está em consonância com estudos gravimétricos de municípios de pequeno porte (Cembranel et al., 2021; Alvarenga; Pereira; Salgado, 2023), que adotam períodos similares em função das limitações logísticas e financeiras características desses contextos. O mês de julho foi escolhido por representar um período de normalidade no fluxo populacional e de consumo, sem interferência de datas comemorativas, festas regionais ou períodos de férias escolares prolongadas que pudessem distorcer o perfil de geração. Reconhece-se, contudo, que a ausência de coletas em outros períodos do ano, como o primeiro semestre, marcado por maior pluviosidade no semiárido, constitui uma limitação, uma vez que a sazonalidade climática pode influenciar tanto o volume quanto a composição dos resíduos gerados, especialmente nas frações de poda, varrição e matéria orgânica.

Os resíduos foram coletados antes da passagem dos caminhões de coleta convencional e das ações dos catadores informais, o que garantiu maior fidedignidade às amostras. Os materiais recolhidos foram acondicionados em bombonas plásticas devidamente identificadas por setor ou bairro.

A amostragem seguiu os princípios da metodologia proposta por Castilhos Júnior (2003), com adaptações às condições locais. Cada amostra foi coletada em sacos de

polietileno, pesados com auxílio de balança eletrônica e separadas em frações específicas, obedecendo à classificação dos resíduos conforme a Resolução CONAMA nº 275/2001.

A análise gravimétrica consistiu na triagem manual dos resíduos sólidos urbanos, realizada em espaço previamente higienizado e adaptado com lona plástica, conforme as exigências sanitárias. Cada amostra foi aberta, separada por tipo de material e pesada individualmente, permitindo a determinação da massa e da participação percentual de cada fração na composição total dos resíduos.

As categorias analisadas incluíram: resíduos recicláveis secos (papel, plástico, vidro e metais), matéria orgânica putrescível, rejeitos (misturas não recicláveis), resíduos da construção civil, resíduos de poda, resíduos de serviços de saúde e resíduos mistos.

Reconhece-se como limitação da amostragem a ausência de levantamento específico dos grandes geradores comerciais, cuja exclusão pode ter influenciado o perfil gravimétrico obtido, especialmente nas frações de papel, papelão e embalagens. Ademais, a amostragem intencional por setor, embora adequada aos objetivos do estudo, não permite inferências estatísticas para toda a população municipal, devendo os resultados ser interpretados como diagnóstico setorial e não como caracterização probabilística da geração total de RSU no município.

A análise estatística limitou-se a medidas descritivas de composição percentual e massa específica, em razão das características da amostragem intencional adotada. Estudos futuros com delineamento probabilístico poderão incorporar testes inferenciais, como Kruskal-Wallis para comparação entre grupos de bairros, e medidas de dispersão por fração gravimétrica, ampliando o poder analítico do diagnóstico territorial.

Na etapa de separação e pesagem, os materiais foram identificados por tipo: plástico, papel, vidro, metal, matéria orgânica, podas, rejeitos, mistos, resíduos de construção civil, resíduos de serviços de saúde e outros, de acordo com seus grupos e subgrupos.

Diante do procedimento analítico, os dados foram tabulados e organizados no *software Excel*, com as informações da pesagem de cada tipo de resíduo, do volume e peso da amostra para cada bairro/comunidade, além do somatório geral como junção de todos os quantitativos obtidos. Após estes procedimentos, foi possível realizar a composição gravimétrica da amostra em porcentagem, calculada a partir da razão da massa de cada tipo de resíduo (M_m) pela massa total dos resíduos segregados pesados (M_t) e multiplicada por 100, sendo obtida em porcentagem, conforme a equação 1.

$$M\% = \frac{M_m}{M_t} * 100 \quad \text{Eq. 01}$$

Quanto à representação da fração de cada tipo de resíduo encontrado ocorreu através de gráficos por grupos de bairros/comunidades, que foram agrupados de acordo com a sua localização geográfica em relação a área urbana, como pode ser visualizado na figura 2.

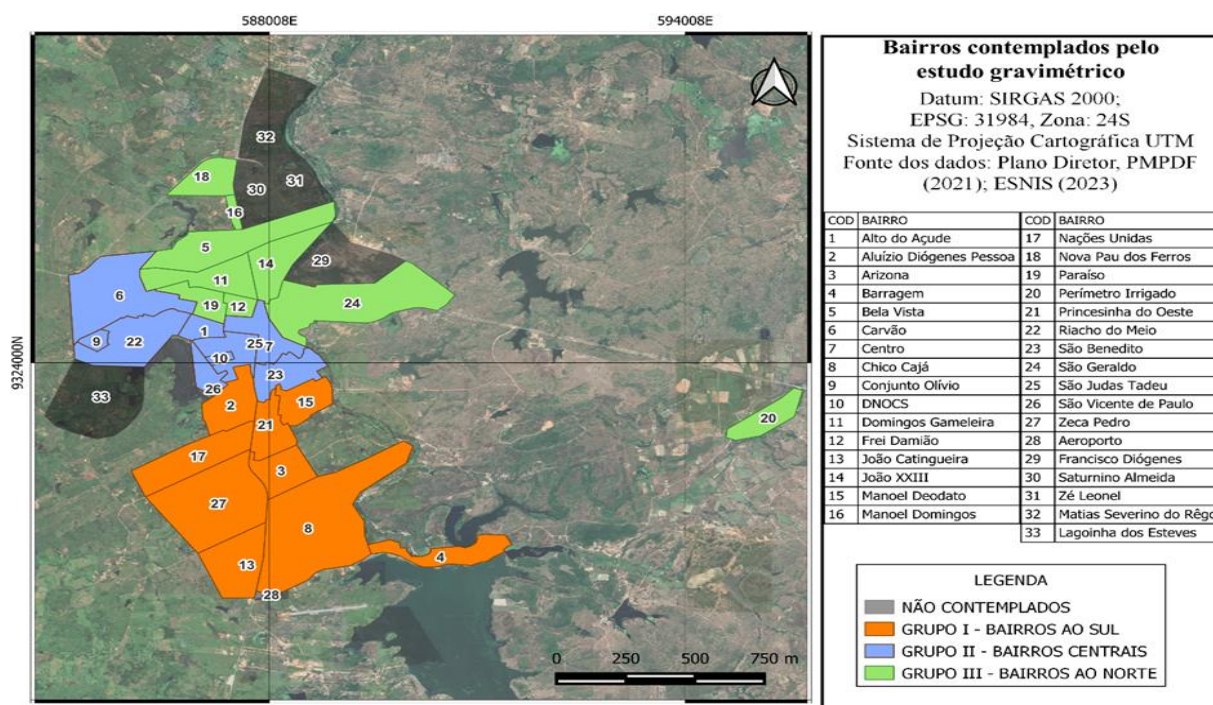


Figura 2. Agrupamento dos bairros/comunidades do município de Pau dos Ferros-RN.

Fonte: Autores (2023).

Já para obtenção da massa específica (densidade) das amostras de RSU para cada um dos bairros/comunidades do estudo foi contabilizada pela divisão entre a massa (M) e o volume (V) da amostra, conforme a equação 2, sendo calculado uma média para o município:

$$ME = \frac{M}{V} \quad \text{Eq. 02}$$

A estimativa da massa diária de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados em Pau dos Ferros-RN foi obtida a partir do volume semanal coletado, dividido por sete e multiplicado pela densidade dos resíduos compactados, conforme Mendonça (2020). Com base nessa massa total diária e na população do município, conforme o censo mais recente, calculou-se a geração per capita de RSU.

A espacialização dos dados foi realizada utilizando as bases vetoriais do Plano Diretor Municipal, complementadas com limites territoriais não incluídos originalmente, como DNOCS, Conjunto Olívio, Barragem e Lagoinha dos Esteves. As informações da composição gravimétrica foram inicialmente organizadas em planilhas Excel e posteriormente integradas às camadas geográficas, possibilitando a elaboração de mapas temáticos com a distribuição dos resíduos recicláveis e não recicláveis por bairro/comunidade.

Com base nas porcentagens de cada tipo de resíduo (conforme Apêndice B), foram destacados os bairros cuja fração de recicláveis foi igual ou superior a 20%, valor adotado em consonância com a meta 4 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES, 2022), que prevê a recuperação de, no mínimo, 20% de materiais recicláveis até 2040.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PANORAMA DA GESTÃO PÚBLICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS-RN

Em Pau dos Ferros-RN, a coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) ocorre por meio de três rotas principais, cobrindo cerca de 86,67% da área urbana. A operação é realizada por dois veículos compactadores da empresa MB Limpeza Urbana (15 m³) e um caminhão da prefeitura (5,8 m³), que atende locais de difícil acesso.

As rotas urbanas têm frequência de coleta três vezes por semana, enquanto a rota comercial é diária. Entretanto, bairros como Francisco Diógenes, Saturnino Almeida, Zé Leonel, Matias Severino Rêgo e Aeroporto não possuem cobertura regular, devido à baixa densidade populacional. A figura 3 apresenta a distribuição espacial da coleta.

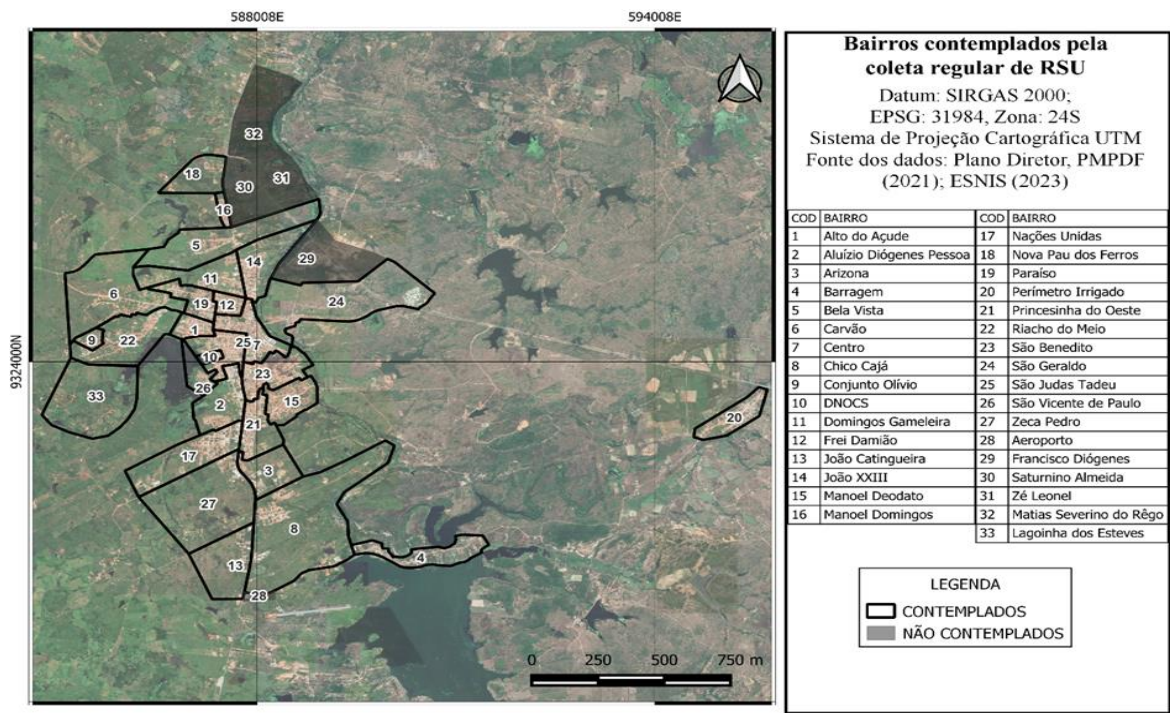


Figura 3. Bairros de Pau dos Ferros-RN com cobertura de coleta regular de RSU.
Fonte: Autores (2023).

A estrutura da coleta é composta por dois veículos compactadores com capacidade de armazenamento de 15m³, pertencentes a empresa MB Limpeza Urbana, além de um caminhão compactador da prefeitura com cerca de 5,8 a 6m³ de capacidade de acúmulo, atuando em rotas complementares e de difícil acesso, como detalhado nos quadros 1 e 2.

A presença de cerca de 120 catadores na zona urbana e 86 no vazadouro a céu aberto (ESNIS, 2023) evidencia a importância do trabalho informal na gestão dos resíduos. Esses agentes realizam a coleta seletiva informal, muitas vezes antes da coleta oficial, sem qualquer vínculo empregatício ou proteção legal. Essa realidade reflete o panorama nacional, no qual cerca de 87% dos catadores atuam de forma precária (Bouvier; Dias, 2021), utilizando instrumentos rudimentares e enfrentando jornadas extensas.

Quadro 1. Rotas de coleta convencional de RSU realizadas pela empresa terceirizada contratada em Pau dos Ferros-RN em 2023.

ROTA	BAIRROS/COMUNIDADES COLETADOS	COLETADO DIARIAMENTE
Manhã de segunda, quarta e sexta.	Chico Cajá, BR-405, COHAB, São Benedito, São Vicente de Paula, São Geraldo e Arizona.	Segunda 30 m ³ Quarta 15 m ³ Sexta 15 m ³
Manhã de terça, quinta e sábado.	São Benedito, São Judas Tadeu, Aluizio Diógenes, Nações Unidas, Zeca Pedro e Princesinha.	Terça 30 m ³ Quinta 30 m ³ Sábado 15 m ³
Tarde de segunda, quarta e sexta	Paraíso, Centro, João XXIII, Bela Vista, Domingos Gameleira e Centro.	Segunda 30 m ³ Quarta 30 m ³ Sexta 30 m ³
Tarde de terça, quinta e sábado	Alto do Açude, Olívio de Sousa, Domingos Gameleira, Centro e Corredores Principais.	Terça 30 m ³ Quinta 15 m ³ Sábado 15 m ³

Fonte: MB Limpeza Urbana (2023).

Quadro 2. Rotas complementares de coleta de RSU realizadas pelo veículo da prefeitura.

ROTA	BAIRROS COLETADOS	VOLUME COLETADO DIARIAMENTE
Segunda	Nova Pau dos Ferros, Manoel Domingos, Final São Geraldo*, UFERSA, Barragem, IFRN, UERN, Hospital Regional, Manoel Deodato**	12 m ³
Terça	Paraíso, Carvão, Escola Francisco Aires, Final Nações Unidas, Zeca Pedro, João Catingueira, Arizona.	12 m ³
Quarta	Nova Pau dos Ferros, Manoel Domingos, Final São Geraldo*, UFERSA, Barragem, IFRN, UERN, Hospital Regional, Manoel Deodato.	12 m ³
Quinta	Paraíso, Carvão, Lagoinha dos Estevam, Escola Francisco Aires, Final Nações Unidas, Zeca Pedro, João Catingueira, Arizona.	12 m ³
Sexta	Nova Pau dos Ferros, Manoel Domingos, Final São Geraldo*, UFERSA, Barragem, IFRN, UERN, Hospital Regional, Manoel Deodato.	12 m ³
Sábado	Perímetro, Paraíso, Carvão, Final Nações Unidas, Zeca Pedro, João Catingueira, Arizona.	12 m ³

* Rua Itamiran Nunes e Bela Vista; **Exceto Rua Cícero Trajano e Paul Harris. Fonte: Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros (2023).

Todos os resíduos coletados são destinados ao lixão municipal, em operação há décadas. Os catadores que atuam nesse espaço enfrentam riscos extremos, em meio a fumaça tóxica, ausência de EPIs e infraestrutura inadequada. A permanência do lixão contraria a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabeleceu sua erradicação até 2024, além de violar os princípios da dignidade do trabalho defendidos pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

A partir de 2024, o município deu início à coleta seletiva formal, com a estruturação da Associação São José de Catadores e Catadoras (ASCARP). A associação dispõe de galpão, veículo próprio e EPIs, contando com apoio de instituições públicas e privadas para fornecimento contínuo de recicláveis. Segundo o Manual de Saneamento (Brasil,

2019), a formalização dos catadores melhora suas condições de trabalho, promove inclusão social e permite a contratação direta por administrações públicas, sem licitação, fortalecendo a sustentabilidade da gestão dos resíduos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RSU DE PAU DOS FERROS-RN

A análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) de Pau dos Ferros-RN, realizada em 2023, evidenciou predominância de resíduos orgânicos (29,6%), seguidos por rejeitos (25,1%) e resíduos de poda/capina e varrição (16%). Esse panorama difere dos achados de Mendonça (2020), que apontaram prevalência de rejeitos (35,51%), frações plásticas (24,93%) e orgânicos (14,57%) em 2019.

As diferenças observadas ao longo do tempo refletem mudanças no perfil da coleta e descarte. Atualmente, resíduos provenientes da varrição, frequentemente realizada pelos próprios moradores, são acondicionados com os RSU convencionais, o que contribui para o aumento de frações como poda e varrição. E os hábitos de descarte e o perfil populacional também influenciam diretamente a tipologia dos resíduos, conforme Oliveira (2022).

Comparativamente, Lunes (2017) identificou 45,40% de orgânicos, 20,90% de rejeitos e 24,69% de plásticos, destacando que não foram incluídas categorias como poda e varrição, o que contribui para divergências. A ausência de catadores organizados na época também favorecia o acúmulo de recicláveis no vazadouro.

A queda no percentual de recicláveis em relação aos estudos anteriores, de 39,25% em 2020 (Mendonça, 2020) e 30,72% em 2017 (Lunes, 2017) para 24,50% no presente estudo, não deve ser interpretada necessariamente como deterioração do sistema. Essa redução pode refletir a intensificação da atuação dos catadores informais, que retiram material antes da coleta oficial, dinâmica já apontada por Pereira e Fiore (2022) ao discutirem a crescente valoração dos recicláveis como estímulo à segregação na fonte. Nesse sentido, a comparação com municípios de perfil mais rural, como Ererê/CE e José da Penha/RN, que registraram índices superiores a 40% (Alves et al., 2023), deve considerar que nesses contextos a fração orgânica é frequentemente reaproveitada para alimentação animal ou compostagem (Siqueira; Abreu, 2016), reduzindo sua presença nos resíduos coletados e elevando artificialmente o percentual de recicláveis. Essa dinâmica, se não contabilizada, subestima sistematicamente a fração reciclável real gerada por municípios de maior porte urbano como Pau dos Ferros e compromete o dimensionamento de políticas de coleta seletiva.

A figura 4 mostra que a distribuição dos RSU por bairro, revelando que características sociais, econômicas e culturais influenciam diretamente na geração e tipologia dos resíduos, como também destaca o IBAM (2001). A massa específica dos RSU foi de 103,39 g/L (sem compactação), próxima aos 120,68 g/L medidos por Mendonça (2020) com resíduos compactados, o que pode indicar baixa eficiência do equipamento de coleta.

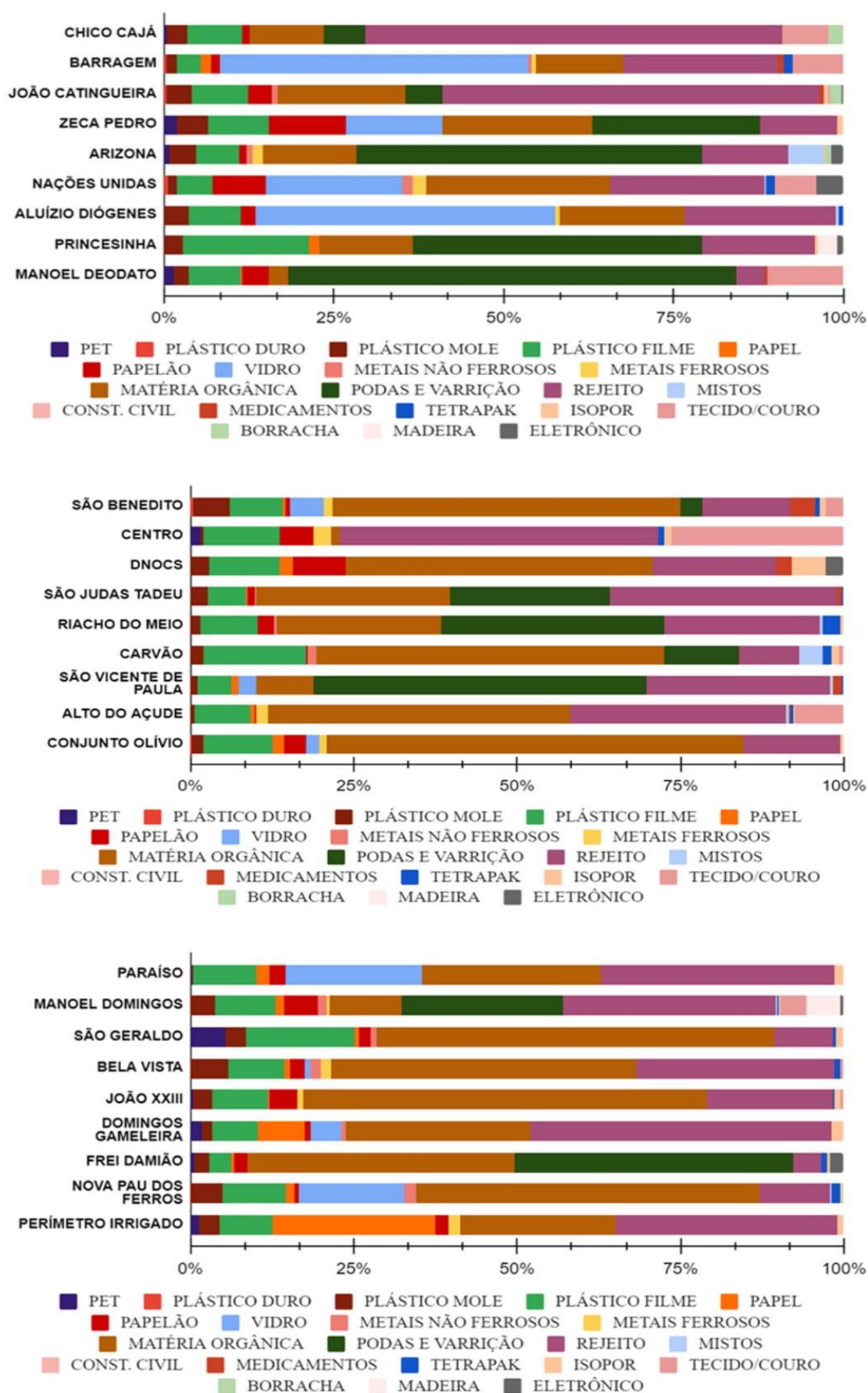


Figura 4. Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo I a Sul, Grupo II Central e Grupo III a Norte. Fonte: ESNIS (2023).

O volume diário coletado atualmente é de 51 m³, praticamente metade dos 98 m³/dia registrados em 2019. Essa redução pode estar associada à atuação mais intensa dos catadores, que hoje representam mais da metade dos que exercem essa atividade na cidade (ESNIS, 2023).

Com base na massa específica de 2020, estima-se uma geração de 6.154 kg/dia, inferior aos 11.826 kg/dia de 2019 e aos 75.000 kg/dia de 2016 (Lunes, 2017). A geração per capita foi de 0,202 kg/hab.dia, bem abaixo das médias estadual (1,20 kg/hab.dia) e nacional (0,99 kg/hab.dia), segundo o SNIS (2019). Essa subestimação tem implicações diretas para o planejamento municipal: políticas dimensionadas com base nesse per capita tenderão a subdimensionar a infraestrutura necessária, especialmente considerando que Pau dos Ferros exerce função de polo regional, atraindo população de municípios vizinhos nos dias de maior movimentação comercial. Recomenda-se que estudos futuros incluam levantamento específico dos grandes geradores e adotem estratificação por dias da semana.

A figura 5 evidencia que 17 dos 27 bairros ou comunidades apresentam mais de 20% de resíduos recicláveis. Esse cenário é promissor para o alcance do ODS 12 (consumo e produção responsáveis), com efeitos positivos também nos ODS 1, 6, 8, 10, 11, 13, 14 e 15.

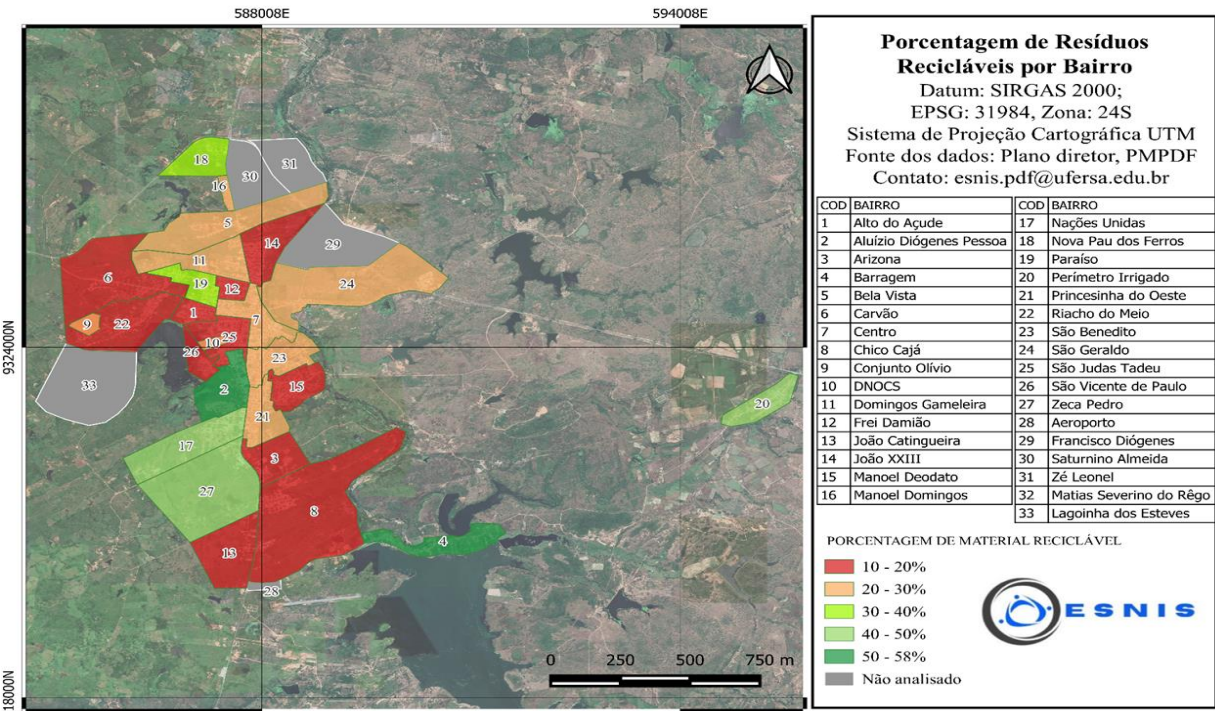


Figura 5. Porcentagem de Resíduos Recicláveis por bairro no município de Pau dos Ferros-RN em 2023. Fonte: ESNIS (2023).

Notavelmente, bairros como Barragem e Perímetro Irrigado, com 54,68% e 41,36% de recicláveis, respectivamente, demonstram que não apenas áreas centrais concentram esses resíduos. Essa presença pode estar associada à prática tradicional de reaproveitamento da fração orgânica, como apontado por Silva (2016). Ademais, 59% das áreas com mais de 20% de recicláveis estão ao longo da BR 405, região de perfil predominantemente comercial, conforme observado também por Mendonça (2020).

Em relação à proximidade de mananciais hídricos, 12 bairros ou comunidades situam-se nas imediações do Açude Público Dr. Pedro Diógenes Fernandes, do Açude 25 de Março e do Rio Apodi-Mossoró. Metade dessas localidades apresenta frações de resíduos recicláveis abaixo de 20%, o que, segundo Silva (2011), pode aumentar os riscos de contaminação devido ao carreamento inadequado desse material.

Essa concentração de recicláveis ao longo da BR 405 sugere que uma rota piloto de coleta seletiva abrangendo os bairros Centro, São Benedito e adjacentes representaria a estratégia de maior custo-efetividade para início da operação formal da ASCARP, dado o alto volume de recicláveis e a logística já estabelecida de coleta convencional nesse eixo.

Os 12 bairros próximos a mananciais com menos de 20% de recicláveis configuram zonas de intervenção prioritária não pelo potencial econômico dos recicláveis, mas pelo risco ambiental associado ao descarte inadequado nas proximidades de corpos hídricos, demandando ações combinadas de educação ambiental e ampliação da cobertura de coleta convencional como medida imediata.

A expressiva fração reciclável em comunidades periféricas como Barragem (54,68%) e Perímetro Irrigado (41,36%), aliada à sua localização fora do eixo comercial central, indica que a extensão das rotas de coleta seletiva para essas áreas poderia ampliar significativamente o volume de materiais recuperados, justificando estudos de viabilidade logística para essas localidades.

A ausência de cobertura regular de coleta nos bairros Francisco Diógenes, Saturnino Almeida, Zé Leonel, Matias Severino Rêgo e Aeroporto impede qualquer diagnóstico gravimétrico de suas frações, constituindo uma lacuna no planejamento municipal que deve ser sanada previamente à expansão de qualquer programa de coleta seletiva.

4 CONCLUSÃO

A investigação sobre a dinâmica espacial da composição gravimétrica no município de Pau dos Ferros-RN revelou que 17 dos 27 bairros e comunidades analisados (63%) apresentaram fração de resíduos recicláveis igual ou superior a 20%, meta estabelecida pelo PLANARES para 2040, indicando que o município possui potencial técnico para o cumprimento antecipado desse indicador. A composição gravimétrica evidenciou predominância de matéria orgânica (29,6%), seguida de rejeitos (25,1%) e resíduos de poda e varrição (16%), com recicláveis secos totalizando 24,50%, percentual concentrado sobretudo ao longo da BR 405, eixo de perfil predominantemente comercial.

A ausência de coleta seletiva formal no período estudado, aliada à destinação integral dos resíduos ao lixão municipal em operação há décadas e em desconformidade com a PNRS, evidencia lacunas críticas na governança ambiental do município. A atuação de aproximadamente 206 catadores, sendo 120 na zona urbana e 86 no próprio lixão, demonstra que a gestão informal supre parte significativa da demanda por triagem, respondendo pela redução do volume coletado de 98 m³/dia em 2019 para 51 m³/dia em 2023.

A recente estruturação da ASCARP representa um avanço concreto rumo à formalização da cadeia de recicláveis no município. A leitura espacial produzida neste estudo identifica que bairros como Barragem (54,68%) e Perímetro Irrigado (41,36%)

concentram as maiores frações de recicláveis, enquanto 12 localidades próximas a mananciais hídricos apresentam frações abaixo de 20%, configurando áreas prioritárias tanto para a expansão da coleta seletiva quanto para ações de educação ambiental.

Conclui-se que a abordagem espacial da composição gravimétrica se mostrou eficaz para identificar padrões territoriais de geração de RSU em municípios de pequeno porte do semiárido brasileiro, oferecendo subsídios técnicos diretamente aplicáveis ao planejamento da coleta seletiva, à priorização de rotas e à inclusão produtiva de catadores. A geração per capita estimada de 0,202 kg/hab.dia, significativamente inferior às médias estadual e nacional, reforça a necessidade de metodologias de caracterização que considerem os grandes geradores e a variabilidade sazonal, aspectos recomendados para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. D.; PEREIRA, A. A. S.; SALGADO, E. G. A tomada de decisão na gestão de resíduos sólidos de municípios pequenos brasileiros. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 8, p. 14218–14240, 2023. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i8.1654>.

ALVES, C. R. R.; MOREIRA, C. L. P.; FERNANDES, A. J. S.; SILVA, M. T. Relatório parcial de atividades nº 13/2023 – Convênio ECTI nº 03/2022. **Projeto ESNIS**, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. ABREMA, 2023. Disponível em: <https://www.massalas.com.br/desvendando-o-panorama-abrema-2023/>.

BOUVIER, M.; DIAS, S. Catadores de materiais recicláveis no Brasil: um perfil estatístico. **WIEGO Statistical Brief**, n. 29, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/91837?returnUrl=/sophia_web/Home/Index&guid=1705104006424.

CEMBRANEL, A. S.; BALBINOTTI, E. C.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B.; PINTO, E. P. Composição gravimétrica e as causas da geração de rejeitos na triagem dos resíduos recicláveis municipal / Gravimetric composition and the causes of waste generation in the screening of municipal recyclable waste. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 36217–36239, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-200>.

ESNIS. Relatório técnico de atividades n° 06/2023: **Cadastro e formação de banco de dados acerca das condições de trabalho e moradia dos catadores de materiais recicláveis atuantes na zona urbana de Pau dos Ferros-RN**, 2023.

IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coord. técnica: V. Z. Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de população – 2022: Pau dos Ferros-RN**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama>.

LUCENA, I. P.; JUNIOR, M. V. P. Consumo e a produção de resíduos sólidos: um desafio para as cidades brasileiras. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 17, n. 3, 2024.

LUNES, A. R. S. **Proposta de técnicas de recuperação de área degradada para o lixão de Pau dos Ferros/RN**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/11488657-7864-44f9-aa6e-e8e60b80e90e>.

MENDONÇA, E. V. P. **Análise do manejo de resíduos sólidos na cidade de Pau dos Ferros/RN**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/f1deb2bf-9eb8-40c0-a1cd-671b6fe1b70f>.

MENDONÇA, E. V. P.; et al. Proposta de gestão de resíduos sólidos do município de Rodolfo Fernandes/RN. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 4, p. 63–76, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.004.0008>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES**. Coord. André Luiz Felisberto França et al. Brasília, DF: MMA, 2022. NASCIMENTO, F.; PINTO FILHO, J. L. Os impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, 2021. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2021D35.

OLIVEIRA, M. M. **Estratégias de redução dos resíduos sólidos domiciliares a serem dispostos em aterros sanitários: Redução na fonte, coleta seletiva e metanização**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25504?locale=pt_BR.

PEREIRA, V. R.; FIORE, F. A. Fatores influenciadores da segregação de resíduos orgânicos na fonte geradora para a viabilização de sistemas de compostagem.

Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 4, p. 643–652, jul./ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200434>.

RÊGO, J. R. G.; BARRETO FILHO, B. F. Dinâmica do comércio varejista em Pau dos Ferros (RN) (2008-2018). **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, n. 1, e8168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18224/baru.v6i1.8168>.

VIEIRA, V. S.; ANJOS, D. M.; QUEIROZ, J. H. M.; BARROS, M. O. N. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO MUNICÍPIO DE PATOS-PB. **Revista Geotemas, Pau dos Ferros**, v. 15, p. e02501, 2025. DOI: [10.33237/2236-255X.2025.6294](https://doi.org/10.33237/2236-255X.2025.6294)

SIQUEIRA, T. M. O.; ABREU, M. J. Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 38–43, 2016. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v68n4/v68n4a13.pdf>.

VILAÇA, I. L. V. V.; COSTA, F. R. Caracterização das áreas de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros – RN. **Sociedade e Território**, v. 34, n. 2, p. 83–101, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2022v34n2ID27314>.