



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS-RN
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Guilherme Emanuel Ferreira Fontes

**Mapeamento da geração dos potenciais resíduos sólidos recicláveis no município de Pau
dos Ferros-RN**

PAU DOS FERROS – RN

2024

Guilherme Emanuel Ferreira Fontes

Mapeamento da geração dos potenciais resíduos sólidos recicláveis no município de Pau dos Ferros-RN

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS – RN

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FF649 Fontes, Guilherme Emanuel Ferreira.
m Mapeamento da geração dos potenciais resíduos
sólidos recicláveis no município de Pau dos Ferros-
RN / Guilherme Emanuel Ferreira Fontes. - 2024.
57 f. : il.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, 2024.

1. gravimetria. 2. reciclagem . 3. coleta
seletiva. I. Bezerra, Joel Medeiros, orient. II.
Título.

Biblioteca Campus Pau dos Ferros-RN
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Guilherme Emanuel Ferreira Fontes

Mapeamento da geração dos potenciais resíduos sólidos recicláveis no município de Pau dos Ferros-RN

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Defendida em: 05/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Joel Medeiros Bezerra, Dr. – Presidente
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Alex Pinheiro Feitosa, Dr. – Membro Examinador
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Talita Tássia da Costa, Me. – Membro Examinador
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu chegar até aqui com saúde e paciência para atingir mais um objetivo em minha vida. A minha mãe Alda e ao meu pai Vones por todo o apoio durante a jornada, dedico a vocês esse trabalho. A minha noiva Isadora, que muito incentivou a conclusão do curso.

Agradeço também a todos os professores e amigos que tanto me ensinaram durante o período acadêmico, em especial o meu orientador Joel Medeiros, que me concedeu diversas oportunidades em projetos de extensão e aos professores Clawsio, Jorge, Alex, Kytéria, Joseane e Jacineumo que me incentivaram muito ao decorrer do curso.

Aos colegas com quem trabalhei nesses projetos, em especial o amigo Thiago Rosa e Talita Costa por todos os ensinamentos compartilhados. Esse trabalho também não seria possível sem a contribuição do ESNIS (Extensão Universitária voltada ao Desenvolvimento Socioambiental) e os colegas que participaram da gravimetria, dessa forma estendo os agradecimentos a Gerliano Souza, Alexandre Oliveira, Suyanne Brito, Giselle Tomé, Vinícios Da Vince, Carlos Daniel, Carlos Victor, Áquila Figueiredo e Josefa Marianny por todo o auxílio prestado. Por último, mas não menos importante, agradeço a todos que fazem parte da UFERSA e permitem que essa instituição tenha todo o reconhecimento onde passa.

RESUMO

A ausência de uma gestão e gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de maneira adequada, causam impactos que afetam o meio ambiente, a saúde pública e até a economia da sociedade moderna, se faz necessário a adoção de medidas de gerenciamento para mitigar tal situação. Entre tais ações, uma das mais importantes está relacionada a promoção da coleta seletiva, que para ter uma implementação adequada eficiente necessita de estudos de base, voltados a caracterizar a situação atual quanto ao cenário das fontes geradoras e a tipologia dos materiais produzidos, sendo de grande importância o estudo gravimétrico, uma vez que auxilia na identificação quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos urbanos gerados. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo realizar o mapeamento quanto a geração dos potenciais resíduos sólidos recicláveis, por meio da setorização de bairros, no município de Pau dos Ferros-RN. Para fins de desenvolvimento do estudo adotou-se a abordagem de cada bairro/comunidade atendido pela coleta convencional de RSU realizada pelo sistema de limpeza público do município. Foi identificado através dos dados das rotas de coleta fornecidos pela prefeitura que 27 dos 33 bairros/comunidades do município são atendidos pela coleta regular de resíduos, sendo estes os alvos do estudo, os quais foram divididos em três grupos de acordo com sua localização geográfica (Sul, Centro e Norte), sendo posteriormente agrupados os dados de maneira geral, permitindo contabilizar os valores médios representativos para o município. A coleta de dados se deu diretamente na fonte geradora em área residencial, mista e comercial, em uma quantidade de 200 litros de resíduos em cada bairro/comunidade que passa por coleta regular, posteriormente passaram pelo processo de quarteamento e gravimetria. Assim, foi verificado que a cobertura da coleta regular de RSU não abrange todos os bairros e comunidades do plano diretor até o momento, apenas nos bairros e comunidades mais povoados, neles foi estimado a produção de 51 m³ RSU por dia, que com a densidade calculada de 103,39 g/L resultou na estimativa de 6.154 kg/dia de geração total e 0,202 kg/hab.dia como produção *percapita*. Com relação a análise setorial foi identificado que 17 dos 27 bairros/comunidades estudados produzem acima de 20% de material reciclável, sendo esses mais concentrados na região central do município e ao longo da BR-405. Desse modo, as especificidades identificadas quanto a geração de RSU no município de Pau dos Ferros-RN, foi possível elencar algumas propostas de estratégias de implementação da coleta seletiva para o município, envolvendo ações organizacionais, administrativas, tal como estruturais, bem como comparar as etapas do gerenciamento nos anos de 2023 e 2024 com o que é considerado ideal. Assim, foi identificado as mudanças decorrentes da situação transitória em relação ao cenário anterior a realização do trabalho para geração de resíduos, estabelecendo uma trajetória de sucesso por meio de pequenas mudanças gradativas na rotina das localidades com maior potencialidade de produção de recicláveis, principalmente os estabelecimentos considerados grandes geradores.

Palavras-Chave: Gravimetria; Reciclagem; Coleta Seletiva.

ABSTRACT

The absence of adequate management and handling of Municipal Solid Waste (MSW) causes impacts that affect the environment, public health, and even the economy of modern society. It is necessary to adopt management measures to mitigate such a situation. Among these actions, one of the most important is related to the promotion of selective collection, which, to have adequate and efficient implementation, requires baseline studies aimed at characterizing the current situation regarding the scenario of generating sources and the typology of the materials produced, with the gravimetric study being of great importance, as it helps in the quantitative and qualitative identification of the generated urban solid waste. In this context, the study aimed to map the generation of potential recyclable solid waste through the zoning of neighborhoods in the municipality of Pau dos Ferros-RN. For the development of the study, the approach of each neighborhood/community served by the conventional MSW collection performed by the municipal public cleaning system was adopted. It was identified through the data from the collection routes provided by the city hall that 27 out of the 33 neighborhoods/communities in the municipality are served by regular waste collection, which are the targets of the study, and these were divided into three groups according to their geographical location (South, Center, and North), and then the data was grouped in general, allowing to account for the representative average values for the municipality. Data collection was carried out directly at the generating source in residential, mixed, and commercial areas, with a quantity of 200 liters of waste in each neighborhood/community that undergoes regular collection, and then went through the quartering and gravimetry process. Thus, it was found that the coverage of regular MSW collection does not cover all the neighborhoods and communities of the master plan so far, only in the most populated neighborhoods and communities, in which the production of 51 m³ MSW per day was estimated, which with the calculated density of 103.39 g/L resulted in the estimate of 6,154 kg/day of total generation and 0.202 kg/inhabitant.day as per capita production. Regarding the sectoral analysis, it was identified that 17 out of the 27 studied neighborhoods/communities produce above 20% of recyclable material, being more concentrated in the central region of the municipality and along BR-405. Thus, the identified specifics regarding MSW generation in the municipality of Pau dos Ferros-RN made it possible to list some proposals for selective collection implementation strategies for the municipality, involving organizational, administrative, as well as structural actions, and to compare the working scenarios of waste pickers, collection, and destination from the years 2023 and 2024 with what is considered ideal. Thus, the changes resulting from the transitional situation concerning the 2023 scenario for waste generation were identified, establishing a trajectory of success through small gradual changes in the routine of the localities with the greatest potential for recyclable production, mainly the establishments considered large generators.

Keywords: gravimetry, recycling, selective collection

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Geração de resíduos <i>per capita</i> por região no Brasil em 2022.	15
Figura 2: Exemplos de materiais potencialmente recicláveis.	21
Figura 3: Mapa de Localização do município de Pau dos Ferros- RN.	22
Figura 4: Procedimentos de coleta e avaliação de dados para identificação do cenário atual de gestão e gerenciamento de RSU no município de Pau dos Ferros-RN	23
Figura 5: Procedimentos de coleta de amostras da geração de RSU para o estudo gravimétrico do município de Pau dos Ferros-RN.	24
Figura 6: Coleta e acondicionamento das amostras de RSU por bairro/comunidade do município de Pau dos Ferros-RN: A) Bombonas devidamente identificadas; B) Coleta de RSU; C) Preenchimento das bombonas.	25
Figura 7: Procedimentos de análise gravimétrica dos RSU no município de Pau dos Ferros-RN.	26
Figura 8: Organização e tratamento de dados referente a análise gravimétrica do município de Pau dos Ferros-RN.	27
Figura 9: Organização dos bairros/comunidades de Pau dos Ferros-RN em grupos.	28
Figura 10: Bairros/comunidades de Pau dos Ferros-RN que possuem coleta regular de RSU.	32
Figura 11: Condições de trabalho dos agentes catadores de materiais recicláveis no vazadouro a céu aberto de Pau dos Ferros-RN	35
Figura 12: Composição gravimétrica dos RSU do município de Pau dos Ferros-RN em 2023.	37
Figura 13: Acondicionamento de resíduos de varrição das vias públicas, para posterior coleta convencional de RSU.	38
Figura 14: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo I a Sul.	40
Figura 15: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo II Central.	40
Figura 16: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo III a Norte.	41
Figura 17: Porcentagem de Resíduos Recicláveis por bairro/comunidade no município de Pau dos Ferros-RN em 2023.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma semanal da Coleta Convencional de RSU do município de Pau dos Ferros-RN em 2023, de acordo com a empresa terceirizada responsável pela limpeza urbana.	31
Quadro 2: Rotas de coleta convencional de RSU realizadas pela empresa terceirizada contratada em Pau dos Ferros-RN em 2023.....	33
Quadro 3: Rotas complementares de coleta de RSU realizadas pelo veículo da prefeitura.	33
Quadro 4: Comparação de cenários de gerenciamento RSU em Pau dos Ferros-RN.	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

PNRS - POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

RSU - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

RS – RESÍDUOS SÓLIDOS

RN – RIO GRANDE DO NORTE

NBR – NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA

PLANARES – PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

SEMA – SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE

IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL

FEMA - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

PMPDF – PREFEITURA MUNICIPAL DE PAU DOS FERROS

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE

ESNIS - EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA VOLTADA AO DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL

ASCARP - ASSOCIAÇÃO SÃO JOSÉ DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS E REUTILIZÁVEIS DE PAU DOS FERROS-RN

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 GERAL	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO TEÓRICA	14
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	14
3.2 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	15
3.3 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.5 GRAVIMETRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
3.6 COLETA SELETIVA.....	19
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 ÁREA DE ESTUDO	22
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
4.2.1 Identificação do cenário atual de gestão e geração de RSU do município de Pau dos Ferros-RN.....	23
4.2.2 Estudo gravimétrico	24
4.2.3 Análise de dados.....	27
4.2.4 Proposição e comparação de cenários	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 PANORAMA DA GESTÃO PÚBLICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS	31
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RSU DE PAU DOS FERROS.....	36
5.3 PROPOSIÇÃO E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO.....	44
6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICES	55

1 INTRODUÇÃO

A produção de resíduos é inevitável na sociedade moderna, que estando inserida no cotidiano da população, tem seu crescimento diretamente relacionado ao acelerado aumento populacional, ao rápido e deliberado processo de urbanização agregado com os avanços tecnológicos e industriais, além do aumento do poder aquisitivo e os novos padrões de consumo (OENNING et al., 2012).

No Brasil, em 2022, a produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) estimada foi de 77,1 milhões de toneladas, mas apenas 71,5 milhões de toneladas foram coletadas, com 38,9% desses resíduos recolhidos sendo destinados de maneira inadequada (ABREMA, 2023). Nesse cenário, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) podem gerar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, uma vez que sendo destinados inadequadamente produzem líquidos e gases altamente contaminantes de poluentes durante a sua decomposição (SOTTORIVA *et al.*, 2020).

Para que o desafio da destinação adequada dos Resíduos Sólidos (RS) seja superado, o Governo Federal implementou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, que reúne o conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente correto dos Resíduos Sólidos. Após outras prorrogações, para se adequar a essa lei, os municípios com até 50 mil habitantes tem até o dia 2 de agosto de 2024. (BRASIL, 2010).

No entanto, isso é um desafio para os responsáveis pela gestão de resíduos sólidos municipal, vez que é crescente a quantidade de resíduos sólidos gerados, sem que tenham informações confiáveis a respeito das suas características quantitativas e qualitativas. (SILVA *et al.*, 2020).

Segundo Soares (2011), se faz necessário deter o estudo sobre a composição dos resíduos para que a gestão e o gerenciamento dos resíduos funcionem. Sendo assim de grande importância o estudo da origem e composição dos resíduos, visto que permite melhor estabelecer os procedimentos para a coleta, transporte, tratamento e sua disposição final. Essa caracterização é feita através da gravimetria, que consegue por meio de ensaios quantificar os teores dos materiais constituintes dos RSU.

Além disso, promover a gestão efetiva dos RSU auxilia na contemplação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030, tais como a erradicação da pobreza (ODS 1), fome zero (ODS 2), a saúde e bem-estar (ODS 3), a água potável e saneamento (ODS 6), emprego decente e crescimento econômico (ODS 8), indústria inovação e infraestrutura (ODS 9), redução das desigualdades (ODS 10), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11),

produção e consumo sustentáveis (ODS 12), combate às alterações climáticas (ODS 13), além da vida debaixo d'água (ODS 14) e sobre a terra (ODS 15). Uma vez que favorecem reduzir o impacto ambiental nas cidades melhorando os índices de qualidade do ar, uso eficiente de recursos naturais, a diminuição de poluentes e a geração de emprego e renda atrelada a reciclagem (GOMES; FERREIRA, 2018).

Em municípios de pequeno e médio porte territorial, como no caso de Pau dos Ferros-RN, há maiores dificuldades para implementar ações sustentáveis voltadas para a coleta seletiva, sendo mais rara a adoção dessa prática quanto menor for a população de um município, pois falta infraestrutura e maiores restrições financeiras para implementar tais ações (MEDEIROS, 2022).

Quanto ao crescimento territorial do município, cabe destacar o processo de urbanização que ocorre as margens do rio Apodi-Mossoró e do riacho Cajazeiras nas últimas décadas, ocorrendo de maneira desordenada, sem o devido planejamento urbano (VILAÇA; COSTA, 2022). Assim, esses fatores contribuem para uma maior geração de RSU, que por sua vez são destinados de maneira inadequada em um vazadouro a céu aberto (COSTA, 2020), estando propenso a contaminação e poluição de tais áreas, além de comprometer a qualidade da água de corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos, podendo causar riscos à saúde e segurança.

Logo, diante da necessidade da erradicação de áreas de vazadouros a céu aberto previsto pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), faz-se necessário conhecer a tipologia dos resíduos para direcionar o planejamento da implementação de ferramentas que possibilitem a sustentabilidade financeira de reciclagem, por meio da implementação de uma coleta seletiva eficiente. Assim, separando o material na fonte geradora para posterior coleta, transporte, segregação e processamento adequado, faz com que o despejo de rejeitos seja reduzido e a vida útil e o fator financeiro do dispositivo receptor seja otimizado.

Nesse contexto, se faz necessário a realização de estudos voltados a caracterização e o diagnóstico quanto a geração de ordem quantitativa e qualitativa dos RSU, que embasem a regulação quanto aos projetos de lei municipais, que instituem a Política Municipal de Resíduos Sólidos e o Programa Municipal de Coleta Seletiva, contemplando também a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Mapear a geração dos potenciais resíduos sólidos recicláveis, por meio da setorização dos bairros, do município de Pau dos Ferros-RN.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar o atual cenário de geração de resíduos sólidos no município;
- Avaliar o panorama da gestão pública de resíduos sólidos urbanos no município de Pau dos Ferros- RN;
- Caracterizar qualitativa e quantitativamente os resíduos sólidos por bairro; e
- Propor e comparar cenários de implementação de coleta seletiva no município;

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diferentes formas, inclusive por sua origem. Conforme Pereira (2019), essa classificação pode ser feita separando em pelo menos seis classes: Resíduos Urbanos, Resíduos Industriais, Resíduos Agrícolas, Resíduos de Serviço de Saúde, Resíduos da Construção Civil e Resíduos Radioativos.

A Norma Técnica Brasileira NBR 10.004/2004 caracteriza os resíduos sólidos como materiais nos estados sólidos e semissólidos gerados a partir de atividades industriais, domésticas, comerciais, hospitalares, agrícolas e de serviços de varrição. Essa definição inclui ainda os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água ou gerados em equipamentos de instalações de controle de poluição, bem como líquidos que devido as suas características sejam inviáveis de serem lançados na rede de esgoto ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Essa mesma norma distingue os resíduos de acordo com sua periculosidade. Nessa classificação os resíduos tidos como perigosos detêm propriedades de periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, patogenicidade, reatividade e toxicidade, enquanto os resíduos não perigosos são subdivididos em inertes e não inertes de acordo com a sua característica de solubilidade em água.

É comum usar a nomenclatura “lixo” para designar tais materiais, pois esse termo também caracteriza aquilo que foi descartado, que não tem mais uso. No entanto, de maneira mais técnica, pode haver uma divisão entre materiais recicláveis e não recicláveis, de forma que o lixo que pode ser reaproveitado de alguma forma pode ser chamado de resíduo (reciclável), enquanto o que não pode ser mais aproveitado é chamado de rejeito (não reciclável). O conhecimento de tais nomenclaturas auxiliam nas ações de gerenciamento dos resíduos sólidos (MACHADO, 2018).

Com relação a composição e geração de RSU, suas taxas podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como a localização, sazonalidades, taxas de desemprego, tamanho das famílias, renda per capita, padrões de consumo, práticas culturais e o turismo. Assim, os aspectos econômicos, sociais, culturais e até mesmo geográficos afetam de forma direta ou indireta na quantidade e tipo de resíduo produzido (SOUZA, 2014).

Por isso, a depender da tipologia do resíduo associado com a sua fonte geradora faz-se necessário a promoção de uma condição específica voltada ao manejo de tal material, sendo

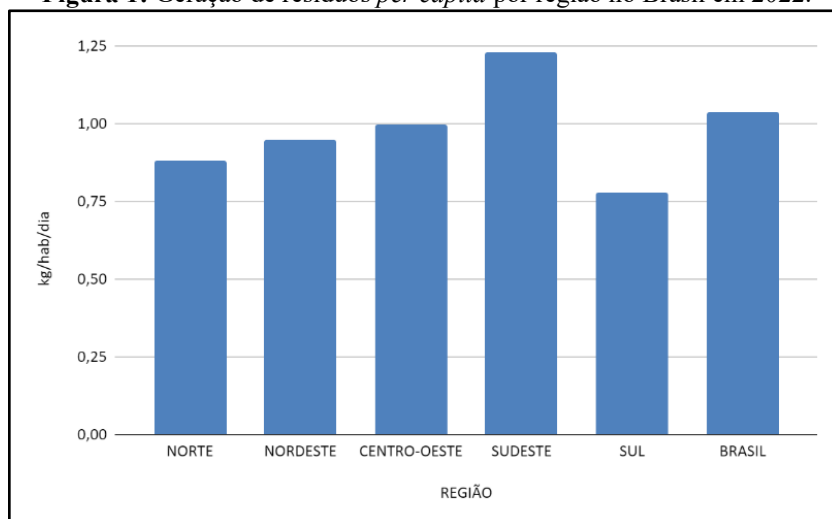
necessário a adoção de um conjunto de etapas voltadas ao gerenciamento de resíduos. Desta forma, potencializando a valorização dos recursos presentes nos resíduos e evitando danos e riscos à saúde pública e ao meio ambiente (NBR 17100, 2023).

3.2 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A geração de resíduos sólidos tende a aumentar naturalmente com o crescimento da população, no entanto, além das consequências diretas do aumento populacional, ocorre também a mudança de hábitos da população em função do modelo de produção e consumo adotados, o que é refletido em uma maior geração *per capita* de resíduos (SOARES, 2011).

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos 2023 realizado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente – ABREMA, a geração de RSU no Brasil durante o ano de 2022 alcançou uma estimativa de geração *per capita* de 1,04 kg de resíduos por dia, o que resulta em uma estimativa de produção de 380 kg/habitante/ano. Foi observado também que essa geração apresenta variação de acordo com as regiões estudadas, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Geração de resíduos *per capita* por região no Brasil em 2022.



Fonte: Adaptado de ABREMA (2023).

Em comparação ao cenário analisado em 2021, o panorama da ABREMA analisa também a redução de 2% da produção de resíduos por habitante, apontando para fatores a diminuição do poder de compra da população e mudanças nos hábitos de consumo em razão do fim do isolamento social em razão da pandemia, quando o consumo de descartáveis provenientes dos serviços de *delivery* diminuíram nos grandes centros urbanos.

3.3 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O conceito de gestão de resíduos sólidos abrange as atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação à organização do setor, envolvendo políticas, instrumentos, meios e boas práticas ambientais. Enquanto, o termo gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho. Relaciona-se à coleta, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos (LIMA, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é o marco legal para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, tendo os seguintes objetivos seguindo uma ordem de prioridade: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. Além disso, foram inseridos outros conceitos importantes por essa Lei, como a responsabilidade compartilhada e o ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

A PNRS estabeleceu como prazo inicialmente para os municípios extinguirem o uso de vazadouros a céu aberto o ano de 2014. No entanto, por falta de recursos o prazo foi prorrogado até agosto de 2022, quando mais muitos municípios não conseguiram cumprir. Então, por meio do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) o novo prazo para acabar com os dispositivos de lixões e aterros controlados foi para agosto de 2024.

No entanto, a Associação Brasileira de Municípios vem buscando a extensão dos prazos para adequação à disposição final dos rejeitos, tendo em vista que aproximadamente 60% dos municípios ainda não conseguiram atender a esse dispositivo legal. Alega-se ausência de recursos e de equipe técnica (ZAGO; BARROS, 2019). Em 2020, através do Projeto de Lei nº 14.026, que regulamenta o novo marco legal do saneamento básico, foram prorrogados os prazos para adequação dos municípios com relação a implementação de aterros sanitários, passando a ter o prazo de até 2 de agosto de 2024 para adequação dos municípios com menos de 50 mil habitantes.

Paralelo a tal cenário, recentemente o Decreto Federal nº 10.936/2022, que regulamenta a PNRS, traz disposições sobre a responsabilidade compartilhada, com ênfase na coleta seletiva, onde estabelece que o titular do serviço público de limpeza urbana deve realizar no mínimo a separação dos resíduos secos e orgânicos de maneira segregada dos rejeitos e que se deve priorizar a participação de cooperativas/associação de catadores constituída por pessoas físicas

de baixa renda. Estabelece também o programa nacional de logística reversa, indicando os responsáveis e suas responsabilidades.

Para que funcionem de maneira adequada, os modelos de gestão de resíduos têm que ser desenvolvidos para cada cenário local e devem estar adequados às suas especificidades e características, sob pena de produzirem resultados muito aquém dos esperados (AGUMUTHU; FANZIAH, 2009). Em estudo realizado por Lima *et al.* (2018) foi possível observar a importância da caracterização dos resíduos a partir do estudo gravimétrico, que contribuiu para a definição de estratégias e modelos de gestão de RS.

O descarte desses resíduos sem nenhum tratamento causa um problema mundial quanto ao prejuízo e poluição do meio ambiente, pois altera as características físico-químicas do solo tornando-o propício a proliferação de doenças. A percolação do líquido gerado na decomposição da matéria orgânica polui e altera as características do ambiente aquático. A poluição do ar também pode ocorrer pela geração de gases como o metano que gera riscos diretos (explosões) e indiretos (efeito estufa) ao meio ambiente e saúde humana (MOTA *et al.*, 2009).

De acordo com Panorama Global do Manejo de Resíduos, publicado em 2024 pela Organização das Nações Unidas (ONU) em conjunto a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (International Solid Waste Association – ISWA), é previsto que a geração de resíduos sólidos cresça de 2,1 bilhões de toneladas em 2023 para 3,8 bilhões de toneladas em 2050. Nesse cenário, considerando os custos ocultos de poluição, saúde precária e mudanças climáticas decorrentes de práticas inadequadas de descarte de resíduos, podem chegar a um dispêndio de 604,3 bilhões de dólares caso não sejam tomadas medidas urgentes em relação ao gerenciamento de resíduos. Por outro lado, as projeções mostram que a adoção de um modelo de economia circular com gerenciamento completo de resíduos, poderia levar a um ganho líquido total de 108,5 bilhões de dólares por ano.

Além da questão econômica, a disposição inadequada de resíduos, especialmente os perigosos, pode causar danos ao meio ambiente por contaminar o solo e águas subterrâneas ou superficiais, tendo como consequência o risco à saúde pública, sendo de fundamental importância a adequação quanto à disposição dos resíduos (RODRIGUES, 2019). Assim, é reforçado a importância de implementar nos municípios os planos de gerenciamento integrado e a gestão do resíduo sólido para evitar que ocorra cenários de agravamento com problemas ambientais, econômicos e sociais.

O gerenciamento e manejo adequado dos RSU conforme orientado na PNRS para atingir os objetivos de proteção da saúde pública e da qualidade ambiental através da não geração,

redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, além da disposição ambientalmente adequada dos rejeitos. Sendo assim, de maneira mais prática, deve-se realizar o acondicionamento dos resíduos de maneira segregada entre recicláveis e não recicláveis; realizar uma coleta seletiva; destinar apenas os rejeitos em dispositivo como aterro controlado (DE CASTRO; SANTOS; DIAS, 2017)

3.5 GRAVIMETRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com o IBAM (2001), o gerenciamento dos RS é iniciado pela sua caracterização, pois possibilita maior compreensão da quantidade e qualidade dos resíduos. Esse estudo é de grande importância para avaliar a possibilidade de aproveitamento comercial das frações recicláveis e da fração orgânica para produção de composto orgânico.

A composição gravimétrica se refere a um parâmetro capaz de expressar as características de um resíduo e é obtido através do percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra. Quanto maior a quantidade de determinado componente, mais características gerais dos resíduos se assemelharão às características desse componente (LIMA *et al.*, 2018). Desta forma, permitindo conhecer as principais características e composições dos resíduos produzidos em determinada localidade, identificando a porcentagem dos materiais existentes em sua constituição (FEMA, 2019).

Esse estudo deve ser realizado a fim de que se estabeleça uma padronização da metodologia a ser utilizada no processo de coleta e triagem de amostras. Recomenda-se realizar a composição gravimétrica de resíduos pelo método de quarteamento, com o objetivo de se obter uma amostra representativa, onde a amostra é misturada e subdividida para constituir uma nova amostra, como explica a NBR 10007:2004. Feito isso, os materiais são separados por tipo e pesados, sendo o seu percentual em peso com relação a amostra a sua representatividade total. Com esse estudo também é possível determinar o peso específico e a geração *per capita* de resíduo (FEMA, 2019).

Com os dados obtidos na gravimetria é possível estudar cada bairro a conveniência da separação dos resíduos recicláveis, a possibilidade de utilização da matéria orgânica para produção de composto e as diversas alternativas de destinação, como incineração ou aterros, além de permitir o adequado dimensionamento dos veículos e equipamentos (COMLURB, 2009).

Nesse sentido, há alguns trabalhos acadêmicos no estado que utilizaram a gravimetria como ferramenta norteadora para proposição de cenários de gerenciamento de RSU, como nos casos de Campo Grande-RN realizado por Silva (2021), Rodolfo Fernandes-RN realizado por Mendonça *et al.* (2020) e anteriormente em Pau dos Ferros-RN por Mendonça (2020). É notório a relevância do estudo gravimétrico como princípio para estabelecer de forma embasada a melhor alternativa para o gerenciamento de RSU nos diferentes casos, demonstrando a eficiência e relevância desta ferramenta.

O estudo da gravimetria dos resíduos gerados permite identificar a proporção dos problemas relacionados aos resíduos, para em seguida, buscar práticas que os reduzam, melhorar os planos de gerenciamento e estimular a coleta seletiva (SILVÉRIO; BARROSO; ÁVILA, 2017)

3.6 COLETA SELETIVA

A Lei nº 12.305/2010 define a coleta seletiva como a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição. Ainda de acordo com essa Lei, a implantação da coleta seletiva é obrigação dos municípios, que inclusive devem estabelecer metas para implantação desse tipo de coleta, sendo esse um dos conteúdos mínimos que deve constar nos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios.

A coleta seletiva não é apenas um recolhimento diferenciado do lixo e sim um ciclo que se inicia com a geração e descarte do resíduo e se completa com o material reciclável sendo reempregado em um processo produtivo (IBAM, 2001). O objetivo principal é facilitar a reciclagem e a reutilização desses materiais, minimizando a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários. Esse sistema envolve a coleta diferenciada de diversos tipos de materiais, como papel, plástico, vidro e metal, que são separados ainda nas residências, empresas ou instituições, estimulando assim a prática de economia circular e geração de renda para os setores mais carentes e excluídos do acesso aos mercados formais de trabalho (RIBEIRO; BESEN, 2007).

De acordo com Campos (1994) há dois tipos de sistemas de coleta seletiva, o espontâneo, quando é praticado por indivíduos ou empresas que coletam e vendem para empresas recicladoras com o intuito de subsistência ou lucro, e o institucional, que objetiva a proteção ambiental e a preservação da utilidade dos bens recuperados. A coleta seletiva no

Brasil é realizada basicamente de 3 formas: coleta porta a porta; coleta por entrega voluntária (PEV); e coleta por catadores.

A modalidade de coleta seletiva porta a porta é o modelo mais empregado nos programas de reciclagem e consiste na separação, pela população, dos materiais recicláveis existentes nos resíduos domésticos para que posteriormente sejam coletados por um veículo específico. Já os Pontos de Entrega Voluntária (PEV) consistem na instalação de contêineres ou recipientes em locais públicos para que a população, voluntariamente, possa fazer o descarte dos materiais separados em suas residências (IBAM, 2001).

Ao que se refere a coleta seletiva por catadores, pode haver ou não a atuação do município no planejamento, investimentos ou subsídios, pois a é realizada por pessoas que trabalham individualmente, como autônomas, ou organizadas em associações e cooperativas. De maneira geral, essa modalidade de coleta é feita por trabalhadores que recolhem o material reciclável disposto em via pública, oriundo de domicílios ou gerado em estabelecimento comercial, previamente segregado por tipo ou não, utilizando-se, habitualmente, de carrinhos de tração manual. O material recolhido, normalmente, é transportado até um Galpão de Triagem e Beneficiamento, operado pelos próprios catadores, e, posteriormente, encaminhado à comercialização ou às indústrias recicladoras pela própria organização, sem interferência do poder público (LEMES, 2015).

De acordo BARCICELLI *et al* (2020), a coleta seletiva se apresenta como uma forma viável dos municípios gerirem de maneira sustentável os resíduos sólidos urbanos, sendo um pilar importante da gestão adequada dos mesmos, além de ser um forte instrumento no auxílio para a implantação de Planos de Gestão Integrada e Sustentável de Resíduos Sólidos, podendo os municípios alcançarem o almejado e indispensável desenvolvimento sustentável.

3.7 MATERIAIS POTENCIALMENTE RECICLÁVEIS

Quando abordado sobre “resíduos sólidos” engloba-se uma gama diversificada de resíduos, incluindo os industriais, os hospitalares, os agrícolas, das atividades minerárias, além dos coletados pelos serviços básicos de limpeza pública. No entanto, parte desse material que é descartado, seja considerado lixo ou resíduos sólidos, pode passar por processo de valoração através do reaproveitamento ou da reinserção na cadeia produtiva na forma de matéria prima (reciclagem), sendo esses os materiais potencialmente recicláveis (PEREIRA, 2019).

Para a Lei nº 12.305/2010 entende-se como reciclagem o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. No entanto, nem todo material é reciclável e até os materiais recicláveis devem ser observados em como e para que foram utilizados, pois os resíduos que sobraram podem contaminar o que poderia ser reciclado (KRAUCZUK, 2019).

Esses materiais podem ser encontrados geralmente no lixo domiciliar, comercial e industrial, onde para manutenção das atividades humanas ou atrelado ao processo produtivo são gerados materiais potencialmente recicláveis, como representado na Figura 2.

Figura 2: Exemplos de materiais potencialmente recicláveis.



Fonte: AUTOR (2023).

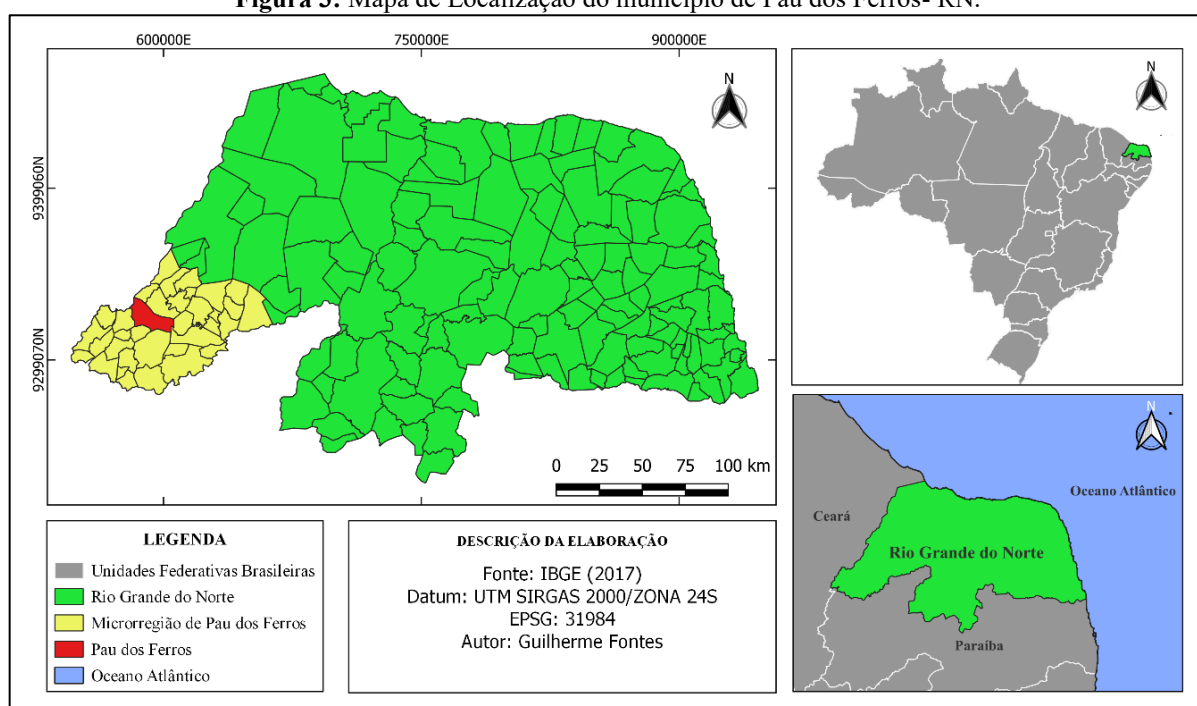
Outro setor peculiar é o de construção civil, que embora tenha um resíduo mais específico e menos variado tem potencial para reciclagem (PEIXOTO; CAMPOS; D'AGOSTO, 2005). Já os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) podem ter até 80% de materiais classificados e destinados como resíduo comum, mas por haver o manejo incorreto, misturando os diversos tipos de resíduos no ambiente hospitalar, faz com que o resíduo comum se torne potencialmente infectante (BANDEIRA; PITTERI; CHAGAS, 2021).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo deu-se no município de Pau dos Ferros-RN (Figura 3), localizado no estado do Rio Grande do Norte, com extensão territorial de 259,959 km² onde são distribuídos de acordo com o censo de 2023, o total de 30.479 habitantes, que se concentram de forma predominante na zona urbana, totalizando assim nesse setor 92% da população (IBGE, 2022).

Figura 3: Mapa de Localização do município de Pau dos Ferros- RN.



Fonte: AUTOR, (2024).

De acordo com Rêgo e Barreto Filho (2020) o município de Pau dos Ferros-RN apresenta uma dinâmica de cidade polo por atender localidades circunvizinhas e outros estados e é destacado pelo comércio mais diversificado e a prestação de serviços públicos e privados. A atividade comercial sempre desempenhou um importante papel no município, sendo possível observar que contribui para a dinamização econômica, principalmente no período mais recente.

O crescimento da zona urbana do município se deu de maneira desordenada em Áreas de Preservação Permanente, principalmente no leito do rio Apodí-Mossoró e do riacho Cajazeiras, fator esse que influencia na presença de resíduos no leito dos corpos hídricos mencionados e na retirada da mata ciliar (BILAC; ALVES, 2014). Essas características, somada

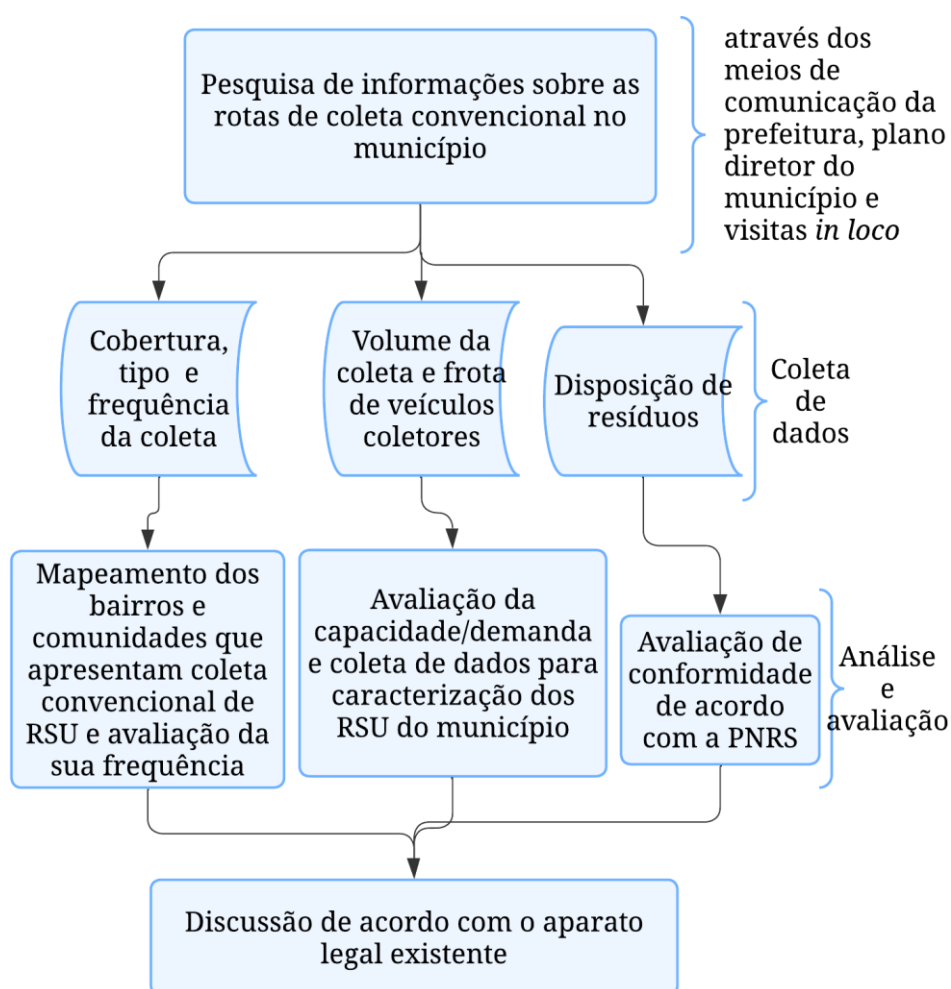
com o relevo da zona urbana e a impermeabilização do solo, faz com que o município mesmo localizado em uma região de índice pluviométrico não intenso sofra com alagamentos em determinados setores, prejudicando a qualidade de vida da população (JUNIOR *et al*, 2022).

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2.1 Identificação do cenário atual de gestão e geração de RSU do município de Pau dos Ferros-RN

Os cenários de gestão e gerenciamento de RSU foram avaliados para o ano de 2023 e 2024 conforme detalhado na Figura 4:

Figura 4: Procedimentos de coleta e avaliação de dados para identificação do cenário atual de gestão e gerenciamento de RSU no município de Pau dos Ferros-RN

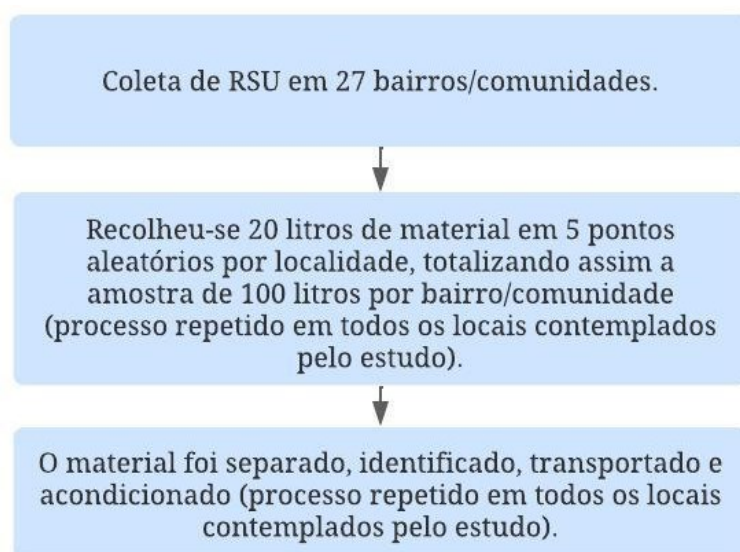


Fonte: AUTOR, (2023).

4.2.2 Estudo gravimétrico

A coleta de dados ocorreu nos bairros ou comunidades rurais contempladas pelos serviços de limpeza urbana, em específico a coleta convencional de RSU, de acordo com as rotas desenvolvidas pela empresa responsável MB Limpeza Urbana e serviço complementar de coleta de RSU da prefeitura municipal, durante o período de quatro dias (segunda-feira, terça-feira, quarta-feira e quinta-feira), no período de 17 a 20 de julho de 2023, como descrito na Figura 5. Ressalta-se que a escolha do período em apreço levou em consideração as condições de normalidade de fluxo migratório no município, tal como a ausência de períodos de eventos e festejos que viessem a mascarar os resultados.

Figura 5: Procedimentos de coleta de amostras da geração de RSU para o estudo gravimétrico do município de Pau dos Ferros-RN.



Fonte: AUTOR, (2023).

Vale destacar que o procedimento foi realizado em horários que antecederam o serviço de coleta convencional e recolhimento pelos catadores destes materiais, geralmente nos primeiros horários do turno matutino, visando obter maior representatividade das condições reais de geração de RSU. Além disso, o procedimento de coleta, identificação, acondicionamento e transporte foram repetidos em todos os bairros/comunidades contemplados pelo estudo gravimétrico (ver Figura 6):

Figura 6: Coleta e acondicionamento das amostras de RSU por bairro/comunidade do município de Pau dos Ferros-RN: A) Bombonas devidamente identificadas; B) Coleta de RSU; C) Preenchimento das bombonas.

A



B



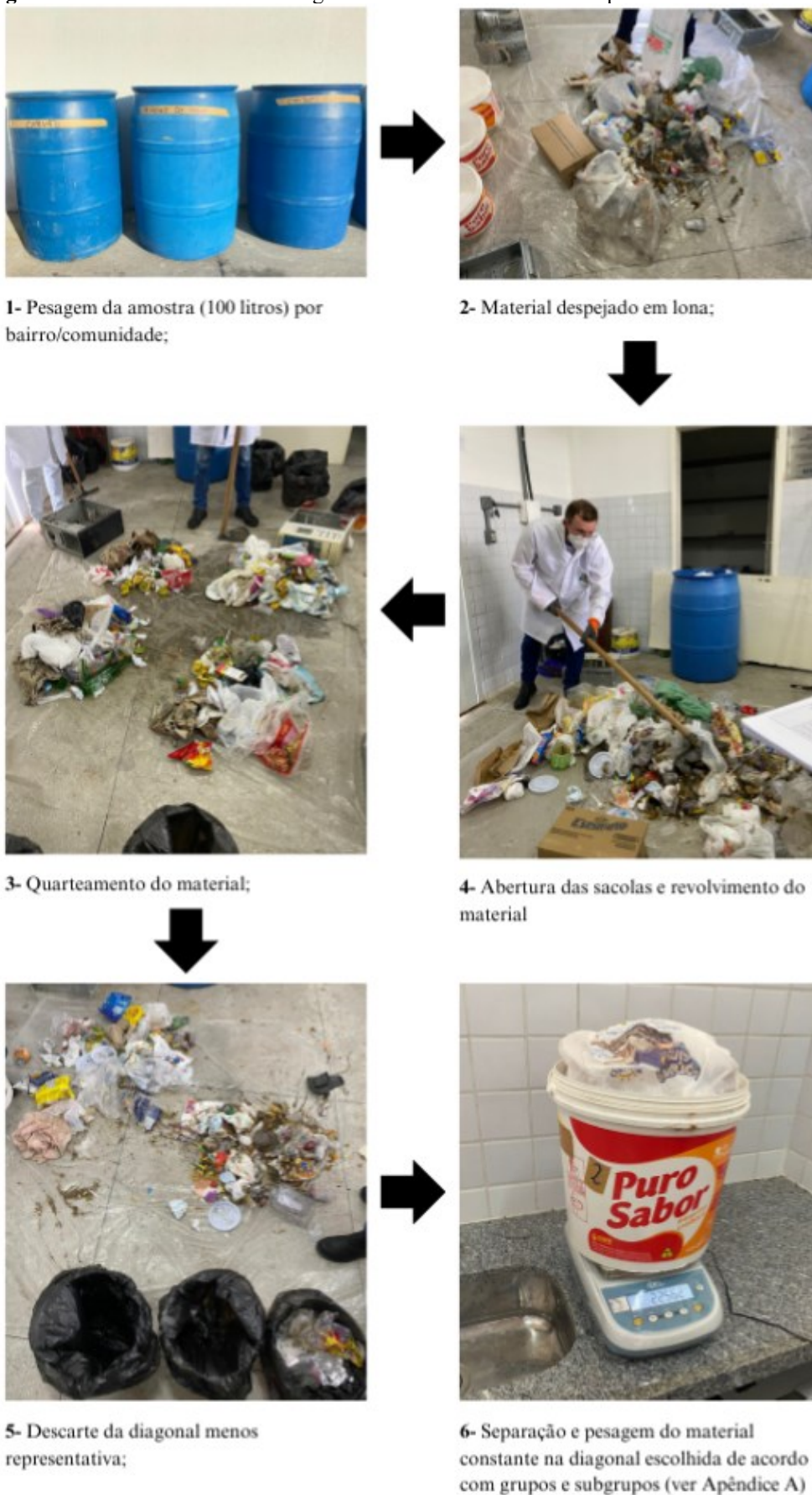
C



Fonte: AUTOR, (2023).

Após recolher o material das amostras foi feita a análise gravimétrica de acordo com a metodologia baseada em estudo já realizado por Castilhos Junior (2003), através desse procedimento descrito na Figura 7 pode-se obter a quantificação e tipificação dos RSU gerados no município de Pau dos Ferros-RN. Vale ressaltar que essa técnica foi repetida para todos os bairros/comunidades constantes na área de estudo gravimétrico.

Figura 7: Procedimentos de análise gravimétrica dos RSU no município de Pau dos Ferros-RN.



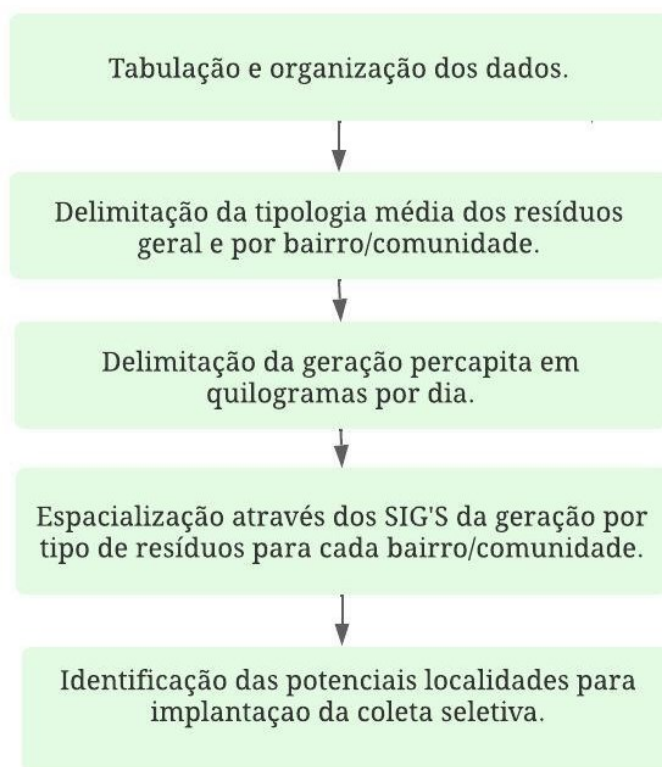
Fonte: AUTOR, (2023).

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, como constam-se descritos no APÊNDICE A, de acordo com seus grupos e subgrupos.

4.2.3 Análise de dados

A organização e tratamento de dados, deu-se através do auxílio do *software Excel* e Sistemas de Informações Geográficas - SIG 's, o QGIS 3.16 LTR, como consta-se descrito na Figura 8.

Figura 8: Organização e tratamento de dados referente a análise gravimétrica do município de Pau dos Ferros-RN.



Fonte: AUTOR, (2023).

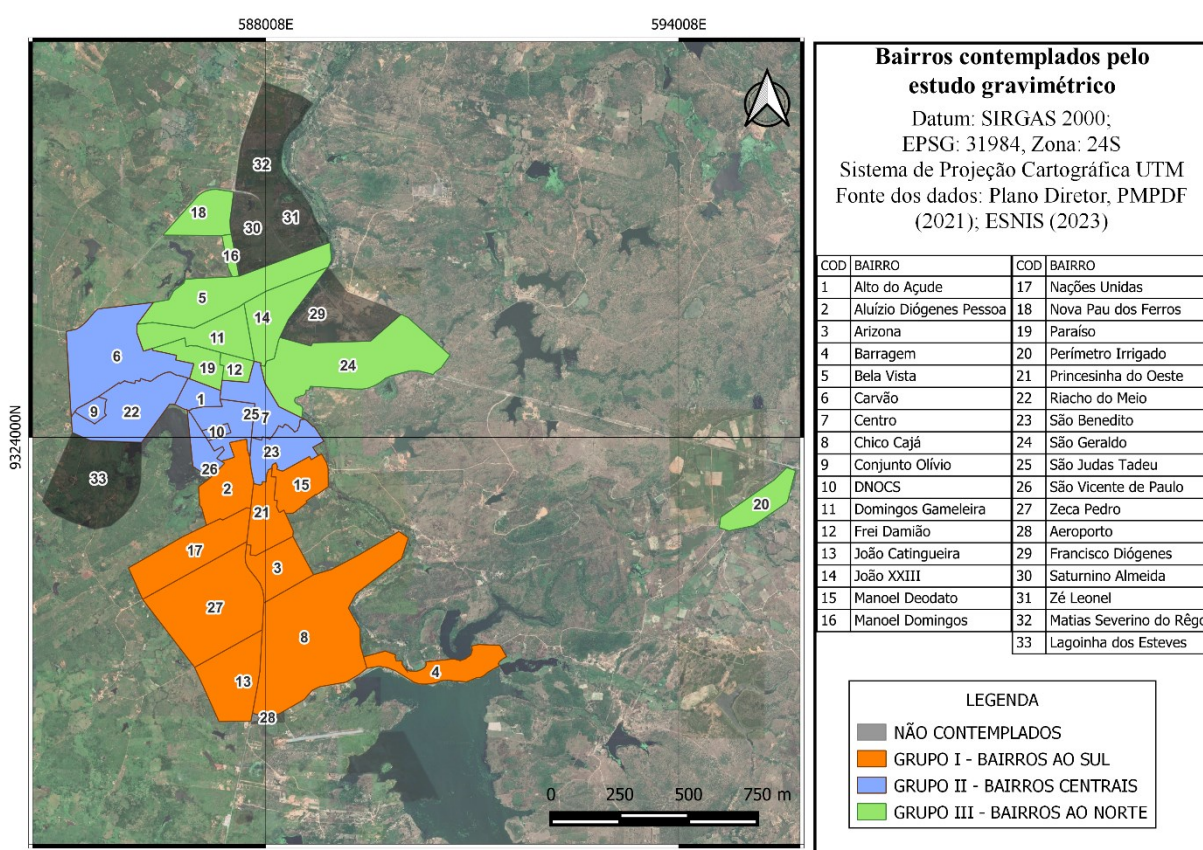
Diante do procedimento analítico, os dados foram tabulados e organizados no *software Excel*, com as informações da pesagem de cada tipo de resíduo, do volume e peso da amostra para cada bairro/comunidade, além do somatório geral como junção de todos os quantitativos obtidos. Após estes procedimentos, foi possível realizar a composição gravimétrica da amostra em porcentagem, calculada a partir da razão da massa de cada tipo de resíduo (Mm) pela massa

total dos resíduos segregados pesados (Mt) e multiplicada por 100, sendo obtida em porcentagem, conforme a equação 1.

$$M\% = \frac{Mm}{Mt} * 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

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 9.

Figura 9: Organização dos bairros/comunidades de Pau dos Ferros-RN em grupos.



Fonte: AUTOR, (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 posteriormente calculado uma média para o município:

$$ME = \frac{M}{V} \quad \text{Eq. (2)}$$

O volume de resíduos semanalmente coletado foi verificado durante o diagnóstico do atual cenário de gestão e gerenciamento (Quadros 2 e 3) e foi utilizado para encontrar a massa total de RSU gerado diariamente no município através da relação volume e densidade. Considerando a densidade do resíduo após compactação obtido por Mendonça (2020), multiplicada pelo volume diário de resíduos coletados atualmente no município (volume semanal dividido por 7), foi possível estimar essa massa. A partir disso, foi calculado a geração *per capita* de RSU, utilizando a massa total de RSU gerada diariamente pelo município dividido pela população atual conforme censo.

Os dados foram especializados utilizando as bases de dados vetoriais do Plano Diretor do município de Pau dos Ferros-RN para identificar as delimitações dos bairros/comunidades, sendo necessário complementar também adicionando camadas com os limites territoriais de locais como DNOCS (Vila Elianto Pignataro), Conjunto Olívio, Barragem e Lagoinha dos Esteves que não constavam nessa base. Os dados da gravimetria foram tabulados primeiramente em *Excel* e posteriormente vinculados às camadas vetoriais com os limites dos bairros/comunidades, o que permitiu a elaboração de mapas temáticos relacionando a fração de resíduos recicláveis e não recicláveis para cada bairro/comunidade.

As porcentagens obtidas para cada tipo de resíduo foram agrupadas em “recicláveis” e “não recicláveis”, como consta no APÊNDICE B. A partir disso foram separados os bairros/comunidades que apresentaram geração maior ou igual a 20% de sua totalidade de resíduos recicláveis em sua amostra. Este valor foi adotado levando em consideração a meta 4 do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES, 2022), que busca aumentar o Índice de Recuperação de Resíduos, sendo um dos objetivos alcançar a recuperação de 20% de materiais recicláveis até 2040.

4.2.4 Proposição e comparação de cenários

A proposição dos cenários para implementação da coleta seletiva no município foi realizada a partir da análise do mapa temático resultante, que possibilitou a identificação dos bairros/comunidades com maior potencial de reciclagem em seu entorno, considerando as características dessas localidades e os resíduos nelas gerados, subsidiando o planejamento de estratégias.

Para identificar as mudanças que tem ocorrido na gestão de gerenciamento de RSU no município de Pau dos Ferros-RN, foi elaborado um quadro visando comparar o cenário 1 (verificado em 2023) com o cenário 2 (verificado em 2024) e o cenário 3 (almejado, tido como ideal). Foram contempladas nessa comparação características da coleta, transporte, destinação e disposição de RSU.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PANORAMA DA GESTÃO PÚBLICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS

De acordo com a análise, pode-se observar que no município de Pau dos Ferros- RN a forma de coleta de resíduos dar-se de forma convencional através de três rotas como constam-se descritos no Quadro 1, tendo como órgão responsável a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA). Dessas, duas rotas são principais abrangendo 25 bairros/comunidades três vezes na semana e uma rota diferenciada que passa pelas principais vias comerciais e praça de eventos diariamente e uma vez na semana nas comunidades do Perímetro Irrigado e Lagoinha dos Esteves. Dessa forma, a prefeitura cobre os principais bairros da zona urbana do município, estando ausente da coleta apenas as localidades Francisco Diógenes, Saturnino Almeida, Zé Leonel, Matias Severino Rêgo e Aeroporto, pois apresentam baixa densidade demográfica e baixos números de habitações existentes no local.

Quadro 1: Cronograma semanal da Coleta Convencional de RSU do município de Pau dos Ferros-RN em 2023, de acordo com a empresa terceirizada responsável pela limpeza urbana.

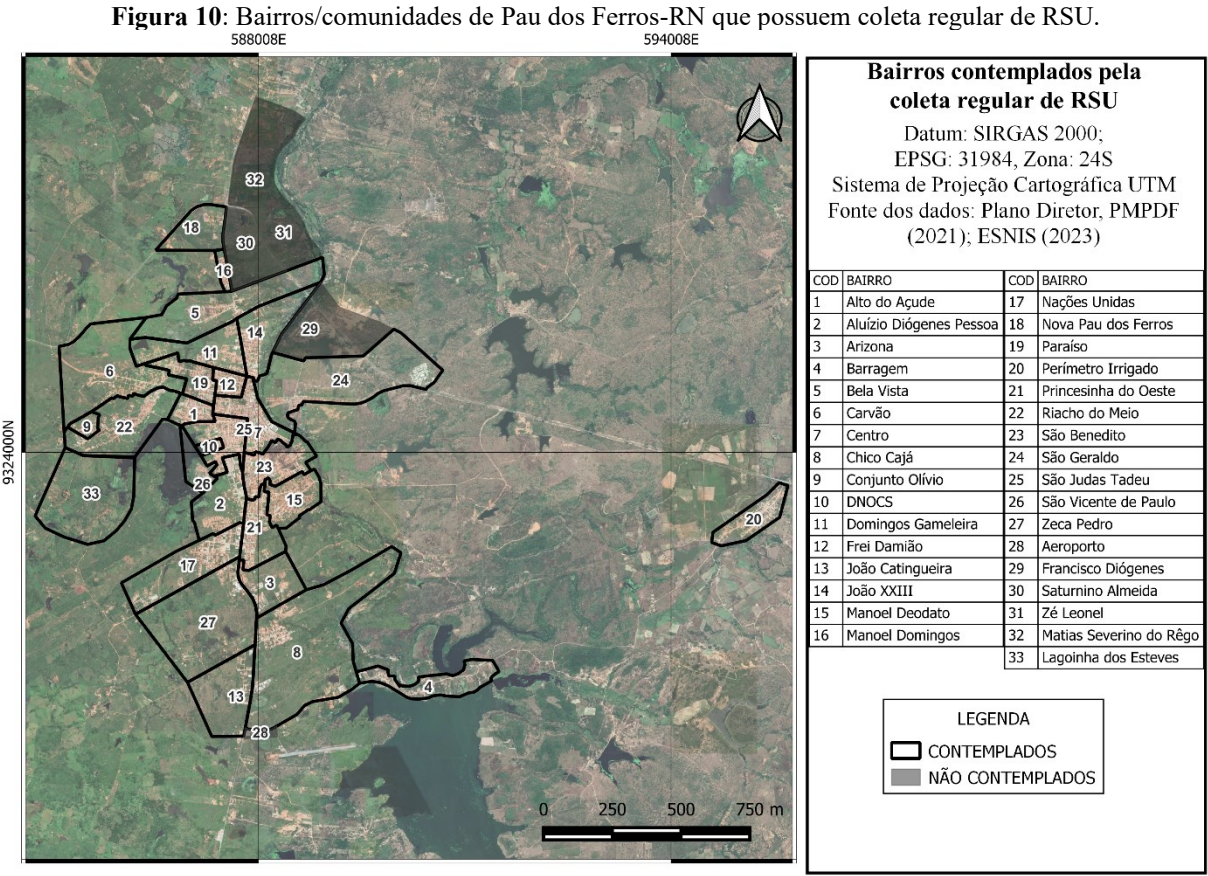
Dias da Semana	Bairros/comunidades Contemplados
Segunda, Quarta e Sexta	Centro; São Geraldo; Manoel Deodato; São Judas Tadeu; Paraíso; Domingues Gameleira; BR 405 (Posto Segundo Melo à Nova Pau dos Ferros); João XXIII; Bela Vista; Manoel Domingos; Nova Pau dos Ferros; Chico Cajá; Barragem.
Terça, Quinta e Sábado	Centro; São Benedito; Princesinha do Oeste; Arizona; Aluizio Diógenes; Nações Unidas; Zeca Pedro; São Vicente de Paula; DNOCS; Alto do Açude; Carvão; Riacho do Meio; Conjunto Olívio de Souza; Frei Damião.
Rotas diferenciadas	Centro + Praça de Eventos* + Principais Vias Comerciais*; Perímetro Irrigado**; Lagoinha dos Esteves***; Feriados****.

* Ocorre diariamente; ** Ocorre nas quartas-feiras; ***Ocorre nas quintas-feiras; **** A coleta será realizada apenas no Centro, praça de eventos e principais vias comerciais.

Fonte: Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros-RN (2023).

Assim, a coleta convencional realizada atualmente cobre cerca de 86,67% da zona urbana do município com êxito, passando pelo menos duas ou três vezes na semana, estando de acordo com o indicado pelo Manual de Saneamento (BRASIL, 2019) que é de realizar pelo menos em dias alternados em locais de clima quente. Quanto as comunidades rurais, embora

exista a coleta, ainda apresenta pouca recorrência semanal em alguns setores, sendo necessário organizar as rotas atuais para estabelecer uma melhor abrangência a lugares como Perímetro Irrigado e Lagoinha dos Esteves. Os bairros atendidos pela coleta estão representados na Figura 10.



Fonte: AUTOR, (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 2 e 3.

Quadro 2: 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, Aluízio 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 3: 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).

No contexto da coleta, pode-se observar a presença de catadoras e catadores informais de materiais recicláveis que realizam suas atividades, estando catalogado pelo ESNIS (2023) cerca de 120 catadores na malha urbana e 86 atuantes no vazadouro a céu aberto de Pau dos Ferros. Sendo que os atuantes nas ruas realizam suas atividades de forma prévia ao período das rotas da coleta convencional da prefeitura. Esses trabalhadores buscam os materiais recicláveis que estão misturados com os outros tipos de resíduos, realizando esse serviço com auxílio de carroças, carros de mão específicos ou mesmo a pé, sendo dessa forma um trabalho desgastante, insalubre e que não tem tanta rentabilidade quanto poderia.

Essa forma de trabalho foi analisada por Bouvier e Dias (2021), onde identificaram que cerca de 87% dos catadores de resíduos no Brasil realizam suas atividades de maneira informal, sem possuir carteira assinada nem contribuir com a previdência social, estando sujeitos a grandes riscos, ficam desamparados em caso de acidentes por ter proteção social limitada ou ausente.

Todo material recolhido pela coleta convencional de resíduos realizada pela prefeitura é destinado ao vazadouro a céu aberto (lixão) do município. Nessa localidade também existe a presença de grande quantidade de catadores de recicláveis realizando suas atividades, os quais ficam aguardando a disposição do material coletado no local, estando sujeitos a condições de trabalho extremamente insalubre e de risco a segurança e a saúde destes, em meio a fumaça, sem o devido uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), sob exposição de materiais perfurocortantes e sobre uma grande quantidade de resíduos que é resultado de anos de destinação inadequada, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11: Condições de trabalho dos agentes catadores de materiais recicláveis no vazadouro a céu aberto de Pau dos Ferros-RN



Fonte: AUTOR (2023)

Paralelo ao trabalho dos catadores no ambiente do lixão ocorre as atividades dos catadores nas vias públicas da zona urbana do município, que promove uma condição de trabalho insalubre como fonte de renda complementar ou mesmo como principal. Em ambos os casos, seja no lixão ou nas vias públicas da zona urbana no município, a situação acontece em direto desfavor do alcance da ODS 8 (trabalho decente).

Esse cenário deve mudar, pois a extinção dos lixões tem como prazo limite o ano de 2024 de acordo com a PNRS. Além disso, De Lavar *et. al* (2017) destaca os conflitos causados por lixões nos mais diversos seguimentos: ambiental, social, jurídico, territorial, econômico, sanitário e de saúde pública. Dessa forma, se faz imediata a necessidade da extinção deste tipo de dispositivo, pois uma vez que a utilização desse espaço para essa atividade ocorre de muito tempo, tendo assim um agrave de toda a situação e seus conflitos.

Diante de tal situação a coleta seletiva está em processo de implementação no ano de 2024, onde os catadores foram institucionalizados através da Associação São José de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis e Reutilizáveis de Pau dos Ferros-RN (ASCARP), que já conta com veículo para coleta e galpão para triagem, além do fornecimento de EPI para realização de suas atividades. Para abastecer a associação com material suficiente para manutenção dos seus trabalhos, busca atualmente parcerias com o setor comercial, tendo

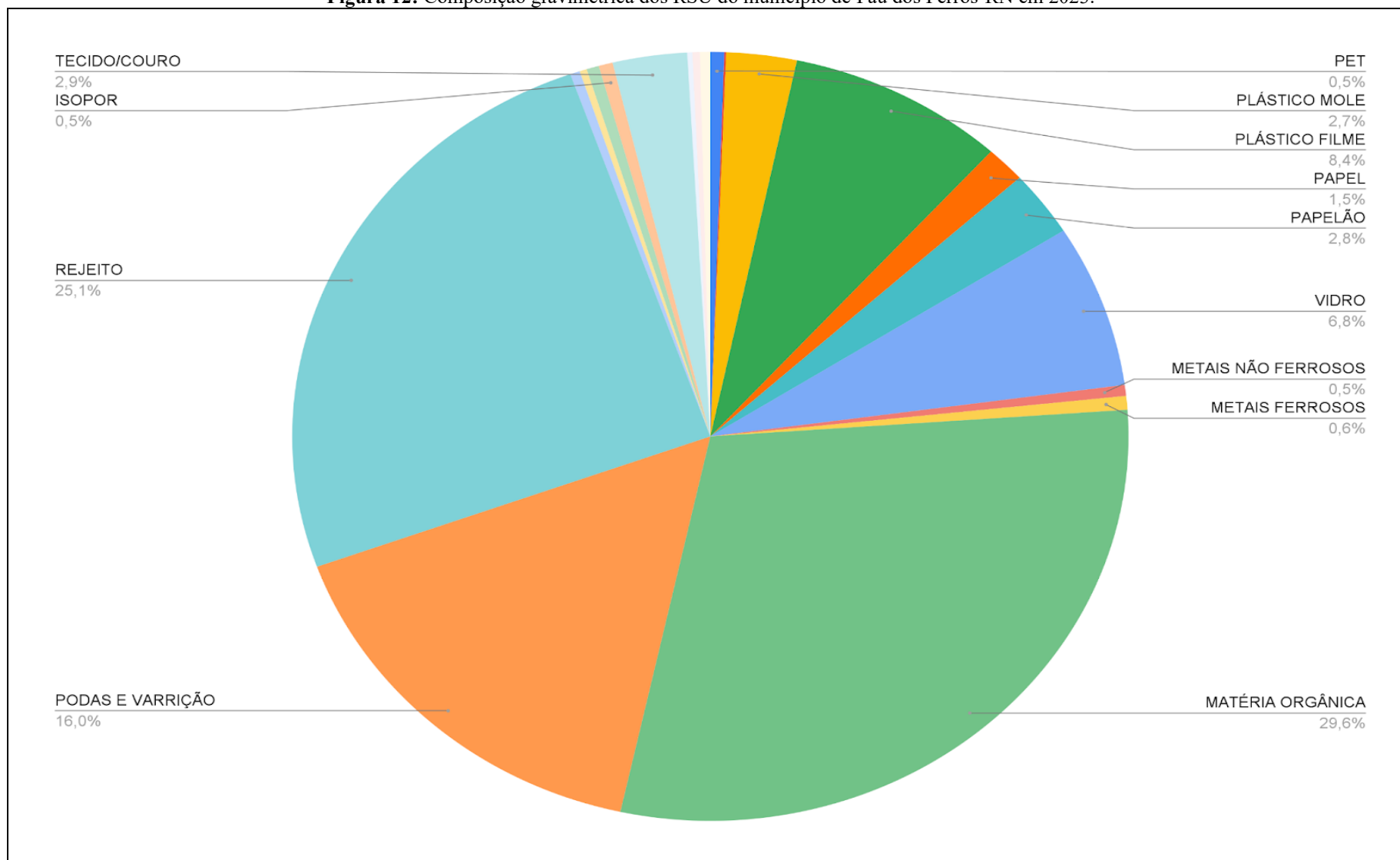
parcerias firmadas com instituições de ensino, além dos resíduos gerados pelos órgãos municipais para subsidiar o funcionamento da associação.

Relativo a isso, o Manual de Saneamento (BRASIL, 2019) aponta que a organização dos catadores dessa forma assegura melhores condições de trabalho, de ganhos financeiros e de vida através das vendas realizadas diretamente para as indústrias de reciclagem. Destaca ainda a dispensa de licitação para contratar o serviço de associações e cooperativas de catadores em áreas de coleta seletiva de lixo, facilitando a inclusão social dos trabalhadores através do reconhecimento contratual dado pelas administrações municipais.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RSU DE PAU DOS FERROS

De acordo com os dados obtidos no referido estudo, há predominância de resíduos sólidos orgânicos, seguido de rejeitos, podas/capinas e varrição, com percentuais de 29,6%, 25,1% e 16%, respectivamente (ver Figura 12). Entretanto, ao avaliar a evolução temporal de tal cenário, verifica-se que difere do encontrado por Mendonça (2020) no mesmo município em 2019, onde existiu a prevalência de rejeitos (35,51%), fração plástica considerando todos os tipos deste material (24,93%) e orgânicos (14,57%). Ressalta-se que a área contemplada no estudo envolveu a presença de atividades residenciais, tal como comerciais, o que pode ter influenciado na presença de determinados tipos de materiais presentes entre os resíduos gerados.

Figura 12: Composição gravimétrica dos RSU do município de Pau dos Ferros-RN em 2023.



*Não exposto no gráfico: Plástico Duro (0,07%), Mistos (0,38%), Construção Civil (0,00%), Medicamentos (0,28%), Tetrapak (0,48%), Borracha (0,20%), Madeira (0,28%), Eletrônico (0,41%).

Fonte: ESNIS (2023)

Vale destacar que segundo Oliveira (2022) a tipologia dos resíduos sólidos variam com os hábitos, perfil populacional e forma de descarte/coleta destes materiais, logo assim pode-se justificar que a diminuição significativa na geração de rejeito e o aumento para os resíduos orgânicos, podas e varrição, ocorreu devido às modificações nas formas de gerenciamento, já que atualmente pode ser observado que os materiais oriundos da varrição de vias públicas feitas pelos moradores são acondicionados e coletados juntamente com os RSU, como é evidenciado na Figura 13.

Figura 13: Acondicionamento de resíduos de varrição das vias públicas, para posterior coleta convencional de RSU.



Fonte: AUTOR, (2023).

Ainda na análise do cenário de tipologia de materiais, Lunes (2017) obteve para a mesma área de estudo, maior fração de orgânicos como resultado (45,40%), seguida de rejeitos (20,90%), mas se diferenciando por apresentar o plástico (24,69%) como terceiro tipo de resíduo mais presente. Vale ressaltar que este resultado pode estar relacionado a divisão dos

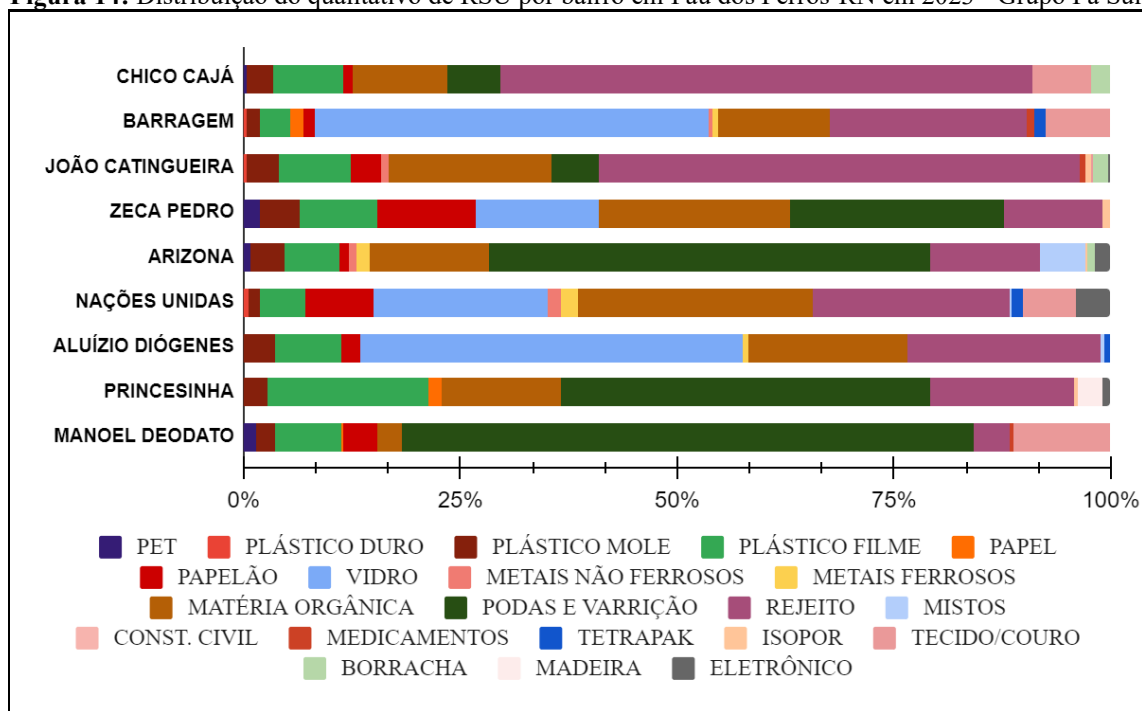
tipos de resíduos adotadas na análise, que não levou em consideração podas e varrições, apresentando assim uma maior divergência com a atual análise. Além disso, pode elencar que naquele cenário de 2016, ainda não existia a presença acentuada de catadores de recicláveis nas ruas de Pau dos Ferros-RN, o que favorecia ter maior acúmulo no vazadouro a céu aberto.

Quanto à fração de resíduos como papel, papelão, metais ferrosos e metais não ferrosos, pode-se observar no presente estudo pequenas reduções quando comparado a análise de 2019, entretanto a perda mais significativa de 13,21% ocorreu no plástico. Essa situação, de acordo com Leme (2009) pode estar relacionada com a disseminação de informações da valoração destes resíduos, o que potencializa práticas pelo gerador de pré-segregação e venda, logo assim evitando que esse material seja descartado na coleta convencional.

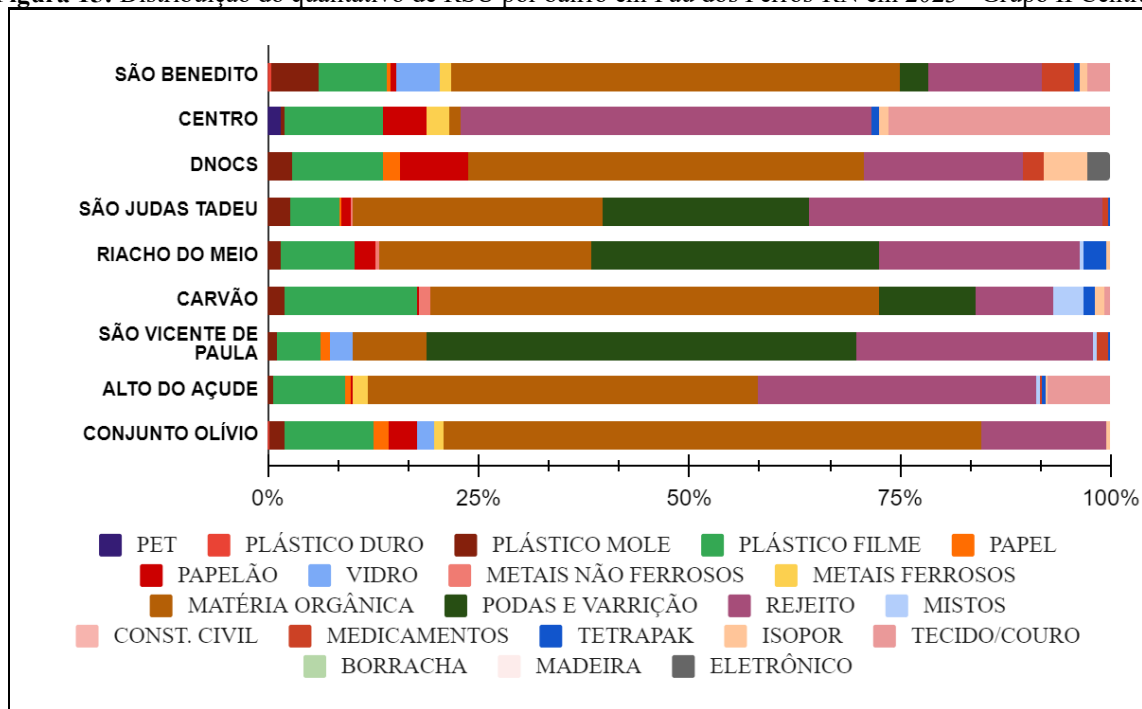
De maneira geral, levando em consideração o mesmo critério para definir materiais recicláveis e não recicláveis, a pesquisa de Mendonça (2020) encontrou uma fração de 39,25% de materiais recicláveis, enquanto Lunes (2017) estimou 30,72% desse mesmo tipo de material, já o presente estudo apresentou apenas 24,50% quando realizada esta análise. Realizando esta mesma comparação com municípios vizinhos, pode-se observar que o percentual de material reciclável de Pau dos Ferros-RN é inferior aos encontrados em análises gravimétricas realizadas nos municípios de Ererê/CE em 2021 e José da Penha/RN em 2023, já que ambos apresentaram faixas superiores a 40% (QUEIROZ *et al.*, 2021; ALVES *et al.*, 2023).

Esse cenário divergente, de acordo com Siqueira & Abreu (2016) ocorre porque localidades predominantes rurais detêm um aproveitamento da fração orgânica na alimentação animal e compostagem, reduzindo a mistura de resíduos secos com os úmidos. Sendo assim, infere-se que por ter perfil predominante urbano, Pau dos Ferros-RN, apresenta índices significativos de comprometimento da porcentagem reciclável em comparação aos municípios citados que tem grande extensão rural que pode ser comprovado com fração orgânica que chega a 30%.

As frações de resíduos encontradas em cada bairro/comunidade foram representadas graficamente, o que permitiu a análise das características de cada bairro/comunidade e observar qual o material predominante nas coletas de RSU daquela região. De acordo com IBAM (2001), as características dos RSU podem variar em função dos aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, podendo variar inclusive em diferentes localidades do mesmo município, como pode ser visto nas Figuras 14, 15 e 16.

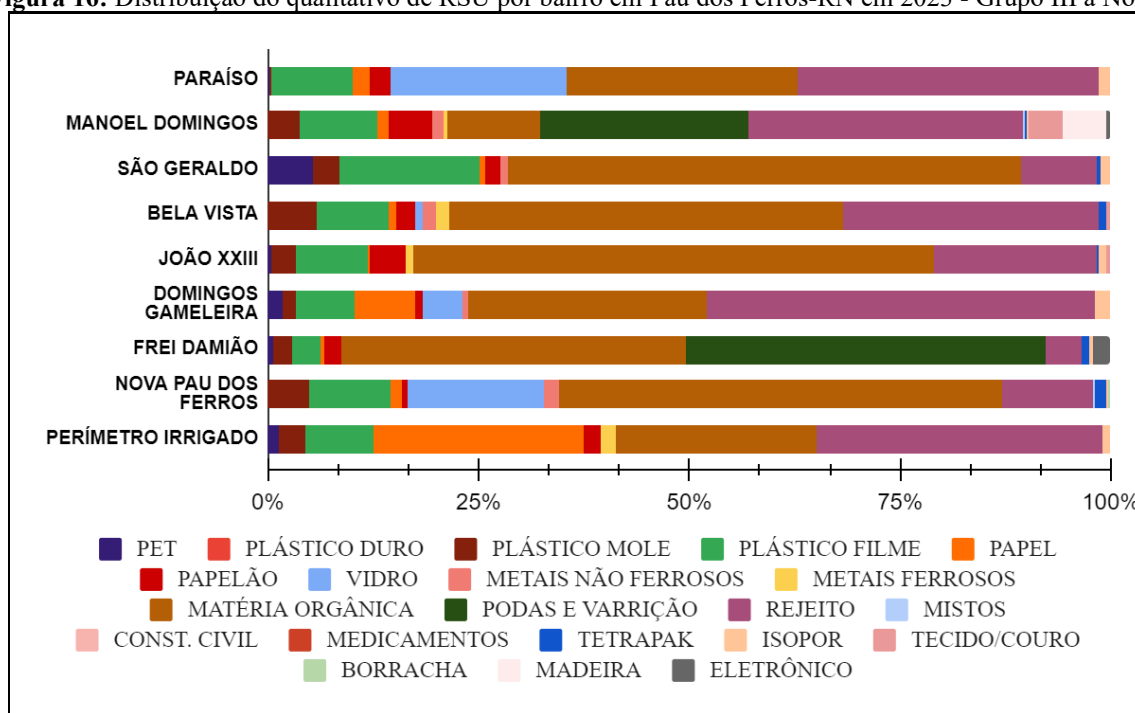
Figura 14: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo I a Sul.

Fonte: ESNIS (2023).

Figura 15: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo II Central.

Fonte: ESNIS (2023).

Figura 16: Distribuição do qualitativo de RSU por bairro em Pau dos Ferros-RN em 2023 - Grupo III a Norte.



Fonte: ESNIS (2023).

A massa específica do RSU contabilizada mediante amostragens foi de 103,39 g/L (levando em consideração o RSU sem a compactação do veículo), valor aproximado a 120,68 g/L encontrado por Mendonça (2020) após a compactação pelo veículo, o que pode demonstrar uma possível ineficiência no compactador, uma vez que os valores foram próximos diante de metodologias distintas.

Já referente ao volume de RSU coletado diariamente existiu uma diferença significativa, de acordo com dados fornecidos pela empresa responsável pelo serviço de coleta e pela prefeitura, o volume médio calculado atualmente é de 51 m³/dia, enquanto em 2019 o volume encontrado foi de 98 m³/dia, valor aproximadamente 2 vezes maior. Esse fator pode estar relacionado à crescente ação dos catadores de materiais recicláveis nas ruas do município, que atualmente é o local de trabalho de mais da metade dos catadores residentes na cidade de Pau dos Ferros-RN, segundo levantamento realizado pelo ESNIS (2023). Corroborado ainda, possivelmente, com a visão da reciclagem, reinserção e valoração de alguns dos materiais recicláveis pelas fontes geradoras.

Além disso, no atual cenário de volume produzido, utilizando a massa específica encontrada para resíduos compactados em 2020, estima-se que a massa de resíduos coletados é de 6.154 Kg/dia, valor discrepante se comparado ao encontrado por Mendonça (2020) que foi 11.826 Kg/dia e como também por Lunes (2017) que foi 75.000Kg/dia. Com esse valor estimado, levando em consideração uma população de 30.479 pessoas (IBGE, 2022), a geração

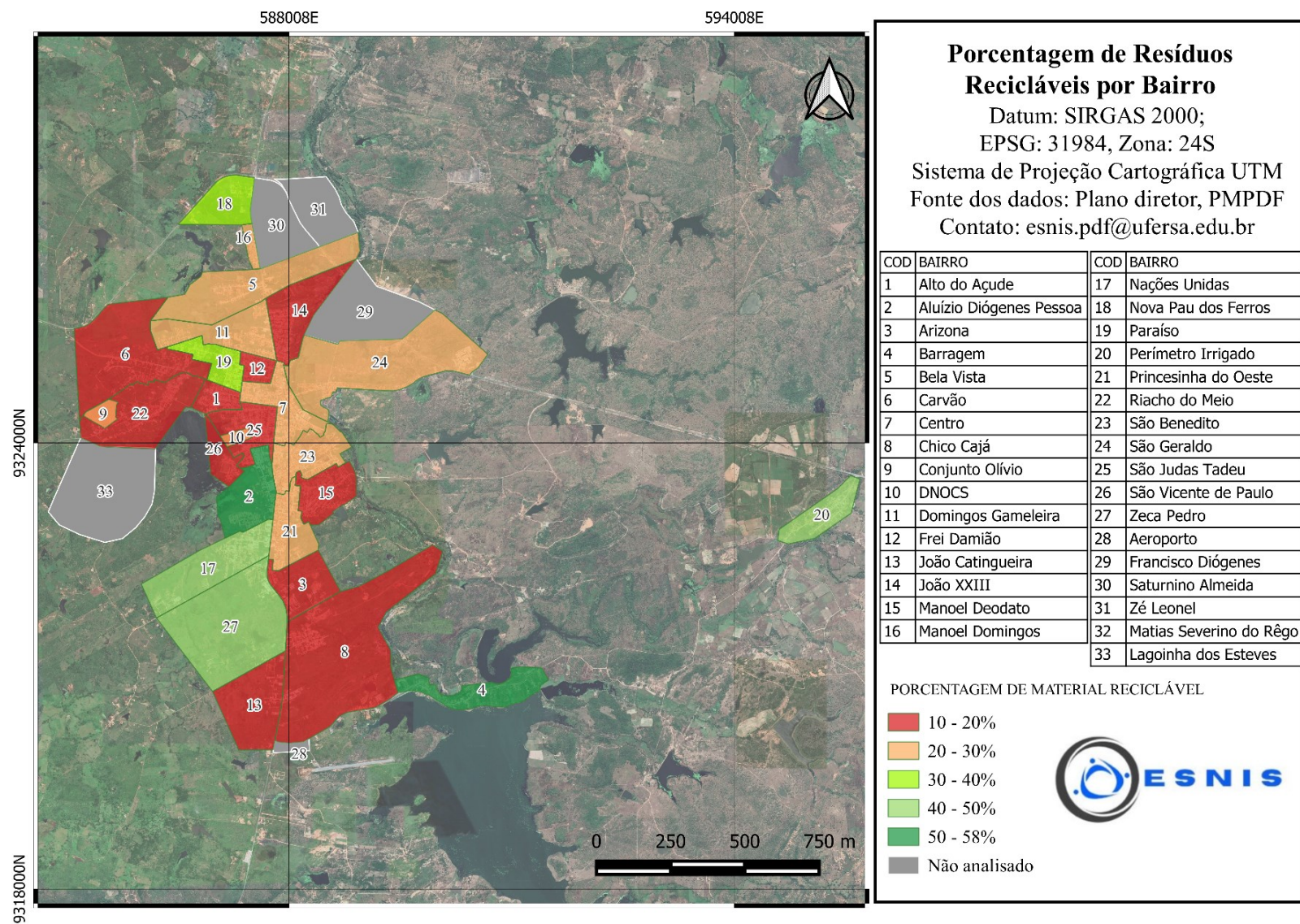
per capita de resíduos estimada é de 0,202 kg/hab.dia, muito abaixo da média nacional que é 0,99 kg/hab.dia ou estadual que é 1,20 kg/hab.dia segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS, 2019).

O baixo valor encontrado para a geração *per capita* de resíduos sólidos neste estudo pode estar relacionado a extensão territorial e a taxa da cobertura da coleta convencional, pois para realizar o cálculo foi levado em consideração toda população residente, mesmo que nem toda ela seja atendida pela coleta, o que influencia no resultado. Além disso, não se realizou o levantamento do volume produzido em específico pela área de caráter comercial, o qual envolve a presença de grandes geradores, os quais teriam uma produção diária superior a 200 litros/dia. Elenca-se ainda a hipótese que parte do material produzido pelas atividades comerciais acabam sendo previamente coletados por catadores autônomos de materiais recicláveis, na perspectiva de valoração destes e consequente geração de renda, dessa forma reduzindo o percentual de material reciclável a ser descartado no vazadouro a céu aberto do município.

A análise dos resultados dos estudos gravimétricos realizados para o município de Pau dos Ferros-RN indica ainda que 17 dos 27 bairros/comunidades (cerca de 63%) estudados têm percentual de geração de materiais recicláveis superior a 20%, conforme pode ser visto no mapa temático da Figura 17.

Esse cenário representa um ponto de partida para atingir o ODS 12 (consumo e produção responsáveis), que tem como meta a redução da redução de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização. Assim, caso obtenha-se êxito na implementação de uma economia circular eficiente, de maneira indireta haverá contribuições no alcance dos ODS 1, 6, 8, 10, 11, 13, 14 e 15, sendo imprescindível a realização desta análise para aplicação das atividades que culminarão nos objetivos atingidos.

Figura 17: Porcentagem de Resíduos Recicláveis por bairro/comunidade no município de Pau dos Ferros-RN em 2023.



Fonte: ESNIS (2023).

Além disso, de acordo com a Figura 17 observa-se a homogeneidade na divisão espacial do aspecto analisado, logo assim não só bairros centrais apresentam alta concentração de resíduos recicláveis, mas também comunidades como barragem e perímetro irrigado apresentaram fração de material reciclável de 54,68% e 41,36% respectivamente. Esse resultado pode estar relacionado ao reaproveitamento dos resíduos orgânicos para alimentação animal, como evidencia Silva (2016), sendo essa prática historicamente comum no semiárido, refletindo assim na maior presença de materiais secos.

Nesse mesmo cenário, infere-se através da observação espacial que 59% das localidades com percentuais de pelo menos 20% de materiais recicláveis estão inseridas na divisa ou são cortados pela BR 405, região essa caracterizada em toda extensão por ser via predominantemente comercial dentro do município de Pau do Ferros/RN. Vale ressaltar que no estudo de Mendonça (2020) os bairros Centro e São Benedito também localizados nessa faixa foram os que mais produziram essa tipologia de material.

Já quanto às proximidades de mananciais de recursos hídricos, foi possível observar que 12 bairros/comunidades se localizam nas imediações do Açude Público Dr. Pedro Diógenes Fernandes, o Açude 25 de Março e o Rio Apodi-Mossoró, dentre essa amostra, metade estão inseridos na fração de localidades com percentuais de resíduo reciclável menor que 20%, situação que acordo com Silva (2011), maximiza riscos com o carreamento de parte deste tipo de material.

Segundo Bueno (2006) existe a ampla necessidade dos municípios brasileiros de forma célere garantir a gestão e gerenciamento eficaz dos RSU como é delimitado na legislação, o que acarreta de forma inerente a mitigação dos impactos negativos ocasionados pelo descarte e disposição inadequada destes materiais, logo assim é imprescindível atualmente a mudança do sistema convencional de coleta para o de forma seletiva, ação esta que irá potencializar os processos de destinação e consequentemente a menor geração de rejeitos.

5.3 PROPOSIÇÃO E COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO

Quanto à implantação da coleta seletiva, pode-se constatar que existe uma fração de 24,50% de materiais com potencial reciclável, diante desses dados, corroborando com a necessidade de ampliar a vida útil de um futuro aterro sanitário e promover condições dignas de trabalho dos catadores de materiais recicláveis das ruas, tal como gradativamente incentivar

a migração dos catadores atuantes no vazadouro a céu aberto para malha urbana, é recomendado a implantação de forma progressiva da coleta seletiva, através do fluxo de bairros com maior fração para os de menor, os quais estão localizados no trecho margeando a BR-405, indicando que ações localizadas nesse percurso podem ter melhor resultado. Assim como verificado por Lopes e Soares (2022) para o município de Caraúbas, a sugestão de realizar as atividades de coleta seletiva priorizando a área central da zona urbana, pois por ter maior propensão a gerar materiais recicláveis e reutilizáveis pode ser coletado seus recicláveis diariamente.

Distribuição de ecopontos, pontos de entrega voluntários (PEV's), levando em consideração que grande parte dos bairros com potencial para geração de recicláveis está ao longo da BR-405, que também é rota diária para grande parte da população do município, podendo ser mais efetivo se alocado ao longo desse trecho ou próximo a pontos estratégicos como o centro comercial ou escolas. De acordo com Pauluch (2023), o sistema de coleta seletiva por meio de PEV's podem ser ambientalmente, socialmente e economicamente eficazes se devidamente planejados e operados, sendo de fundamental importância a implementação junto a educação ambiental da população e fiscalização do sistema.

Destaca-se também a importância da adoção da separação e destinação adequada de resíduos nos ambientes dos órgãos da prefeitura municipal, desde secretarias, unidades básicas de saúde, escolas públicas, além de entidades e repartições públicas, pois também remetem a figura de potenciais grandes geradores e devem servir de exemplo para a sociedade, uma vez que deve cobrar dela uma postura semelhante.

Faz-se necessário o estabelecimento da autorresponsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos (produção superior a 200 litros/dia), como previsto na legislação municipal (Lei Complementar N° 020/2023) e estadual (Lei N° 11.669/2024), firmando parcerias para destinar seus recicláveis devidamente segregados a associação de catadores, perante a coleta seletiva solidária e conforme o previsto no Decreto N° 11.413/2023. Para melhor aceitação e maior eficiência na execução desse objetivo recomenda-se o cadastro e monitoramento dos grandes geradores, pois assim é possível garantir que as parcerias firmadas realmente venham contribuir com a associação de catadores.

Em virtude da presença de uma grande quantidade de bairros/comunidades limítrofes com corpos hídricos, que podem vir a ser fonte poluidora de forma difusa para estes recursos, faz-se necessário a adoção de maiores cuidados nessas localidades, evitando a ocorrência de cenários de degradação ambiental. Dessa forma, é recomendável que nessas localidades seja reforçado as ações de educação ambiental referentes a proteção dos mananciais da poluição por

resíduos sólidos para compreender os ODS 6 (água potável e saneamento), 13 (ação contra a mudança global do clima) e 14 (vida na água).

Pode-se evidenciar através do estudo a presença de uma expressiva fração de resíduos de varrição, podas e capinas e Resíduos de Construção e Demolição na coleta de RSU do município de Pau dos Ferros-RN, tipologia de materiais que não deveriam constar nessa coleta, pois tem rotas e veículos próprios para este serviço, como também propriedades e características diferenciadas para destinação e disposição. Diante disto, recomenda-se a extinção desta prática, inclusive desenvolvida em áreas públicas (ex: praças), para assim evitar danos à frota veicular, insatisfação dos catadores e aumento de rejeitos devido a mistura destes materiais com a fração reciclável.

Quanto aos resíduos de poda e varrição, é necessário que seja adotado uma forma de destinação adequada, principalmente evitando sua queima, prática comum atualmente. Dispor esse tipo de resíduo em um aterro sanitário também não é uma opção viável, pois devido ao grande volume reduz a vida útil do dispositivo. Dessa forma, considera-se como alternativa a destinação para beneficiamento e compostagem para produção de adubo orgânico, agregando valor para esse tipo de material, assim como indica Melo (2016) em sua análise para a zona metropolitana de Londrina.

Diante do cenário proposto e as observações realizadas nos cenários dos anos de 2023 e 2024 foi possível estabelecer diferenças e similaridades, bem como apontar as melhorias encontradas nesse momento de transição até alcançar o que é considerado ideal, como pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4: Comparação de cenários de gerenciamento RSU em Pau dos Ferros-RN.

ETAPAS	CENÁRIOS		
	1*	2**	3***
COLETA	Coleta convencional ineficiente com relação a cobertura; Coleta seletiva ausente; Coleta de podas ineficiente.	Coleta convencional ineficiente com relação a cobertura; Coleta seletiva presente (porta a porta com parcerias); Coleta de podas com triturador (eficiente).	Coleta convencional com cobertura total; Coleta seletiva presente (porta a porta, parcerias e PEV's); Coleta de podas com triturador (eficiente).
TRANSPORTE	Caminhão compactador para coleta convencional.	Caminhão compactador para coleta convencional; Caminhão baú para coleta de recicláveis.	Caminhão compactador para coleta convencional; Caminhão baú para coleta de recicláveis.
DESTINAÇÃO	Aproveitamento de recicláveis ineficiente realizados pelos catadores do vazadouro e das ruas do município.	Aproveitamento de recicláveis em bairro Centro de Triagem de Resíduos por catadores associados.	Aproveitamento de recicláveis em Centro de Triagem de Resíduos por catadores associados.
DISPOSIÇÃO	Vazadouro a céu aberto.	Vazadouro a céu aberto.	Aterro sanitário.

*verificado em 2023; **Verificado até agosto de 2024; *** considerado ideal em relação ao atendimento das legislações vigentes.

Fonte: AUTOR, (2024).

É possível observar que algumas das orientações para implementação de uma coleta seletiva no ano de 2023 foram realizadas, como o estabelecimento de uma associação de catadores e a estratégia de parcerias com órgãos, instituições e setor comercial, indicando a evolução que ocorreu durante o período.

6 CONCLUSÃO

Atualmente ocorre o funcionamento regular da coleta convencional de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Pau dos Ferros-RN, a qual é realizada diariamente conforme duas rotas previstas. Sendo constatado, que a cobertura da coleta regular de RSU não abrange todos os bairros do plano diretor até o momento, nem tão pouco está presente em todas as comunidades rurais, mas está presente nos bairros e comunidades mais povoados. Ocorre atualmente a existência de catadoras e catadores de materiais recicláveis atuantes tanto na malha urbana, como também no vazadouro a céu aberto do município.

Quanto ao atual cenário de geração dos RSU do município, através do processo de gravimetria, realizado de maneira separada por bairro/comunidade, verificou-se diferentes perspectivas dentro do município de acordo com a especificidade de cada área. De maneira geral os RSU apresentaram uma quantidade expressiva de materiais recicláveis, cerca de 24,5% para todo o município, mas que devem ser devidamente separados para que se tenha um maior aproveitamento econômico e sustentável, o que reforça a necessidade da coleta seletiva bem aplicada.

É notável que a área central do município apresenta grande potencial de geração de resíduos recicláveis, mas isso não ocorre de maneira isolada, pois há também os bairros que estão às margens da BR 405 e as comunidades que também apresentaram maior quantidade de materiais recicláveis no estudo. Assim, pode-se dizer que o investimento em coleta seletiva não deve se concentrar em apenas uma área específica do município, mas de maneira descentralizada, buscando o apoio popular para que seja realizado de maneira efetiva.

Por final, foi possível elucidar caminhos que podem ser seguidos pela gestão pública a fim de implementar uma coleta seletiva de maneira eficiente, levando em consideração os locais e seguimentos com maior concentração de produção de materiais recicláveis. É notável que houve mudanças transitórias em relação ao cenário de 2023, no entanto é possível ainda traçar uma trajetória de sucesso por meio de pequenas mudanças gradativas na rotina de pelo menos uma parte da população, além das ações públicas. Nesse sentido, é reforçada a importância da educação ambiental nos ambientes escolares e até mesmo de trabalho, tanto com relação aos órgãos municipais quanto ao comércio geral, pois estes têm grande potencial gerador.

REFERÊNCIAS

- ALKMIN, Denise Verônica; RIBEIRO JUNIOR, Leopoldo Uberto. **Determinação Da Composição Gravimétrica Dos Resíduos Sólidos Urbanos (Rsu) Do Lixão Do Município De Maria Da Fé, Estado De Minas Gerais**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 65-82, mar. 2017.
- ALVES, Cayo Ravel Rodrigues *et al.* **RELATÓRIO PARCIAL DE ATIVIDADES nº 13/2023 – CONVÊNIO ECTI nº 03/2022**. José da Penha: Projeto Esnis, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17100-1: Gerenciamento de resíduos - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10007: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.004/2004: Resíduos Sólidos – Classificação. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.
- BANDEIRA, Renata Alves; PITTERI, Jessimira Soares Muniz; CHAGAS, Denia Rodrigues. Programa de intervenção para o manejo de resíduos em serviços de saúde. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 10, p. 210-226, 2021.
- BERTICELLI, Ritielli *et al.* **CONTRIBUIÇÃO DA COLETA SELETIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MUNICIPAL**. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 13, n. 2, 2020.
- BILAC, Roberto Platini Rocha; ALVES, Agassiel de Medeiros. Crescimento urbano nas Áreas De Preservação Permanente (APPs): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau Dos Ferros-RN. **Revista Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 4, n. 2, p. 79–85, 2014.
- BRASIL. **Manual de saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019. 545 p.: il.
- BRINGHENTI, Jacqueline Rogeria. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BOUVIER, Mathilde; DIAS, Sonia. **Catadores de materiais recicláveis no Brasil: um perfil estatístico**. WIEGO Statistical Brief, n. 29, 2021.
- BUENO, Leni Monteiro. **Lixo: Situação e Perspectivas Atuais de Gestão dos Municípios em Áreas de Mananciais**. Caminhos e Desafios, v. 6840, p. 47, 2006.
- CAMPOS, Robinson de. **Proposta de sistematização e reavaliação do processo de gerenciamento de serviços de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. 1994. São

Carlos. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos), Universidade de São Carlos. <https://doi.org/10.11606/D.18.1994.tde-29082024-164714>

CARDOSO, Jailson Jorge.; ALVES, Silvânio Vanderlei. **Desafios para implementação da política nacional de resíduos sólidos (lei 12.305/2010): um estudo de caso no município de Feira Nova/PE**. 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. 2020

COMLURB, 2009. **Caracterização gravimétrica e microbiológica dos resíduos sólidos do município do Rio de Janeiro**. Centro de Informações Técnicas - SITE da COMLURB, Rio de Janeiro, RJ.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de *et al.* **Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 294 p. 2003.

COSTA, Franklin Roberto da. **Inundações urbanas no semiárido nordestino: o caso da cidade de Pau dos Ferros - RN**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Cultura e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DANTAS, Joseney Rodrigues de Queiroz; CLEMENTINO, Maria do Livramento Miranda; FRANÇA, Rosana Silva de. A cidade média interiorizada: Pau dos Ferros no desenvolvimento regional. **Revista Tecnologia e Sociedade**, vol 11, no 23, p. 129-148, 2015.

DA SILVA, Alessandro Salles *et al.* **Captura de Resíduos Sólidos Drenados em uma Bacia Hidrográfica Urbana**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 16 n.4. 149-155. Out/Dez 2011.

DE CASTRO, Karla Giselle Silva; SANTOS, Jaqueline Guimarães; DIAS, Pâmela Karolina. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Polo Comercial de Caruaru–Pernambuco. **Journal of Perspectives in Management–JPM**, v. 1, n. 1, p. 51-62, 2017.

DE LAVOR, Anna Ariane Araújo *et al.* Conflitos causados pelos lixões: uma análise comparativa da situação do Brasil com o município de Iguatu-CE. ID on line. **Revista de psicologia**, v. 11, n. 37, p. 246-258, 2017.

DE SOUZA, Ricardo Cesar Conrado *et al.* Métodos estimativos da geração e composição de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. **Revista Engenharia e Construção Civil**, v. 1, n. 2, 2014.

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.

FEAM. **Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos** / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte, 2019

FREIRE, Evaristo Moreire. **Avaliação da eficiência da coleta seletiva no estado do Rio Grande do Norte: um estudo com a análise envoltória de dados (DEA)**. Dissertação (Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. PróReitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. 2013

Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte/MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 27p. 2019

GASQUES, Ana Carla Fernandes. **Caracterização quantitativa e gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Município de Campo Mourão-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

GOMES, Magno Federici; FERREIRA, Leandro José. **Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável**. *Direito E Desenvolvimento*, 9(2), 155–178. (2018). <https://doi.org/10.25246/direitoedesenvolvimento.v9i2.667>

IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. **Estimativas de população - 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama>. Acesso em: 17 ago. 2023.

JUNIOR, Izidio Rocha Silva et al. **O desenvolvimento do saneamento básico no semiárido brasileiro: análise na cidade de Pau dos Ferros-RN**. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*, v. 11, n. 3, p. 692-706, 2022.

LEME, Maria Simone. **Comportamento da população urbana no manejo dos resíduos sólidos domiciliares em Aquidauana – MS**. *GEOGRAFIA* (Londrina), 18(1), 154–192. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2009v18n1p154>. 2009.

LEMES, João Luiz Villas Boas. **Avaliação do Uso de Indicadores para a Caracterização da Sustentabilidade da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos em Araraquara e São José do Rio Preto (SP)**. 2015. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

LIMA, José Dantas. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande: ABES, 2004. 267 p.

LIMA, P. G. et al. **Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de um aterro sanitário**. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 12, n. 4, p. 410-426, 2018.

LOPES, Vanessa Gabriela Bezerra. **Proposição de um plano de roteirização da coleta seletiva para o município de Caraúbas/RN**. Orientador: Wilker Fernandes Soares. 2022. 15f. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semiárido, Caraúbas/RN, 2022

LUNES Anderson Rodrigo Da Silva. **Proposta De Técnicas De Recuperação De Área Degradada Para O Lixão De Pau Dos Ferros/RN**. Orientador: Joel Medeiros Bezerra. 2017. 71f. TCC (Graduação) - Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros/RN, 2017.

MEDEIROS, Rafaela Lorrane Magno de. **Proposição de um plano de coleta seletiva de resíduos sólidos na zona urbana do município de Alto Santo/CE**. Orientador: Wellington

Lorran Gaia Ferreira. TCC (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2022.

MELO, Ângela Cristina Alves de. **Gestão De Resíduos Sólidos Na Região Metropolitana De Londrina-Pr: Possibilidades De Soluções Intermunicipais**. Orientador: Mirian Vizintim Fernandes Barros. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. 2016

MENDONÇA, Ewerton Victor Pereira *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>

MENDONÇA, Ewerton Victor Pereira. **Análise Do Manejo De Resíduos Sólidos Na Cidade De Pau Dos Ferros/RN**. Orientador: Cláwsio Rogério Cruz De Sousa. 2020. 65f. TCC (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semiárido, Pau dos Ferros/RN, 2020.

MIZIARA, Rosana. **Por uma história do lixo**. InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 3, n. 1, 2011.

OENNING, Adrielli da Silva et al. Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Criciúma. **Revista de Iniciação Científica**, v. 10, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, Mariana Moreira de. **Estratégias de redução dos resíduos sólidos domiciliares a serem dispostos em aterros sanitários: redução na fonte, coleta seletiva e metanização**. Orientação: Gilson Barbosa Athayde Júnior. Tese (Doutorado) - UFPB/CT. João Pessoa, 2022. 238 f. : il.

PAULUCH, Letícia. **Coleta seletiva por meio de PEV's em Guarapuava-PR: uma avaliação sob a perspectiva da população**. Orientadora: Tatiane Bonametti Veiga. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, 2023.

PEREIRA, Eduardo Vinícius. **Resíduos sólidos**. Editora Senac São Paulo, 2019.

PEIXOTO, Karina; CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa; D'AGOSTO, Márcio de Almeida. **A coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2005.

Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PLANARES. Coordenação de André Luiz Felisberto França [et. al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022.

RÊGO, Jéssica Raquel Gurgel; DE FREITAS BARRETO FILHO, Bonerges. Dinâmica do comércio varejista em Pau dos Ferros (RN)(2008-2018). **Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 6, p. e8168-e8168, 2020.

RIBEIRO, Helena; BESEN, Gina Rizpah. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso**. InterfacEHS, v. 2, n. 4, p. 1-18, 2007.

RODRIGUES, Heitor de Santana *et al.* **Caracterização gravimétrica e projeção de geração dos resíduos sólidos no município de Curaçá/BA.** Natural Resources, v. 8, n. 1, p. 41-51, 2018.

RODRIGUES, Grasielle Simplicio Murari. **Avaliação do perigo de contaminação do solo em função de sistema de disposição final de resíduos sólidos em valas.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. 2019.

SANTOS, João Paulo De Oliveira *et al.* **Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos.** Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular, Recife, EDUFRPE, p. 8-17, 2018.

SILVA, Vanessa Pinto Machado; CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos. **Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil.** BNDES Set., Rio de Janeiro, 25(50), p. 153-200. 2019

SILVA, Alineaurea Florentino; DA SILVA, Maria Cristina Basílio Crispim. **Agricultura no nordeste semiárido e os resíduos orgânicos aproveitáveis.** Revista Equador, v. 5, n. 2, p. 102-119, 2016.

SILVA, Antônia Naiane da. **Proposição de um plano de coleta seletiva para o município de Campo Grande/RN.** / Antônia Naiane da Silva. - 2021. 62 f. : il. Orientadora: Ana Cláudia Araújo Fernandes Muniz. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2021.

SILVA, Galilleu *et al.* **Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos de um município de pequeno porte mediante os critérios técnicos e ambientais.** Revista Nacional de gerenciamento de cidades, v. 8, n. 61, 2020.

SIQUEIRA, Thais Menina Oliveira de; ABREU, Marcos José de. **Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana.** Ciência e Cultura, v. 68, n. 4, p. 38-43, 2016.

Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020. 244 p. : il.

SILVÉRIO, Laíza Venâncio; BARROSO, Ana Flávia da Fonseca; ÁVILA, Robert Alexandre. Gravimetria dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Juiz de Fora-MG. **Anais do IX SIMPROD**, 2017.

SOARES, Erika Leite de Souza Ferreira. **Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos.** 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOTTORIVA, Ellen Mayara *et al.* **Avaliação Dos Potenciais Riscos À Saúde Humana Pela Presença De Metais No Solo E Água Subterrânea Por Disposição Inadequada De Resíduos**

Sólidos Na Cidade Industrial De Curitiba (Cic). Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science, v. 9, n. 2, p. 265-288, 2020.

VILAÇA, Izabel Letícia Vieira; COSTA, Franklin Roberto. Caracterização das áreas de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros–RN. **Sociedade e Território**, v. 34, n. 2, p. 83-101, 2022.

ZAGO, Valéria Cristina Palmeira; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 02, p. 219-228, 2019.

APÊNDICES

Apêndice A – Identificação do RSU por tipificação

GRUPO	SUBGRUPO	EXEMPLOS
PLÁSTICO	PET	Material, geralmente translúcido, que ao ser pressionado apresenta barulho característico. Ex: Garrafas de refrigerante, água, óleo de cozinha (sem as tampas e rótulos).
	PLÁSTICO DURO	Material plástico que apresenta resistência ao dobrar, quebra ou rachaduras. Ex: partes de brinquedos, eletrodomésticos e baldes.
	PLÁSTICO MOLE	Material plástico flexível, e pode ser dobrado facilmente. Ex: potes de alimentos, frascos de xampu e produtos de limpeza.
	PLÁSTICO FILME	Sacolas, rótulos e embalagens.
PAPEL	PAPEL	Todo tipo de papel encontrado que não fosse classificado como papelão. Ex: embalagens de produtos, revistas e jornais
	PAPELÃO	Materiais grossos. Ex: caixas e embalagens grandes
VIDRO	VIDRO	Toda espécie de vidro, inclui espelho.
METAL	METAIS NÃO FERROSOS	Metal leve de amassar. Ex: Latas de bebidas e frascos de desodorante, fios elétricos, encaimento de ar condicionado.
	METAIS FERROSOS	Pouco mais resistente que o alumínio. Ex: Latas de alimentos em conserva, tampa de garrafa de vidro, cabos de aço, pregos e parafusos.
MATÉRIA ORGÂNICA	RESTOS DE COMIDA	Cascas de frutas, restos de comida.
PODAS	FOLHAS E GALHOS	Gramma, folhas, gravetos e galhos em geral.
REJEITO	NÃO APROVEITÁVEL	Papel em geral que esteja sujo, engordurado; fralda descartável; esponja de cozinha; qualquer tipo de adesivo; bituca de cigarro; absorventes; cotonete; cliques, grampos, esponjas de aço, latas de tintas, latas de combustível.
MISTOS	DOIS OU MAIS MATERIAIS ENVOLVIDOS	Para caracterização desse tipo de material é levado em consideração se é possível separar os materiais do resíduo de maneira simples, caso não, é um material misto. Ex: embalagem de cigarro, algumas embalagens de café e chocolate.

RCC	CONST. CIVIL	Cerâmica, tijolo, areias;
RSS	MEDICAMENTOS	Embalagem de medicamentos, vazias ou não; gaze; seringas; agulhas.
OUTROS	TETRAPAK	Caixa de leite, suco ou outros alimentos.
	ISOPOR	Material leve, encontrado em embalagens de alimentos
	TECIDO/COURO	Camisas, sapatos, bolsas, mochilas, pedaços de lona, couro etc
	BORRACHA	Sandálias, bexigas e borrachas em geral
	MADEIRA	Espeto, palito de fósforo, palito de picolé.
	ELETRÔNICO	Placas de circuitos; celulares, computadores, relógios; calculadoras, pilhas.

Fonte: AUTOR, (2023).

Apêndice B – Divisão dos RSU em recicláveis e não recicláveis por tipo de material, de acordo com as atuais práticas dos catadores e recicladores locais.

RECICLÁVEIS	NÃO RECICLÁVEIS
Plástico PET	Rejeitos
Plástico Duro	Podas e Varrição
Plástico Mole	Orgânico
Plástico filme	Mistos
Papel	Resíduo de Serviço de Saúde
Papelão	Resíduo de Construção Civil
Metais Ferrosos	Tetrapak
Metais não ferrosos	Isopor
Vidro	Madeira
Borracha	Tecido
Eletrônico	Couro

Fonte: AUTOR, (2023).