



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

ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PROPOSTA DE CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NA CIDADE DE ERERÉ-CE**

PAU DOS FERROS/RN

2020

ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PROPOSTA DE CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NA CIDADE DE ERERÉ-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos
Feros como requisito para obtenção do título
de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra

PAU DOS FERROS/RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Q95p Queiroz Júnior, Antonio Batista de .
PROPOSTA DE CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE ERERÉ-CE /
Antonio Batista de Queiroz Júnior. - 2020.
65 f. : il.

Orientador: Joel Medeiros Bezerra.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, 2020.

1. Modelo gerencial. 2. Coleta seletiva. . 3.
Compostagem. 4. Aterro sanitário. 5.
Gravimetria. I. Bezerra, Joel Medeiros, orient.
II. Título.

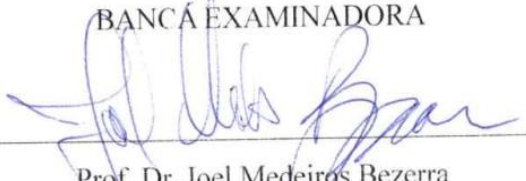
ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PROPOSTA DE CENÁRIOS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NA CIDADE DE ERERÉ-CE**

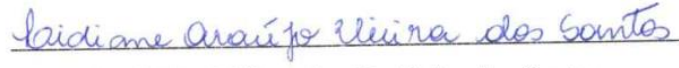
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos
Feros como requisito para obtenção do título
de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Defendida em: 30 / 01 / 2020.

BANCÁ EXAMINADORA


Prof. Dr. Joel Medeiros Bezerra
Orientador – UFERSA


Prof. Drª. Joseane Dunga da Costa
Examinador – UFERSA


Prof. Me. Lidiane Araújo Vieira dos Santos
Examinador – UFERSA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força espiritual e por ser sempre presente nos momentos de grandes dificuldades.

Aos meus pais, Maria das Dores Pereira da Silva e Antônio Batista de Queiroz, pelo amor, por sempre acreditarem e não medirem esforços para que a minha permanência acadêmica fosse possível, pelas palavras de incentivo, por me guiarem sempre pelo caminho do bem e por serem minhas maiores referências de vida.

Aos meus irmãos, Maria Aparecida de Queiroz, Pedro José de Queiroz, Antônia Maria de Queiroz, Paulo Augusto de Queiroz, Maria Cristina de Queiroz, Maria Juliana de Queiroz, Maria Regina de Queiroz, Maria Vitória de Queiroz, Carlos Daniel de Queiroz, Luiz Eduardo de Queiroz e Victor Gabriel de Sousa da Silva, pelo amor, pelas palavras de incentivo e por estarem sempre presentes na minha vida.

Aos meus amigos de vida André, Manoel Mariano, Daniel, Fernando, Ramon, Welles, Renan, João Paulo, Luiz Joseano, Raimundo Romão, Sabrina, Barbara e companhia, o qual sempre esteve do meu lado, me apoiando, fortalecendo e acreditando em mim sempre. Aos amigos que obtive na universidade, Alana, Talita, Francisco Roque, Helves, Ricassily e Guilherme, Clawsio, vocês não sabem o quão foram suporte para a permanência acadêmica, e sou muito grato por tudo.

A todos que compõem a comunidade Ufersa- Campus Pau dos Ferros, professores, funcionários, colegas de sala, que foram de suma importância para que esse objetivo fosse alcançado. Agradeço especialmente ao orientador, Joel Bezerra Medeiros, pela paciência, disponibilidade, pelas conversas corriqueiras, pelas risadas e por todo conhecimento repassado com tamanha maestria.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste ciclo, muito obrigado.

RESUMO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são um dos grandes problemas socioambientais da atualidade, e isso, em muitos casos, devido ao gerenciamento inadequado ou ineficiente nas etapas de coleta, transporte, destinação e disposição final, além da educação ambiental. Diante disso, a adoção de metodologias que visem melhorar a qualidade do serviço neste eixo de saneamento é uma alternativa a ser debatida. Neste contexto, o objetivo deste trabalho visa apresentar propostas de potenciais cenários voltados à otimização do gerenciamento municipal de Resíduos Sólidos Urbanos em Ereré-CE. Para tanto, utilizou-se da bibliografia, consulta de documento oficiais, emprego de modelos matemáticos para projeções temporais e estudos de campo a fim de diagnosticar o atual sistema de manejo de RSU, além de caracterizar qualitativamente a geração dos RSU na área de estudo, para, posteriormente propor cenários de gerenciamento e avaliar a viabilidade técnica e econômica dos dispositivos a serem implementados por cenário proposto. Para tanto, realizou-se uma projeção futura para um período de 20 anos, que compreende 2019 a 2039. Quanto aos cenários, o 1º indica uma proposta de gerenciamento com destinação para coleta seletiva e aterro sanitário, e o 2º cenário com compostagem e aterro sanitário. Para o cenário 3º foi proposto a destinação para coleta seletiva, compostagem e aterro sanitário e, no 4º cenário foi proposto como alternativa somente a disposição da totalidade de resíduos para o aterro sanitário. Por meio do estudo qualitativo dos RSU em Ereré-CE, observou-se que a deposição de rejeitos é predominante totalizando 28 % de toda amostra. Quanto ao cenário proposto, o 3º foi o que indicou a maior redução de RSU no aterro. Este cenário ainda fomenta a geração de renda, já que, em termos econômicos, enterra-se cerca de R\$ 8.931,58 por dia. Já o segundo cenário indicou uma redução significativa de biogás.

Palavras-chave: Modelo gerencial. Coleta seletiva. Compostagem. Aterro sanitário. Gravimetria.

ABSTRACT

Urban Solid Waste (USW) is one of the major socio-environmental problems of today, and this, in many cases, due to inadequate or inefficient management in the stages of collection, transportation, disposal and final disposal, in addition to environmental education. Therefore, the adoption of methodologies that aim to improve the quality of service in this sanitation axis is an alternative to be debated. In this context, the objective of this work is to present proposals for potential scenarios aimed at optimizing municipal management of Urban Solid Waste in Ereré-CE. To this end, it was used the bibliography, consultation of official documents, use of mathematical models for temporal projections and field studies in order to diagnose the current MSW management system, in addition to qualitatively quantifying the generation of USW in the area of study, to later propose management scenarios and assess the technical and economic feasibility of the devices to be implemented by the proposed scenario. To this end, a future projection was made for a period of 20 years, comprising 2019 to 2039. As for the scenarios, the 1st indicates a management proposal with destination for selective collection and landfill, and the 2nd scenario with composting and landfill. For the 3rd scenario, the destination for selective collection, composting and landfill was proposed and, in the 4th scenario, only the disposal of all residues for the landfill was proposed as an alternative. Through the qualitative and quantitative study of USW in Ereré-CE, it was observed that the tailings deposition is predominant, totaling 28 % of the entire sample. As for the proposed scenario, the 3rd was the one that indicated the greatest reduction in MSW at the landfill. This scenario still promotes income generation, since, in economic terms, about R \$ 8,931.58 per day is buried. The second scenario, on the other hand, indicated a significant reduction in biogas.

Keywords: Management model. Selective collection. Composting Landfill. Gravimetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos	19
Figura 2: Distribuição da coleta seletiva: a) Municípios com iniciativa de coleta seletiva no Brasil; b) Municípios com iniciativa de coleta seletiva no Nordeste	22
Figura 3: Gravimetria da coleta de RSU no Brasil em 2017	24
Figura 4: Fluxograma de uma usina de reciclagem e compostagem.....	25
Figura 5: Fases da compostagem e sua relação com a temperatura.	26
Figura 6: Esquema de um aterro sanitário.....	27
Figura 7: Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (Ton/dia) em 2017 e 2018	28
Figura 8: Localização do município de Ereré-CE.....	30
Figura 9: Fluxograma do processo metodológico.....	34
Figura 10: Veículo coletor de RSU de Ereré-CE do tipo caçamba	37
Figura 11: Localização do lixão de Ereré-CE	38
Figura 12: Vazadouro a céu aberto do Ereré-CE: a) Entrada de acesso de veículos; b) Configuração do vazadouro.....	39
Figura 13: Colaboradores realizando a gravimetria dos RSU no lixão de Ereré-CE	40
Figura 14: Disposição inadequada de resíduos vítreos.....	42
Figura 15: Estimativa populacional pelo método geométrico de Ereré-CE ente 2019 a 2039.....	45
Figura 16: Estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos de Ereré - 2019 a 2039.....	46
Figura 17: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com coleta seletiva de recicláveis	47
Figura 18: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com destino da matéria orgânica para compostagem	49
Figura 19: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com compostagem e coleta seletiva	50
Figura 20: Projeção da geração de RSU destinado ao aterro sanitário.....	52
Figura 21: Estimativa de produção acumulada de RSU em Ereré-CE - 2019 a 2039.....	53
Figura 22: Preço médio da tonelada dos recicláveis em 10 municípios do Brasil (R\$).....	55

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Massa específica dos resíduos sólidos urbanos segregados, por rota:.....	40
Tabela 2: Massa dos resíduos sólidos urbanos sem segregação, por rota	43
Tabela 3: Capacidade volumétrica de cada célula do aterro sanitário.....	54
Tabela 4: Viabilidade técnica de capacidade do aterro sanitário frente a disposição de Ereré-CE	54
Tabela 5: Valoração e quantidade média anual de lixo produzido em Ereré-CE.....	55

LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Tipologia de resíduos analisados para composição gravimétrica.....	31
Quadro 2: Materiais e EPI's fornecidos para realização da composição gravimétrica	32
Quadro 3: Frequência da Coleta dos resíduos sólidos no município de Ereré-CE.....	36
Quadro 4: Horário da Coleta dos resíduos sólidos no município de Ereré-CE.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

Cap.- Capacidade

CEMPRE- Compromisso Empresarial para Reciclagem

CGRSVJ- Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTR- Central de Tratamento de Resíduos Sólidos

EPE- Empresa de Pesquisa Energética

EPI- Equipamento de Proteção Individual

ETR- Estação de Transbordo ou transferência de Resíduo

FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

Hab.- Habitante

IBAM- Instituto Brasileiro da Administração Municipal

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPECE- Instituto de Pesquisa do Ceará

Kg- Quilograma

km- Quilômetro

km²- Quilômetros Quadrados

KWh- Quilowatts por hora

L- Litros

m³- Metros Cúbicos

NBR- Norma Brasileira

PLS- Projeto de Lei do Senado

PNSB- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PRCSM- Plano Regionalizado de Coletas Seletivas Múltiplas

PRNS- Política Nacional de Resíduos Sólidos

R\$- Real

RDO- Resíduos Domiciliares

RPU- Resíduos Públicos

RSU- Resíduos Sólidos Urbanos

SLU- Serviço de Limpeza Urbana

Ton.- Toneladas

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%- Por Cento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO TEÓRICA.....	17
2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	17
2.2. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	18
2.3. PANORAMA DO GERENCIAMENTO DE RSU NO ESTADO DO CEARÁ E NO MUNICÍPIO DE ERERÉ- CE	20
2.4. COLETA SELETIVA	21
2.5. DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	23
2.6. RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	24
2.7. DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	26
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	29
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
3.2. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA	31
3.3. ESTIMATIVA POPULACIONAL	33
3.4. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RSU	34
3.5. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE MANEJO DE RSU EM ERERÉ-CE	35
4.2. CARACTERIZAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA GERAÇÃO DOS RSU EM ERERÉ-CE	39
4.2.1. Estudo Qualitativo.....	39
4.2.2. Estudo Quantitativo	43
4.3. ESTIMATIVA POPULACIONAL	44
4.4. ESTIMATIVA DE RSU	45
4.5. PROPOSIÇÃO DE CENÁRIOS	46
4.5.1. Cenário 1- Destinação para a coleta seletiva e aterro	47
4.5.2. Cenário 2- Destinação para a compostagem e aterro.....	48
4.5.3. Cenário 3 - Destinação para a coleta seletiva, compostagem e aterro	50
4.5.4. Cenário 4- Destinação da totalidade de resíduos para o aterro	51
4.6. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DOS DISPOSITIVOS A SEREM IMPLEMENTADOS POR CENÁRIO PROPOSTO	53

5. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem configurado um dos grandes problemas ambientais no mundo atualmente. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2017) na América Latina diariamente são descartados, de forma irregular, cerca de 150 mil toneladas de resíduos. Na Europa, em 2012, a geração destes era de aproximadamente 680 mil toneladas diárias (EUROSAT, 2014a).

No Brasil, dados relacionados à produção de RSU mostram um total de 79 milhões de toneladas por ano, o que diariamente corresponde a um total de 216.629 toneladas de RSU no país (ABRELPE, 2019). Tal descarte, sem o devido manejo adequado, pode implicar na tríplice poluição, além de riscos à saúde humana, tal como danos econômicos aos bens materiais.

Diante deste cenário, uma das ferramentas criadas para reduzir esses índices diz respeito à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que dispõe de diretrizes referentes à gestão integrada e gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

No tocante a gestão de RSU no estado do Ceará, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE) os sistemas de manejo de RSU dos municípios cearenses são operados, em diversos casos, pelas prefeituras municipais, principalmente por meio de suas Secretarias de Infraestrutura e Obras. Ainda de acordo com a SEMACE, 85 % dos municípios destinam seus resíduos a vazadouros (lixões) a céu aberto, o que contribui para o fato de que dos 184 municípios do estado do Ceará, 123 contam com a presença de catadores nos locais de disposição final dos resíduos (CEARÁ, 2015).

Desta forma, o manejo inadequado dos resíduos sólidos impacta diretamente sobre o indivíduo, seja na saúde, através da proliferação de vetores provenientes do mau acondicionamento, ou no meio ambiente, ocasionando problemas como contaminação do solo, água e ar advindos da irregular disposição final. A ausência de planejamento nas gestões municipais com foco no gerenciamento dos RSU configura um entrave a ser superado, uma vez que, organizando e adequando a forma de conduzir os resíduos gerados será possível reestabelecer um padrão de qualidade de vida.

Quanto aos dispositivos de destinação e disposição final, a PNRS trata em seu artigo 54 da obrigatoriedade da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). As vias de disposição final presentes atualmente no Brasil são os lixões a céu aberto, o que de acordo com a lei é uma prática irregular e proibida desde 2010, além do aterro controlado e o aterro sanitário, sendo este último visto como o dispositivo mais adequado para a disposição

final dos rejeitos (ABELPRE, 2017). Em relação aos mecanismos de destinação final o Instituto Brasileiro da Administração Municipal - IBAM (2001) enfatiza que há diversas vias de tratamento tais como a reciclagem, compostagem, incineração, dentre outros.

O Plano Municipal de Educação Ambiental com foco na Gestão de Resíduos Sólidos (2019) ao realizar estimativas sobre a geração de resíduos sólidos no município de Ereré-CE propôs dois cenários. O cenário 1 face a produção em escala nacional e o cenário 2 tendo como base a geração de resíduos no âmbito regional. Segundo o plano, o município gera uma produção per capita em torno de 1,035 kg/hab.dia, o que coincide com a média nacional. Embora exista um valor estimado para representar o quantitativo das frações produzidas, o estudo de composição gravimétrica se faz importante para a exatidão dos dados, tal como, posterior adoção de projetos e medidas compatíveis à magnitude e dimensão da geração de tais RSU.

O município de Ereré-CE, embora seja de pequeno porte, pois possui aproximadamente 7.200 habitantes (IBGE, 2018), contribui para a geração de resíduos sólidos, e conseqüentemente para os problemas ambientais decorrentes da má gestão deste. Logo, faz-se importante a abordagem sobre o cenário de gerenciamento dos RSU frente ao atual panorama do município, em que o mesmo ainda não dispõe de plano municipal de gerenciamento RSU. Assim, a elaboração de uma proposta de gerenciamento, torna-se um viés que trará uma maior visibilidade para estas questões, bem como um mecanismo norteador para a efetivação de uma gestão participativa e integrada dos RSU para Ereré-CE.

Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho foi apresentar propostas de potenciais cenários voltados à otimização do gerenciamento municipal de Resíduos Sólidos Urbanos em Ereré-CE. Para tanto, visando desenvolver a pesquisa em apreço foi necessário contemplar os seguintes objetivos específicos:

- Diagnosticar o atual sistema de manejo de RSU em Ereré-CE;
- Caracterizar quali-quantitativamente a geração dos RSU ;
- Propor cenários de gerenciamento de RSU;
- Avaliar a viabilidade técnica e econômica dos dispositivos a serem implementados por cenário proposto.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT, por meio da NBR 10.004/2004 conceitua os resíduos sólidos como sendo resíduos no estado sólido e semi-sólido resultante de atividades de diversas origens (ABNT, 2004). Tratando-se especificamente dos RSU, a NBR 8419 define como sendo aqueles gerados em aglomerados urbanos, não incluindo resíduos industriais perigosos, de portos e aeroportos e de origem hospitalares sépticas (ABNT, 1992).

Outra definição de resíduos sólidos é abordada na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS pela lei 12.305/2010, no Art 3º, onde conceitua:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Quanto ao enquadramento dos resíduos, estes são classificados de acordo com o grau de periculosidade e em classes. Os resíduos classe I são os perigosos, sendo estes os que apresentam características de toxicidade, patogenicidade, reatividade, corrosividade, inflamabilidade. Já os resíduos classe II dividem-se em IIA, para resíduos não perigosos não-inertes, ou seja, que apresentam características de combustibilidade ou solubilidade, e classe IIB para resíduos não perigosos inertes, cuja as suas características físico-químicas não sofrem transformações em sua composição e relevo e se mantêm inalterados por muito tempo (ABNT, 2004).

É importante destacar que em termos técnicos, as definições de resíduos e rejeitos se diferem, na qual, de acordo com Brasil (2010) o rejeito é todo material que, esgotados toda a possibilidade de recuperação ou vias de tratamento por processos e tecnologias financeiramente viáveis, apresente como solução apenas a disposição final ambientalmente adequada.

Outro fator importante diz respeito ao valor agregado ao resíduo quando este é passível de formar um novo produto, por meio de técnicas de reciclagem. Berto (2018) enfatiza que certos tipos de resíduos podem ser modificados formando subprodutos e/ou matérias-primas para outras linhas de produção.

Segundo Giusti (2009) quando acondicionados em aterros, os resíduos sólidos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros. A decomposição da matéria orgânica presente no lixo resulta na formação do chorume, um líquido de cor escura que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas pela contaminação do lençol freático. Pode ocorrer também a formação de gases tóxicos como o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), asfixiantes e explosivos que se acumulam no subsolo ou são lançados na atmosfera (GOUVEIA & PRADO, 2010).

Outro fator preponderante quanto à disposição dos resíduos sólidos diz respeito aos riscos à saúde. Estudos têm indicado que áreas próximas a aterros apresentam níveis elevados de compostos orgânicos e metais pesados (SISSINO & MOREIRA, 1996), e que populações residentes nas proximidades desses locais apresentam níveis elevados desses compostos no sangue (SANTOS FILHO *et.al.*, 2003). Outros estudos examinaram uma possível associação com desfechos adversos da gravidez, como a ocorrência de anomalias congênitas (DOLK *et.al.*, 2001; ELLIOT *et.al.*, 2009), abortos e mortes neonatais (DUMMER, 2003).

Portanto, é imprescindível o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que, as decisões que os envolvem são fundamentalmente decisões sobre saúde pública e requerem, portanto, a integração entre políticas econômicas, sociais e ambientais (GOUVEIA, 2012).

2.2.GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

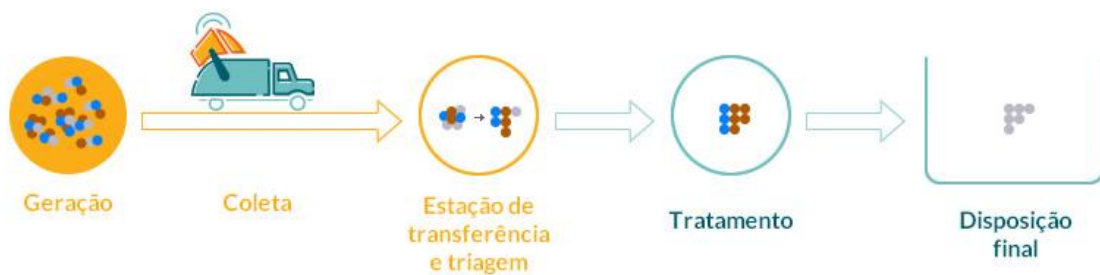
A problemática que envolve os RSU tem sido acentuada nos últimos anos, visto que, diversos estudos acerca dos impactos negativos do inadequado manejo têm alertado tanto os compartimentos ambientais, quanto os de recursos humanos sobre a importância de se planejar e gerenciar os RSU. Segundo o Instituto Brasileiro da Administração Municipal - IBAM (2001) existe um quantitativo bastante expressivo dos resíduos gerados no Brasil, e que este não possui uma regularidade na coleta, principalmente em zonas de vulnerabilidade social, permanecendo próximas as habitações ou sendo depositados em logradouros públicos, terrenos baldios, dentre outros.

Diante de tal fator, a importância de normatizar e/ou padronizar o gerenciamento dos resíduos tem sido uma estratégia implementada, principalmente no Brasil, no intuito de contribuir para que os municípios adequem sua forma de gerir seus resíduos. Assim, a PNRS através da lei 12.305/2010 apresenta uma abordagem quanto ao conceito de gerenciamento de

resíduos sólidos como sendo ações que perpassam por etapas desde a coleta até a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Conforme o IBAM (2001) integra o sistema de limpeza urbana as etapas de geração, acondicionamento, coleta, transporte, transferência, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, além da limpeza de logradouros públicos. Um grande entrave é o fato de que este sistema requer elevados investimentos financeiros, o que dificulta a operacionalização dos serviços, visto que, os municípios, de modo geral, por questões de limitações orçamentárias, enfrentam grandes dificuldades para operar esses serviços (BRASIL, 2006). A Figura 1 ilustra o fluxo do gerenciamento do RSU.

Figura 1: Etapas do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos



Fonte: BRASIL (2018).

No Brasil e em países periféricos, a precariedade da gestão dos RSU é marcante pelo grande contingente de desempregados e pela falta de informações sobre os resíduos sólidos. Além disso, o poder oligárquico presente em alguns municípios, demanda por capacitação técnica específica, crises econômicas, corrupção e a falta de cidadania são aspectos que contribuem para a complexidade da gestão (ANDRADE & FERREIRA., 2011).

Frente a esta complexidade, a PRNS dispõe de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, indicando as responsabilidades dos geradores, do poder público e dos consumidores, e ainda subsídio legal para apoiar à inclusão produtiva dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, priorizando a participação das cooperativas ou outras formas de associação desses trabalhadores (BRASIL, 2010).

A questão do lixo sempre esteve inerente ao homem e o padrão de consumo. Senko e Bovo (2012) atribuem as novas técnicas de industrialização, a criação das cidades, o aumento

populacional e, principalmente a febre de consumo que impera no mundo, como principais fatores para o crescimento de impactos ambientais negativos, como por exemplo, o uso exagerado de produtos descartáveis e a disposição inadequada de resíduos sólidos.

Soares, Ribas e Osório (2010) afirmam que os programas assistenciais do Governo Federal fortaleceram a região Nordeste, contribuindo para a redução da pobreza e aumento do poder de compra dos nordestinos. Assim, em decorrência do crescente consumo nesta região, os problemas decorrentes da geração dos resíduos sólidos tornaram-se uma problemática a ser resolvida.

2.3. PANORAMA DO GERENCIAMENTO DE RSU NO ESTADO DO CEARÁ E NO MUNICÍPIO DE ERERÉ- CE

A geração de RSU no estado do Ceará também enfrenta grandes problemas quanto ao gerenciamento. Tratando-se de números, no ano de 2015 a produção de RSU totalizou 9.809 toneladas diariamente, sendo que o total coletado foi de 7.678, o que corresponde a aproximadamente 79 % da cobertura da coleta no estado, demonstrando que 21 % são destinados de forma inadequada (ABRELPE, 2015).

No tocante ao manejo do RSU, o estado do Ceará tem adotado o modelo de transferência dos serviços, em substituição à administração direta municipal. Conhecido como terceirização de serviços, neste tipo de prestação de serviços uma empresa é contratada mediante a realização de procedimento licitatório e passa a desempenhar com seus próprios equipamentos e pessoal, a coleta, a limpeza de logradouros, o tratamento e a destinação e disposição final dos resíduos (CEARÁ, 2015).

Destaca-se ainda que os serviços de coleta são realizados de forma direta em 43 municípios; de forma terceirizada em 133 municípios e de forma mista em 8 municípios do estado do Ceará. Além disso, uma das estratégias adotadas para o gerenciamento dos resíduos diz respeito à formalização de consórcios intermunicipais, como uma alternativa para a resolução de problemas relacionados aos resíduos gerados em seu território (CEARÁ, 2015).

De acordo com Novakowski *et al.*, (2017) os consórcios intermunicipais surgem como agrupamentos de municípios, dotados de personalidade jurídica, para uso de serviços públicos em comum, através de convênios e subvenções, com outros entes da federação. Trata-se da promoção cooperativa organizada entre os entes federativos para que possam cumprir suas funções públicas (RIBEIRO, 2007).

A disposição final dos RSU no Ceará ainda é um agravante, visto que, de acordo com o Plano Regionalizado de Coletas Seletivas Múltiplas - PRCSM do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe - CGIRSVJ (2018) atualmente, dos 184 municípios existentes no estado, 176 utilizam locais sem nenhuma medida de controle ambiental, como os vazadouros a céu aberto, sendo que existem apenas cinco aterros sanitários distribuídos nas regiões metropolitanas (IPECE, 2017).

O município de Ereré, tratando-se do manejo de seus resíduos sólidos, integra o Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe (CGRSVJ), que propõe no PRCSM um sistema integrado de gestão composta por uma Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTR) a ser implantada em Limoeiro do Norte, seis Estações de Transbordo ou Transferência de Resíduos (ETRs) previstas para serem implantadas nos municípios de Alto Santo, Morada Nova, Iracema, Russas, Palhano e Potiretama e Centrais Municipais de Reciclagem (CMR) em cada uma das sedes do consórcio que viabilizar a instalação destes equipamentos (CGIRSVJ, 2018).

Dados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará mostram que a estrutura administrativa do sistema de manejo de resíduos sólidos do município de Ereré é de responsabilidade da Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano que, por meio da terceirização dos serviços prestados pela empresa VJ Transporte e Locações LTDA, investe anualmente R\$ 385.250,40 na gestão dos RSU (CEARÁ, 2015).

No entanto, faz-se necessário investir em tecnologia e equipamentos que subsidiem a adoção de medidas de controle dos RSU voltadas a destinação final, tendo em vista que os resíduos urbanos, em parte, são dotados de valor econômico.

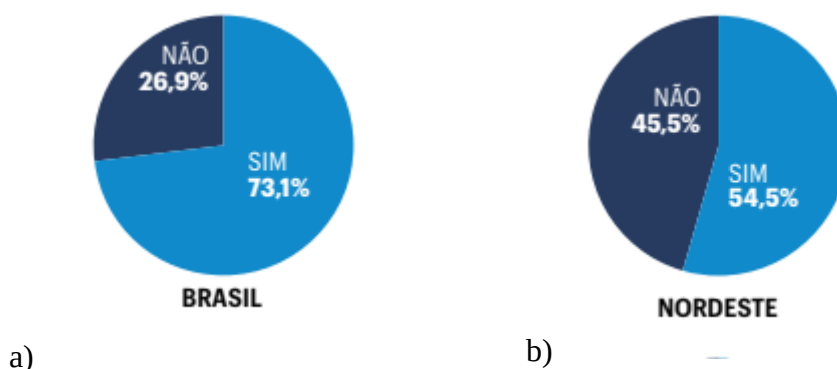
2.4. COLETA SELETIVA

A coleta dos resíduos sólidos é uma das etapas do gerenciamento e pode ser realizada de forma convencional ou seletiva. Segundo o Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal-SLU (2019), a coleta convencional trata-se do serviço de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (lixo convencional úmido e misto) das residências e comércio semelhantes às residências. Já coleta seletiva corresponde ao recolhimento de materiais recicláveis, tais como plástico e papel, os quais não devem ser misturados ao lixo comum nos domicílios, segregando-os materiais em orgânicos e inorgânicos.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008), os primeiros programas de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos começaram em meados de 1980, no intuito de reduzir a geração dos resíduos sólidos domésticos e o estimular à reciclagem. A PNSB 2008 revelou, ainda, que os municípios com serviço de coleta seletiva separaram, prioritariamente, papel e/ou papelão, plástico, vidro e metal (IBGE, 2008). Dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem mostram que, em 1994 contabilizou-se a existência de 81 municípios com coleta seletiva no Brasil, número esse crescente atingindo 443 em 2010 e 1227 em 2018, sendo que 22 desses se encontram no estado do Ceará (CEMPRE, 2018). Esses números evidenciam um avanço na implantação da coleta seletiva nos municípios.

A configuração dos municípios brasileiros que possuem coleta seletiva está se tornando representativa. A ABRELPE, no panorama publicado para o ano de 2018/2019, afirma que no Brasil, mais de 70 % dos municípios adotaram algum tipo de coleta seletiva, e 54,5 % na região nordeste, conforme ilustra a Figura 2ab.

Figura 2: Distribuição da coleta seletiva: a) Municípios com iniciativa de coleta seletiva no Brasil; b) Municípios com iniciativa de coleta seletiva no Nordeste



Fonte: ABRELPE (2019)

A implantação da coleta seletiva é um processo contínuo que é ampliado gradativamente. De acordo com Simonetto & Borenstein (2006), inicialmente devem ser realizadas ações de sensibilização com a população e, posteriormente, elaborar um plano de coleta, definindo equipamentos, veículos, áreas e a periodicidade de coleta dos resíduos. Nos estudos de Colares et al., (2016), uma das principais carências identificadas sobre programas de coleta seletiva consiste na conscientização da população assim como na divulgação do programa. Faz-se necessária também, a instalação de unidades de triagem para limpeza, separação dos resíduos e acondicionamento para a venda do material a ser reciclado.

A participação popular na segregação dos materiais orgânicos e inorgânicos nas residências influi muito na eficácia da coleta seletiva, uma vez que, auxilia no recolhimento e na segregação detalhada realizada pelos catadores ou guarnidores da coleta seletiva municipal (CEMPRE, 2010). A responsabilidade da implantação da coleta seletiva com a participação efetiva das cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis é do poder público municipal de acordo com a lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

A coleta seletiva se mostra como um método promissor e crescente no gerenciamento dos resíduos sólidos, isso, pois, em uma perspectiva socioeconômica e ambiental, o lixo pode ser transformado em renda, oportunidade de trabalho, além de beneficiar o meio ambiente, e contribuir para a gestão eficiente dos resíduos urbanos (RODRIGUES *et al.*, 2015).

2.5.DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

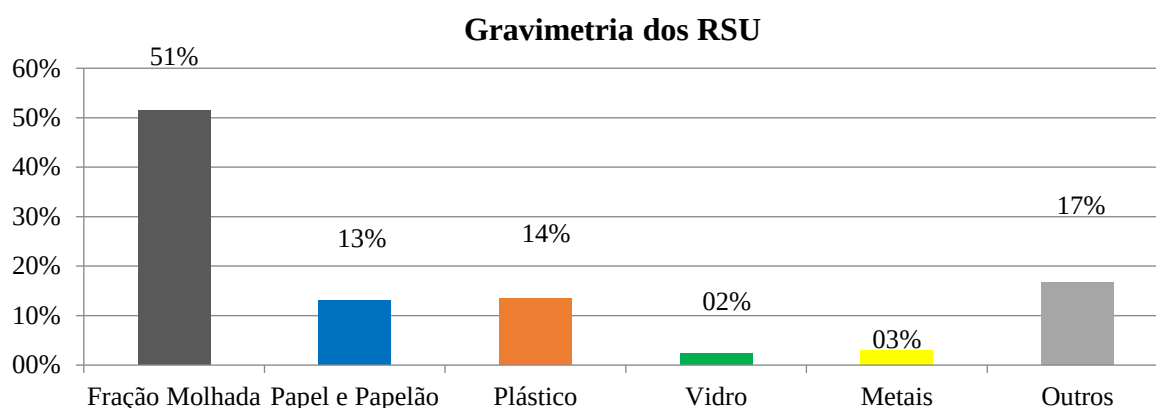
A destinação ambientalmente adequada dos RSU é relatada na lei 12.305/2010 da PNRS onde enfatiza que a destinação final inclui técnicas de tratamento dos resíduos sólidos como a reciclagem, recuperação, reutilização, compostagem e aproveitamento energético, desde que aceita por órgãos competentes (BRASIL, 2010).

Segundo o IBAM (2001, p. 119), o tratamento é definido como:

Uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável.

As Centrais de Tratamento de Resíduos- CTR'S configura um ambiente onde todos os tipos de resíduos encontram uma destinação final ambientalmente adequada. No Brasil, a reciclagem e compostagem se apresentam como alternativas na redução do volume de RSU que é descartado em dispositivos de disposição final, como os aterros sanitários, vazadouros a céu aberto ou aterros controlados, visto que, a configuração gravimétrica nacional dos resíduos sólidos aponta que as gerações de resíduos orgânicos e recicláveis estão em maiores proporções como ilustrado na Figura 3 (CEMPRE, 2019).

Figura 3: Gravimetria da coleta de RSU no Brasil em 2017



Fonte: Adaptado de Relatório Técnico/Acordo Setorial de Embalagens em Geral (2017); CEMPRE (2019).

Desta forma, verifica-se o potencial de adoção de alternativas que vislumbrem a incorporação de material reciclável como insumo na cadeia produtiva, minimizando a exploração de recursos naturais, tal como otimizando o tempo de vida útil dos dispositivos de disposição final.

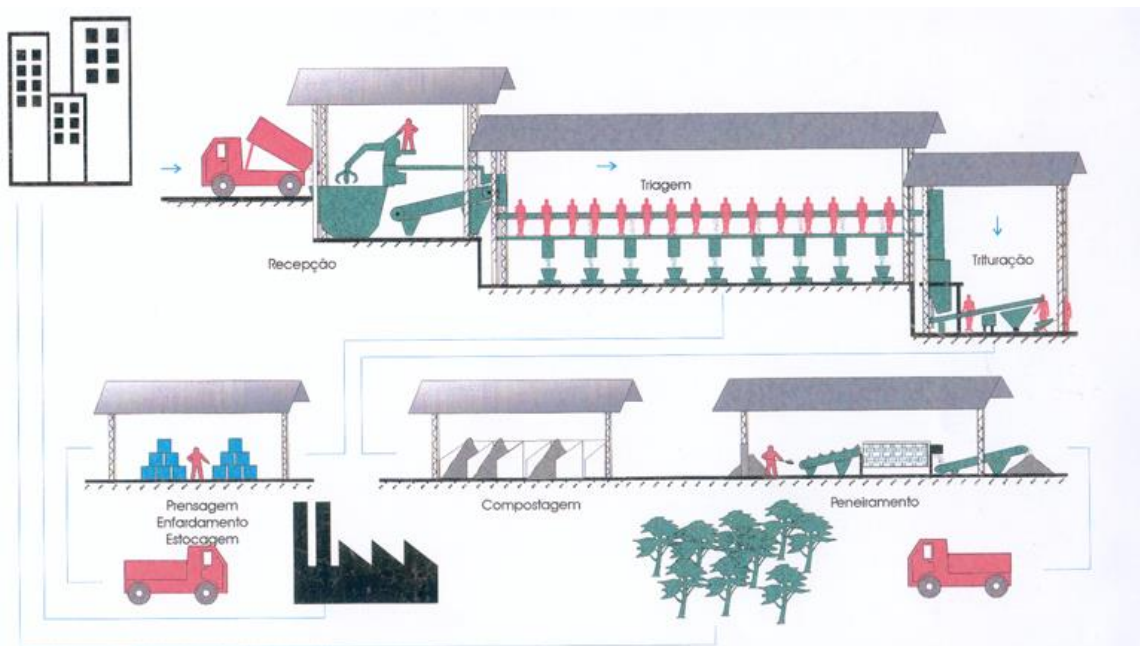
2.6. RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos em insumos ou novos produtos, que processam em sua maioria resíduos de alumínio, papel e plásticos. De acordo com dados do levantamento do Compromisso Empresarial para Reciclagem- CEMPRE, até novembro de 2017, 858 indústrias foram contabilizadas, sendo 22 centros de coleta de embalagens de alumínio, 27 indústrias recicladoras de papel e 809 empresas que reciclam e produzem embalagens plásticas (CEMPRE, 2019).

Segundo o IBAM (2001), as usinas de reciclagem e compostagem (Figura 4) geram emprego e renda e podem reduzir a quantidade de resíduos que deverão ser dispostos no solo em aterros sanitários, sendo que os principais benefícios ambientais da reciclagem de resíduos sólidos (plásticos, papéis, metais e vidros) são:

- a economia de matérias-primas não-renováveis;
- a economia de energia nos processos produtivos;
- o aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Figura 4: Fluxograma de uma usina de reciclagem e compostagem.

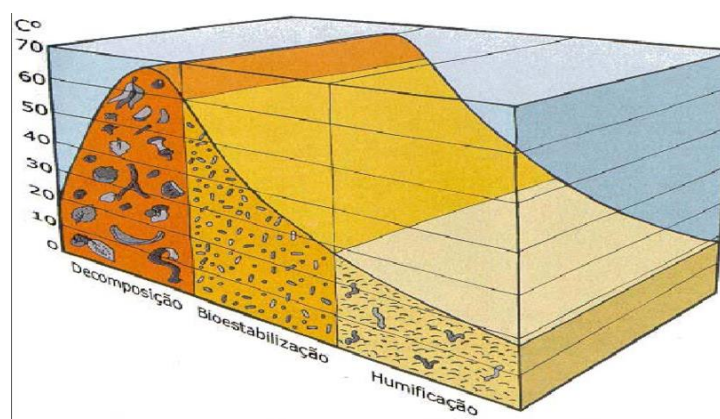


Fonte: Ramalho (2006).

A compostagem é uma técnica de tratamento acometido por processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, realizado por microrganismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, conforme previsto na NBR 13591/1996 (ABNT, 1996).

Segundo Pereira Neto (2007), o sistema pode ser analisado em duas fases, de acordo com a temperatura observada, chamadas de degradação ativa, caracterizada por altas temperaturas, intensa reações de decomposição, ocorrendo a liberação de calor, CO₂ e vapor de água (COSTA *et.al.*, 2015) e, posteriormente, a fase de maturação ou cura, onde a temperatura retorna ao equilíbrio para a temperatura ambiente, os organismos atingem um equilíbrio dinâmico e há sínteses de substâncias húmicas. É possível identificar as fases da compostagem e sua relação com a temperatura através da Figura 5.

Figura 5: Fases da compostagem e sua relação com a temperatura.



Fonte: Grossi e Valente (2002).

O composto orgânico produzido quando aplicado aos solos, devido a concentração de matéria orgânica, exerce grande influência sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo. Segundo Peixoto *et al.* (2014), o composto se torna vantajoso pois os nutrientes se encontram disponíveis em três formas diferentes, sendo que, a primeira está pronta para nutrir a cultura, a segunda está parcialmente disponível e a terceira ainda está retida na matéria orgânica a ser mineralizada e, essas formas conferem a propriedade de liberar gradativamente os nutrientes, melhorando o aproveitamento para as culturas agrônômicas.

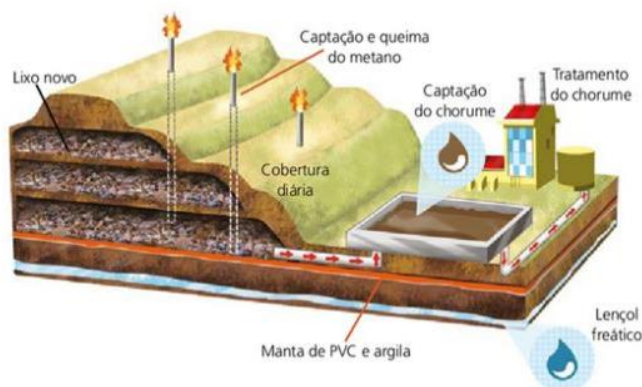
A resolução CONAMA Nº 481/2017 estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, visando à proteção do meio ambiente e buscando reestabelecer o ciclo natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos.

Uma vez que o material descartado pelas residências não está passível de ser tratado, em virtude de restrições técnicas ou econômicas de tratamento, ou mesmo reincorporado ao sistema produtivo, o mesmo passa a ser considerado rejeito, sendo necessário à disposição final adequada do mesmo.

2.7. DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A disposição final faz parte da última etapa do processo de gerenciamento dos resíduos sólidos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos faz uma abordagem sobre dispositivos de disposição final, onde, o aterro sanitário é o mais adequado para este fim, isso pois, possui em sua estrutura básica a impermeabilização da célula, a captação dos gases e, captação e tratamento do chorume (Figura 6). A lei 12305/ 2010 determinou que todos os lixões cessem suas atividades até 2 de agosto de 2014, porém grande parte dos municípios não se adequaram à legislação.

Figura 6: Esquema de um aterro sanitário.



Fonte: Mazzaroto e Silva (2017)

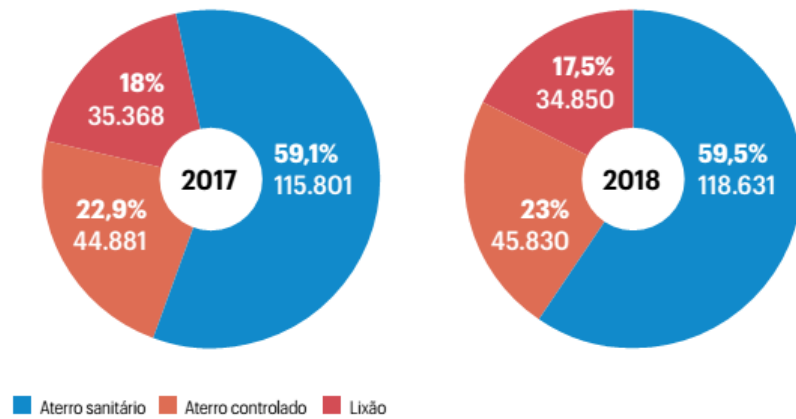
O Senado Federal, através do PLS- Projeto de Lei do Senado Nº 424 de 2014, decidiu no seu Art 1º prorrogar por dois anos o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos que trata a lei 12.305/2010. Essa prorrogação foi justificada, pois, a maior parte dos municípios não conseguiram cumprir a determinação legal. O município de Ereré/CE é um dos que se enquadra no descumprimento desta lei, uma vez que, como ente consorciado de um aterro sanitário em construção, ainda deposita os RSU no lixão municipal.

Segundo a NBR 8419/92 o aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos é:

técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992, p. 00).

A configuração de disposição final dos resíduos sólidos no Brasil ainda inclui os lixões, pois 17,5 % do que é gerado são enviados a vazadouros a céu aberto (Figura 7). Os dados mostram um comparativo tendo como referência o ano de 2017, indicando que, em 2018 houve um decréscimo de 0,5 % de disposição de resíduos em lixões.

Figura 7: Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (Ton/dia) em 2017 e 2018.



Fonte: ABRELPE (2019).

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi de caráter qualitativo e quantitativo configurado pela adoção de métodos de quantificação por extrapolação de cenários futuros mediante intervenção de medidas técnicas e administrativas. Ainda, realizou-se estudo bibliográfico, baseado em consultas na literatura sobre estudos publicados em artigos científicos e livros, cuja finalidade foi subsidiar o estudo quanto ao tema abordado.

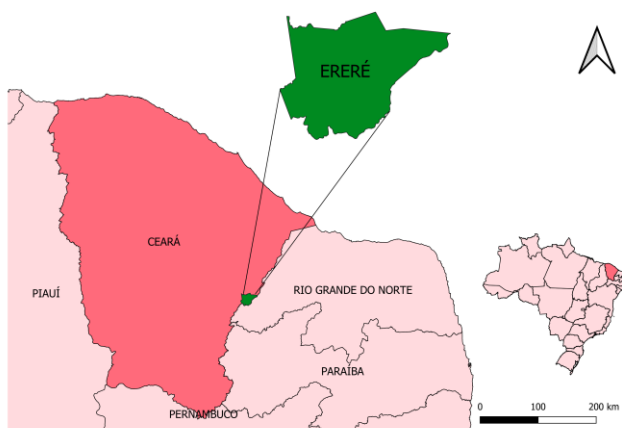
O presente trabalho teve o intuito de promover, através de diagnóstico inicial a concepção de um planejamento prévio, abordando a proposição de instrumentos e dispositivos estruturais e/ou administrativo voltados a otimização do manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos no município de Ereré-CE. Para tanto, foi realizada composição gravimétrica dos resíduos para análise quali-quantitativa, no intuito de configurar os tipos e a quantidade de RSU para, posteriormente, definir os cenários, além de realizar coleta de dados referente à gestão pública municipal junto ao poder público municipal referente ao atual cenário de gerenciamento municipal dos RSU.

Assim, considerando o método de gerenciamento dos materiais inservíveis atualmente, foram propostos 4 cenários de modo a inserir alternativas técnicas e administrativas. O 1º cenário indica uma proposta de gerenciamento com destinação para coleta seletiva e aterro, e o 2º cenário com compostagem e aterro. Para o cenário 3º foi proposto a destinação para coleta seletiva, compostagem e aterro e, no 4º cenário foi proposto como alternativa somente a disposição da totalidade de resíduos para o aterro sanitário.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Ereré é um município do estado do Ceará que possui uma área total de 382,70 km² e uma população estimada em 7.198 habitantes segundo estimativas do IBGE (2018). Está situado na mesorregião do Jaguaribe e a microrregião da Serra de Pereiro (Figura 8).

Figura 8: Localização do município de Ereré-CE.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

As atividades econômicas baseiam-se no setor de serviços, agropecuária e comércio. Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 52,27 % trabalhavam no setor agropecuário, 5,27 % no comércio e 32,92 % no setor de serviços (ATLAS BRASIL, 2013).

Quanto ao dispositivo de disposição final de RSU, tem-se que é irregular, sendo despejado em vazadouro a céu aberto localizado próximo ao perímetro urbano, as margens da BR 226 ou rodovia.

Conforme a classificação climática de Köppen,, o clima da área de estudo é do tipo As, isto é, tropical, com chuvas de inverno e verão seco (ALVARES et al., 2013). Ainda, as características ambientais indicam a formação geológica do local, apresentando solos de classe Latossolos e Neossolos, além de vegetação do tipo floresta caducifólia espinhosa e caatinga arbustiva densa (IPECE, 2006).

A análise geológica e pluviométrica é de suma importância para se determinar a probabilidade de infiltração e, conseqüentemente contaminação do solo e da água subterrânea, bem como da percolação do chorume nos períodos chuvosos. Em 2019, segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos -FUNCEME, a precipitação anual na cidade de Ereré-CE foi de 678mm (FUNCEME, 2019). Logo, pode-se perceber que o município indica baixa pluviometria no ano analisado, o que propicia para a baixa formação do chorume, por exemplo. Porém, para analisar a infiltração do contaminante no solo, se faz necessário um estudo geológico na área do lixão a fim de determinar a tipologia do solo neste local.

3.2. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

Esta etapa do estudo foi realizada em parceria com a secretaria de infraestrutura do município de Ereré-CE, mediante suporte na logística de execução das atividades *in loco*. Em um primeiro momento foi diagnosticado os aspectos referentes a logística de coleta de resíduos no município, buscando identificar as rotas efetuadas em um período de uma semana para, posteriormente, estabelecer os dias representativos para realizar amostragem para fins de análise da composição gravimétrica.

Para a caracterização qualitativa dos resíduos sólidos do município de Ereré-CE estabeleceu-se os tipos de resíduos a serem estudados. Os componentes analisados estão listados no quadro 1:

Quadro 1: Tipologia de resíduos analisados para composição gravimétrica

Tipologia dos Resíduos	
• Material orgânico	• Vidro
• Papel e Papelão	• Rejeitos
• Plástico	• Tecidos
• Metal	• Resíduos de parques e jardins
• Madeira	

Fonte: Autor (2019)

A metodologia utilizada foi a de quarteamento, que consiste na separação dos resíduos conforme o tipo e posterior pesagem para verificar sua porcentagem em peso total dos resíduos (ALKMIN & RIBEIRO JÚNIOR, 2017). A logística obedeceu a técnica empregada por Alkmin e Ribeiro Júnior (2017) adaptada por Lunes (2017), com a seguinte sequência:

1. Após a escolha e determinação das rotas escolhidas dos caminhões coletores de acordo com os critérios de representatividade, os resíduos coletados foram descarregados para a realização da amostragem;
2. Foi retirada amostras em cinco pontos de uma pilha de material, uma no topo e quatro em cada quadrante do monte de resíduos, de modo a preencher cinco tambores de 20 L, ao todo 100 L;

3. As sacolas plásticas que continham os resíduos foram abertas e revolvidas os resíduos despejados no solo sobre uma lona plástica, onde ocorreu a homogeneização da amostra, com ajuda de uma pá;
4. Posteriormente, realizou-se o quarteamento, onde separou-se a amostra em quatro partes aparentemente iguais e descartou-se duas partes opostas em diagonal;
5. Foram preenchidos dois tambores de 20 L, ambos sendo pesados vazios e depois cheios, para conhecer o peso da amostra;
6. Os resíduos foram depositados sobre uma mesa protegida com lona para que ocorresse a etapa de triagem por categoria dos resíduos sólidos conforme pré-determinado;
7. Os resíduos separados foram ensacados e pesados.

Para execução do estudo gravimétrico obteve-se a colaboração de agentes externos (secretaria de infraestrutura e consórcio) para a obtenção dos materiais e EPI'S listados no Quadro 2.

Quadro 2: Materiais e EPI's fornecidos para realização da composição gravimétrica

Materiais
03 Baldes de 20L
01 Pá
01 Enxada
01 Lona
01 Balança Eletrônica
Equipamento de Proteção Individual (EPI)
04 Pares de Luvas
04 Mascaras

Fonte: Autor (2019).

A análise qualitativa dos resíduos foi realizada no dia 12/11/2019 (terça-feira) e 14/11/2019 (quinta-feira). As datas foram definidas de modo a abranger todos os bairros do perímetro urbano do município de Ereré. Utilizou-se a ferramenta EXCEL 2010 para o cálculo do percentual dos resíduos sólidos urbanos separados por tipo.

Já para a caracterização quantitativa dos resíduos sólidos foram utilizados cálculos matemáticos para a configuração desta. No entanto, para se obter a geração *per capita* dos resíduos foram necessárias algumas informações como a quantidade de resíduos gerados diariamente e o número de habitantes que residem no município, além da população urbana.

A produção *per capita* foi obtida a partir da razão entre a quantidade de resíduos gerados diariamente e a população residente urbana. O quantitativo de resíduos gerados na área urbana do município foi parte do estudo e posteriormente foi realizado cálculo para identificar o quanto cada habitante gera de resíduos diariamente. Quanto ao número de habitantes, foi utilizado o dado da última contagem populacional realizada pelo IBGE.

3.3. ESTIMATIVA POPULACIONAL

Para o cálculo da estimativa populacional (Equação 1) foi utilizado o método da projeção geométrica. Este método calcula o crescimento populacional em função da população existente a cada instante, e ainda, considera a mesma porcentagem de aumento da população para períodos iguais (TSUTYA, 2006). Para este trabalho considerou-se uma projeção do período de 2019 a 2039. O período resulta em 20 anos de projeção, pois considerou-se o tempo médio de vida útil para o funcionamento de um aterro sanitário, em condições plenas de operação.

. Ressalta-se que o estudo contabilizou somente a população da área urbana para fins de geração *per capita* de RSU.

$$P = P_2 * e^{K_g(t_2-t_1)} \quad (1)$$

Sendo:

P = população estimada no ano t (hab);

P2 = população do ano inicial (hab);

t1 = ano inicial;

t2= ano final;

Kg = taxa de crescimento geométrico.

A taxa de crescimento é dada pela Equação 2:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Sendo:

P1, P2 = populações nos anos t1, t2;

t1, t2 = ano inicial; ano final.

3.4. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RSU

O cálculo para estimar o quantitativo anual de resíduos sólidos gerados no município de Ereré-CE é dado pela Equação 3:

$$\text{Volume de RSU} = \text{população} \times \text{geração per capita} \times 365 \text{ dias} \quad (3)$$

Através dos dados quantitativos da geração *per capita* de resíduos sólidos no município de Ereré, foi possível estimar o volume de RSU gerado anualmente.

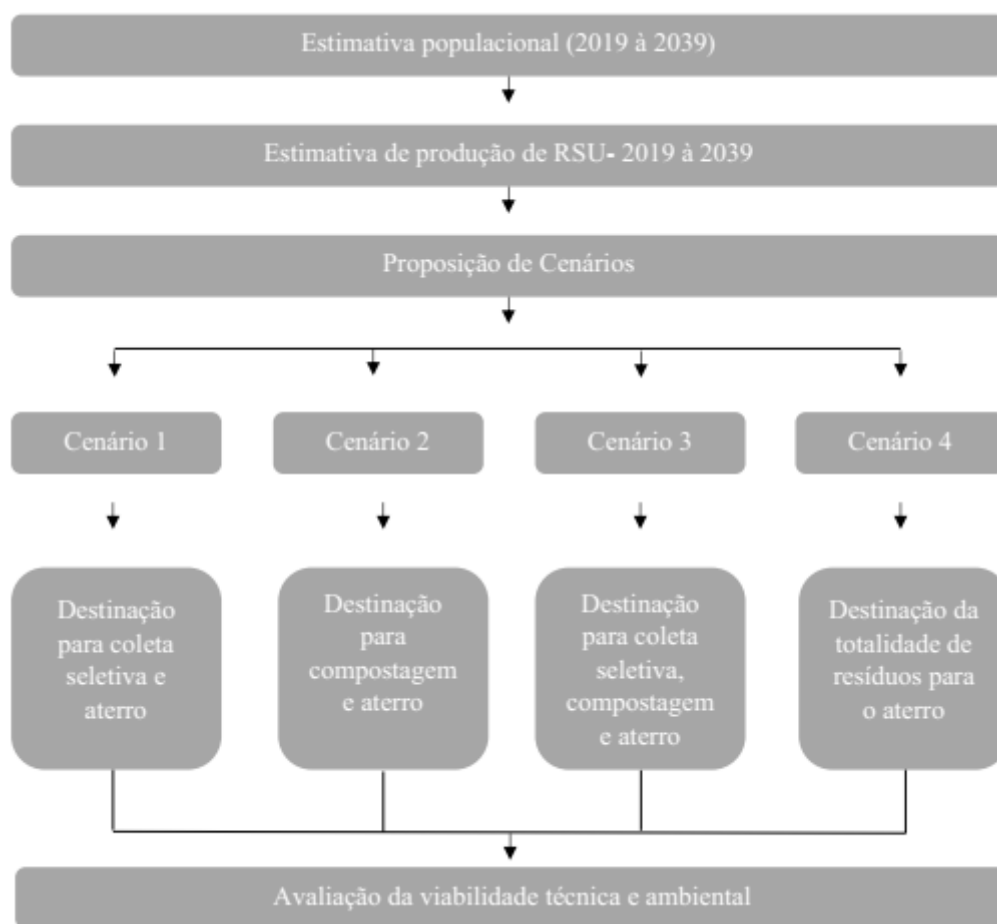
3.5. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para análise da viabilidade técnica e ambiental dos resíduos sólidos foram propostos quatro cenários:

- Cenário 1: destinação para coleta seletiva e aterro sanitário;
- Cenário 2: destinação para compostagem e aterro sanitário;
- Cenário 3: destinação dos resíduos sólidos para compostagem, coleta seletiva e aterro sanitário;
- Cenário 4: destinação da totalidade de resíduos sólidos para o aterro sanitário.

O fluxograma da Figura 9 mostra o processo logístico para análise destes cenários.

Figura 9: Fluxograma do processo metodológico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No tocante ao primeiro cenário, foi considerado que os resíduos gerados no município de Ereré- CE terão uma coleta diferenciada (coleta seletiva), sendo que os recicláveis serão destinados a usinas de reciclagem (Central de Tratamento de Resíduos) e o restante será encaminhado ao aterro sanitário (rejeitos e orgânicos). No segundo cenário considerou-se que toda a fração orgânica é destinada para a compostagem e o restante para o aterro sanitário. Para o terceiro cenário, os resíduos perpassam por coleta seletiva, os resíduos úmidos terão como destino a compostagem, e o que restará será destinado ao aterro sanitário. E para o quarto cenário, considerou-se que todo o resíduo será encaminhado para o aterro sanitário sem nenhum tipo de tratamento ou coleta seletiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE MANEJO DE RSU EM ERERÉ-CE

- Frequência da Coleta

O município de Ereré-CE, dispõe de um sistema de coleta que abrange todos os bairros, integralizando a área urbana consolidada, durante 6 dias da semana, excetuando-se o domingo. A sistematização da coleta pode ser verificada no Quadro 1. Nesse sentido, a frequência de coleta de RSU, está de acordo com o IBAM (2001) ao propor que o tempo decorrido entre a geração do lixo domiciliar e seu destino final não deve exceder uma semana para evitar proliferação de maus odores e vetores.

Quadro 3: Frequência da Coleta dos resíduos sólidos no município de Ereré-CE.

Dia da Semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Bairros	Ipiranga/ Centro/ Francisco Nogueira/ José Moura/ Bom Jesus	Ipiranga/ Centro/ Francisco Nogueira	Vila São João/ Vila Tomé Vieira/ Sítio Catolé	Ipiranga/ Centro/ Francisco Nogueira/ José Moura/ Bom Jesus	Ipiranga/ Centro/ Francisco Nogueira	Centro/ Francisco Nogueira

Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano (2019).

- Horário da Coleta

Visando otimizar as rotas e os custos do serviço, por se tratar de um município de pequeno porte, os horários estabelecidos garantem uma coleta regular visto que, apenas não ocorre nos horários noturnos, como ilustrado no Quadro 2.

Quadro 4: Horário da Coleta dos resíduos sólidos no município de Ereré-CE.

Dia da Semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Horário						
Matutino	7:00 h às 11:00h	7:00 h às 11:00h	7:00 h às 11:00h	7:00 h às 11:00h	7:00 h às 11:00h	7:00 h às 10:00h
Vespertino	13:00 h às 16:00h	13:00 h às 16:00h	13:00 h às 16:00h	13:00 h às 16:00h	13:00 h às 16:00h	

Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano (2019).

- Veículos para a coleta do lixo domiciliar

A guarnição responsável pela coleta de RSU é composta por cinco pessoas: o motorista e quatro garis, sendo que, o sistema opera com dois caminhões do tipo caçamba simples, sem compactação, com capacidade volumétrica de 6m³ (CGIRSVJ, 2018), como ilustrado na Figura 10. Este tipo de veículo é definido pela NBR 13.463, que define ainda, o veículo coletor compactador e; veículo coletor de resíduos dos serviços de saúde, como sendo também os tipos fundamentais de veículos coletores (ABNT, 1995). Ressalta-se que os EPI's utilizados pelos guarnidores são luvas e botas.

Figura 10: Veículo coletor de RSU de Ereré-CE do tipo caçamba.



Fonte: Autor (2019).

É importante observar que os resíduos de poda são recolhidos junto aos resíduos domiciliares em um único veículo coletor. Gonçalves Ferreira (2017) relata que no município de Condado/PB, os resíduos públicos (RPU) provenientes da varrição ou limpeza dos logradouros públicos são recolhidos juntos com os resíduos domiciliares (RDO) por dois tratores e um caminhão basculante.

- Disposição final dos resíduos sólidos

Os RSU são coletados e posteriormente encaminhados ao lixão da cidade, que está localizado a 1,2 km do perímetro urbano. De acordo com o Plano Regionalizado de Coleta Seletiva Múltiplas, o lixão de Ereré funciona às margens da rodovia que dá acesso ao município de Pereiro, sem cercamento ou isolamento em terreno próprio, ou seja, da prefeitura municipal. A Figura 11 ilustra a localização do vazadouro a céu aberto em relação a sede municipal.

Figura 11: Localização do lixão de Ereré-CE.

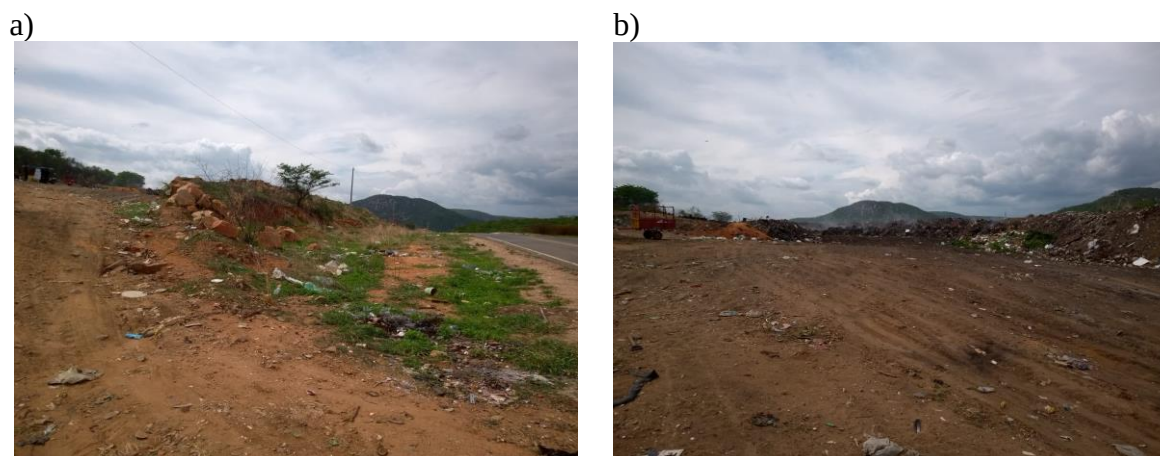


Fonte: Google Earth Pro (2019). Adaptado.

Após os resíduos serem dispostos no lixão, os catadores realizam a retirada dos materiais aptos a serem comercializados para reciclagem, de forma irregular, sem os equipamentos de proteção individual. Aquino (2018) também diagnosticou que nem todos os catadores no município de Pereiro/CE fazem uso de equipamentos de proteção individual, e os que fazem utilizam apenas bota. Além disso, os catadores não fazem parte de associações ou cooperativas, realidade semelhante com a encontrada por Santos et al. (2018) no município de Três Passos/RS e por Souza e Guadagnim (2009) em Cocal do Sul/ RS.

Os resíduos sólidos coletados pelos catadores restringem-se aos recicláveis, predominantemente alumínio, papelão, plásticos (rígidos), metais (ferro, cobre, alumínio) e vidro. O restante dos inservíveis são realocados formando grandes pilhas com o auxílio de um retroescavadeira. É importante ressaltar que, existe a prática irregular de queimadas no lixão, porém não se conhece a procedência do (s) infrator (es). Outro fator, é a existência de uma vala, onde parte dos resíduos de serviço de saúde são colocados e enterrados. A outra parte, segundo a Secretaria de Saúde, é retornada para o fornecedor. A Figura 12 ilustra a configuração dos resíduos sólidos no aterro comum.

Figura 12: Vazadouro a céu aberto do Ereré-CE: a) Entrada de acesso de veículos; b) Configuração do vazadouro.



Fonte: Autor (2019).

Através da Figura 12a, observa-se que o aterro comum é ao lado da BR 226 que liga Ereré ao município de Pereiro-CE. Já na Figura 12b, é possível identificar a formação de pilhas de resíduos nas extremidades do vazadouro a céu aberto, pela ação de retroescavadeira. Além disso, a formação de fumaça proveniente da queima do material.

4.2. CARACTERIZAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA GERAÇÃO DOS RSU EM ERERÉ-CE

4.2.1. Estudo Qualitativo

A análise qualitativa dos resíduos foi realizada no dia 12/11/2019 (terça-feira) e 14/11/2019 (quinta-feira). As datas foram definidas de modo a abranger todos os bairros do perímetro urbano do município de Ereré, uma vez que os distritos possuem coleta na quarta-feira.

A execução da ação do estudo gravimétrico contou com a colaboração de quatro pessoas diretamente no local (Figura 13).

Figura 13: Colaboradores realizando a gravimetria dos RSU no lixão de Ereré-CE.



Fonte: Autor (2019).

O estudo contemplou cinco rotas que foram distribuídas: Duas durante o período matutino e uma à tarde na terça-feira (rota 1) e duas pela manhã na quinta-feira (rota 2). Depois de realizada as pesagens, os dados foram coletados para posterior tabulação (Tabela 1). O gráfico 1 explicita a configuração do RSU da cidade de Ereré.

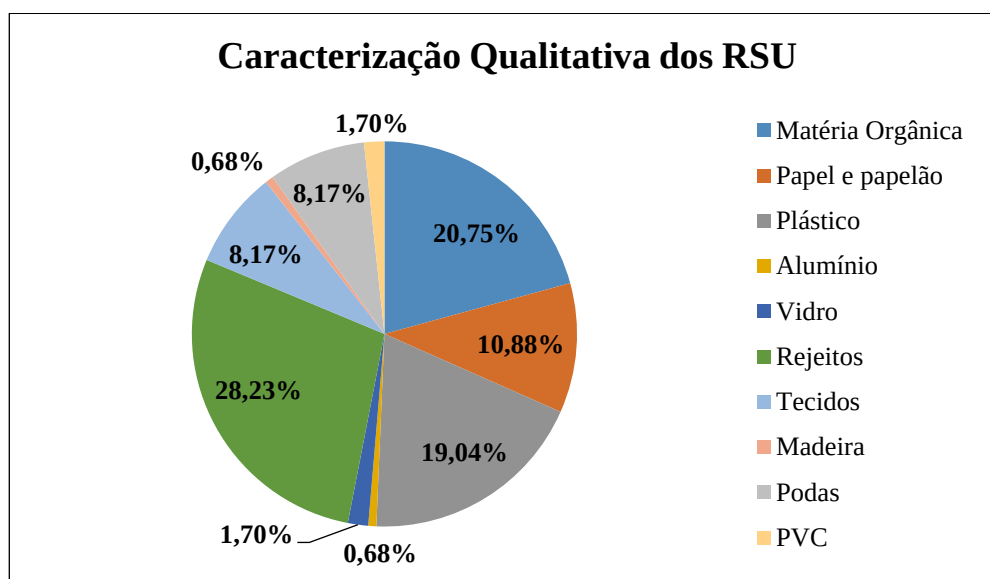
Tabela 1: Massa específica dos resíduos sólidos urbanos segregados, por rota:

TIPOLOGIA	ROTA 1 (kg)	ROTA 1 (Kg)	ROTA 1 (Kg)	ROTA 2 (Kg)	ROTA 2 (Kg)	TOTAL
M.O	1,300	1,400	1,000	1,500	0,900	6,100
PAPEL E PAPELÃO	0,600	0,700	0,400	1,000	0,500	3,200
PLÁSTICO	0,800	0,700	1,200	1,500	1,400	5,600
ALUMINIO	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
VIDRO	0,000	0,000	0,000	0,100	0,400	0,500
REJEITOS	2,100	1,000	3,600	0,800	0,800	8,300
TECIDOS	0,200	0,000	1,000	0,100	1,100	2,400

MADEIRA	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
PODAS	0,300	0,900	0,200	0,100	0,900	2,400
PVC	0,200	0,300	0,000	0,000	0,000	0,500
TOTAL (KG)	5,900	5,000	7,400	5,100	6,000	29,400

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 1: Distribuição em percentual dos RSU por tipologia



Fonte: Autor (2019).

Através dos resultados obtidos pela gravimetria é possível identificar que a maior fração do que é despejado no vazadouro corresponde aos rejeitos (28,23 %), seguido de matéria orgânica (20,75 %) e plástico (19,04 %). Estes dados sobressaem ao confrontar com dados apresentados a nível nacional, na qual o maior quantitativo é representado pela fração orgânica (51 %), seguido de plástico (13,5 %) e papel e papelão (13,1 %) (CEMPRE, 2019). Ressalta-se que foram considerados rejeitos os materiais orgânicos e recicláveis contaminados, além de materiais radioativos e perigosos que são de responsabilidade dos gestores, conforme proposto por Granja (2011).

Souza (2018) ao realizar a gravimetria do município de Bom Sucesso/ PB, encontrou uma grande fração de plásticos (31 %) seguido de matéria orgânica (27 %) e rejeitos (20 %). Lunes (2017) apresenta percentual de 45,40 % de matéria orgânica em seu estudo em Pau dos Ferros/RN, predominância essa, também, apresentada por Aquino (2018).

Outro fator preponderante é a cultura de criação de suínos com restos de alimentos no município de Ereré/CE, que reutiliza e reincorpora ao setor econômico, como meio de alimentação para tais animais. Semelhante a esse cenário ocorre na cidade de Bom Sucesso/ PB, que de acordo com Souza (2018), os munícipes recolhem os restos alimentares em

recipientes nas suas residências e os criadores coletam o material. Desta forma, podendo justificar o percentual reduzido de matéria orgânica no aterro, minimizando a possibilidade de geração de biogás, tal como do chorume na área de disposição final.

As diferenças quanto aos valores percentuais de um estudo para outro elucidam que a composição gravimétrica dos resíduos sólidos é variável, pois cada município e região demonstram particularidades que podem influenciar diretamente na composição gravimétrica (ALKMIN & RIBEIRO JUNIOR, 2017).

Os valores obtidos para alumínio e vidro, somados, são aproximadamente 2 %. Alkmin e Ribeiro Junior (2017) encontraram valores aproximados para a tipologia vidro (2,8 %) no município de Maria Fé- MG, assim como Lunes (2018) para Pau dos Ferros/ RN. No caso do alumínio, preferencialmente as latinhas, são coletadas pelos próprios guarnidores, no momento em que fazem a coleta, além da existência aleatória de coleta porta-a-porta realizada pelos catadores.

Quanto aos resíduos vítreos, o baixo percentual apresentado na composição justifica-se pois, o descarte deste material, especialmente as garrafas de vidro, acontece em local inapropriado, mais precisamente na entrada do lixão e próximo a CE 138, como o ilustrado na Figura 14. Outro fator que contribui é a ausência de logística reversa que envolve a indústria do vidro. Ressalta-se que este despejo irregular de resíduos vítreos não é realizado pela coleta municipal, sendo que, os principais responsáveis pelo descarte inadequado deste tipo de resíduos estão associados ao comércio local, como proprietários de supermercados, restaurantes, lanchonetes, depósitos de bebidas, entre outros.

Figura 14: Disposição inadequada de resíduos vítreos.



Fonte: Autor (2019).

Ainda, como os resíduos são coletados em um único caminhão, sendo que as podas são coletadas conjuntamente ao restante dos materiais inservíveis, há a geração de um grande volume de RSU no caminhão, diminuindo sua capacidade de coleta, e consequentemente reduzindo a otimização deste processo.

4.2.2. Estudo Quantitativo

Através dos dados obtidos no procedimento das pesagens dos resíduos antes do quarteamento foi possível realizar o cálculo da geração *per capita* dos RSU. A Tabela 2 elenca os valores do peso dos resíduos segregados por rotas.

Tabela 2: Massa dos resíduos sólidos urbanos sem segregação, por rota.

BALDES DE 20L	ROTA 1(kg)	ROTA 1(Kg)	ROTA 1(Kg)	ROTA 2(Kg)	ROTA 2(Kg)	TOTAL (Kg)
BALDE 1	2,400	4,100	3,800	2,100	3,100	-
BALDE 2	3,700	1,800	2,500	2,100	2,500	-
BALDE 3	3,500	4,200	6,200	2,300	4,000	-
BALDE 4	2,300	3,300	2,900	4,400	3,200	-
BALDE 5	3,000	4,500	2,900	2,700	3,300	-
TOTAL (Kg)	14,900	17,900	18,300	13,600	16,100	80,800

Fonte: Autor (2019).

Sabendo que a soma total dos resíduos sem segregação foi de 80,80 Kg e o número de rotas correspondem a 5, logo, o peso médio ($\bar{M}$) por rota foi:

$$\bar{M} = \frac{80,800}{5} = 16,16 \text{ Kg}$$

Visando obter o peso específico ($\bar{Y}$) aproximado dos resíduos sólidos, realizou a contabilização do mesmo, considerando o volume coletado de 100 L, logo tem-se:

$$\bar{Y} = \frac{16,16 \text{ kg}}{100 \text{ l}} = 0,1616 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

Ainda, como o caminhão com as caçambas simples possui capacidade volumétrica de 6 m³ (6.000 l), e o caminhão realiza 3 rotas por dia durante os 5 dias da semana, temos a quantidade de lixo gerado ao dia ($\bar{Mt}$):

$$\bar{Mt} = \frac{0,1616 \text{ Kg}}{\text{L}} * \frac{(6.000 \text{ L} * 3)}{\text{dia}} = 2.908,8 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

De acordo com IBGE (2010), a pesquisa realizada no último censo mostrou que a zona urbana de Ereré-CE é formada por 1657 homens e 1801 mulheres, totalizando 3485 habitantes e a população total foi de 6840 em 2010. A estimativa de 2019 para a população do município em 2019 foi de 7.198 (IBGE, 2019). Assim, realizou-se um cálculo para a projeção da população

urbana no ano de 2019. Adotou-se o censo do IBGE de 2010 para estimar o número de habitantes em 2019. Assim:

$$Pop\ Urb_{2019} = \frac{6.840}{3485} = 0,5095 * 7.198 = 3667\ hab.$$

Logo, a geração per capita será:

$$G_{per\ capita} = \frac{2.908,8\ \frac{kg}{dia}}{3667\ hab} = 0,800\ \frac{kg}{hab.dia}$$

A geração per capita dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Ereré está abaixo da média nacional, que de acordo com a ABRELPE (2019) é de 1,039 kg/hab.dia. Fracasso *et.al.*, (2017) também identificaram que a geração per capita de RSU era de 0,900 kg/hab.dia, para a cidade de Sananduva/ RS, cuja população urbana é de aproximadamente 10.811 habitantes.

Em analogia a geração média per capita do Brasil, a população de Ereré produz 0,239 kg/hab.dia a menos que a média nacional. Esta diferença pode ser justificada por alguns fatores:

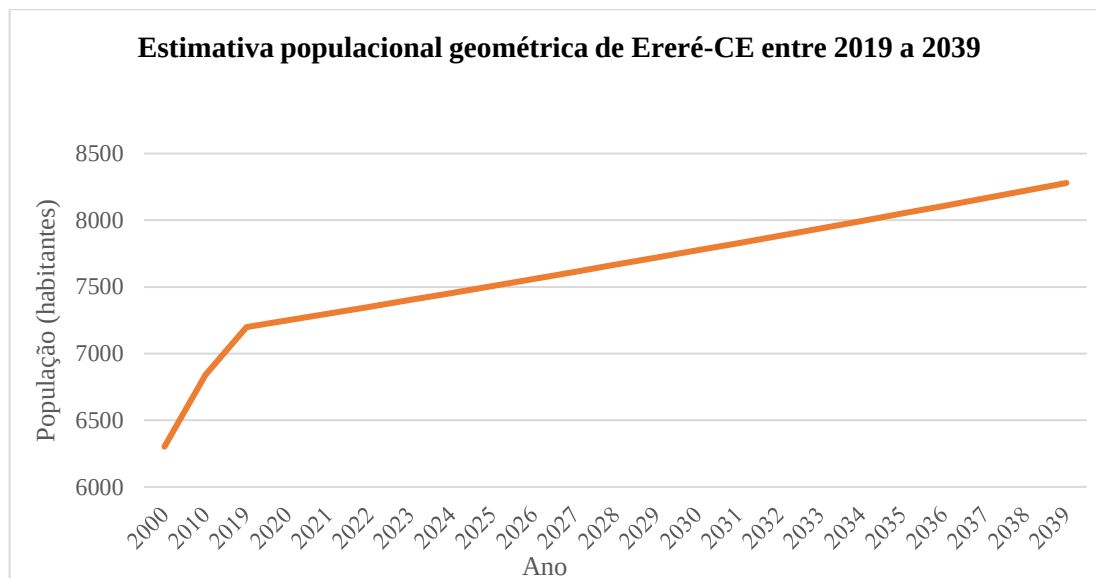
- Ação dos catadores de materiais recicláveis;
- População flutuante;
- Disposição do resíduo vítreo em local inapropriado;
- Uso do resíduo orgânico para alimentação animal (o qual é previamente segregado pelos pequenos proprietários);
- Resíduo oriundo de abatedouros é descartado de forma individual, não fazendo parte da coleta municipal;
- Logística reversa com parte dos resíduos hospitalares, sendo que parte ainda é enterrada em valas ou queimadas e;
- Resíduos da área comercial são previamente coletados pelos recicladores.

Estes fatores influenciam diretamente na proporção dos resíduos que vão para o vazadouro a céu aberto, e, portanto, na disposição final deste.

4.3. ESTIMATIVA POPULACIONAL

Para realizar a proposição dos três cenários, foi necessário inicialmente estimar a projeção populacional de 2019 a 2039 do município de Ereré-CE (Figura 15).

Figura 15: Estimativa populacional pelo método geométrico de Ereré-CE ente 2019 a 2039.



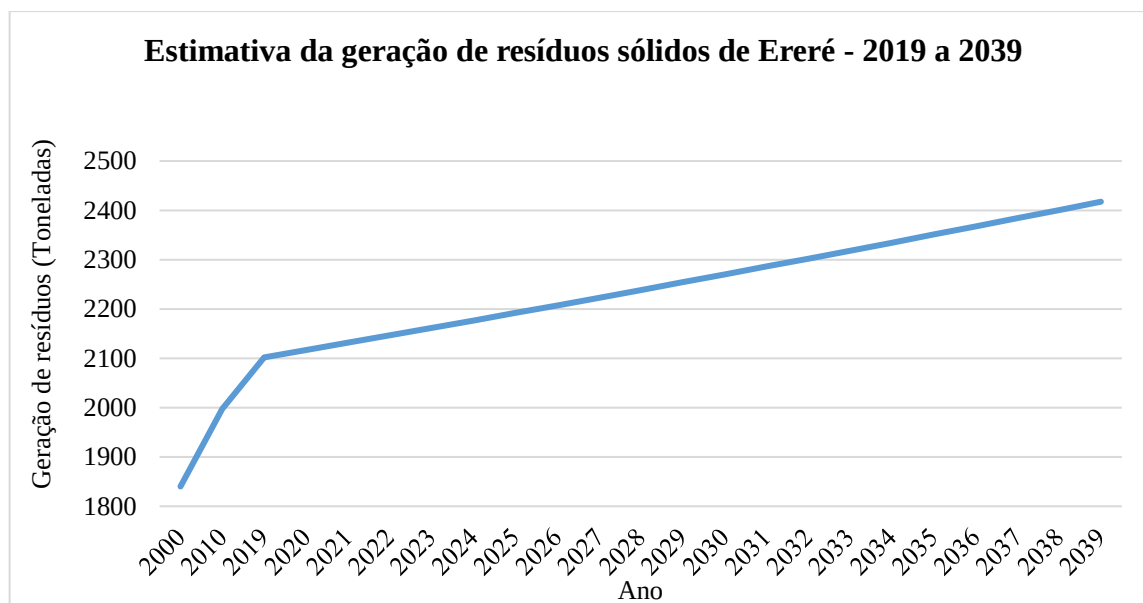
Fonte: Autor (2019).

A população estimada para o ano de 2019 de acordo com IBGE (2019) era de 7198 habitantes. Ao aplicar estimativa populacional pelo método geométrico (TSUTIYA, 2006), foi possível identificar que no decorrer dos 20 anos, há uma estimativa de aumento da população até o ano de 2039, com 8279 habitantes. Esse valor representa o acréscimo de 1.081 habitantes ao longo dos 20 anos de funcionamento do aterro sanitário.

4.4. ESTIMATIVA DE DE RSU

A geração de resíduos sólidos da cidade de Ereré/CE entre os anos de 2019 a 2039 foi calculada através da Equação 3 e utilizou-se o valor de geração per capita de 0,800 Kg/hab.dia estabelecido através da composição gravimétrica no município. A Figura 16 ilustra como será a projeção da geração de RSU frente o crescimento populacional.

Figura 16: Estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos de Ereré - 2019 a 2039



Fonte: Autor (2019).

Identifica-se um aumento da geração de resíduos sólidos em Ereré/CE. Em 2019 a geração será 2.101,82 toneladas por ano. O mesmo apresenta crescimento até o ano de 2039 com 2.417,50 toneladas, tendo o incremento de 15,784 toneladas por ano. Moraes (2018) ao realizar a estimativa de geração de RSU para a cidade de Pau dos Ferros- RN, observou um incremento de 68,2 toneladas ao ano, que representa 4 vezes o valor encontrado nesta pesquisa, porém justificada pelo número de habitantes, estimado em 30.394 (IBGE, 2019) e geração per capita de 2,48 kg/ hab.dia (LUNES 2017) serem superiores.

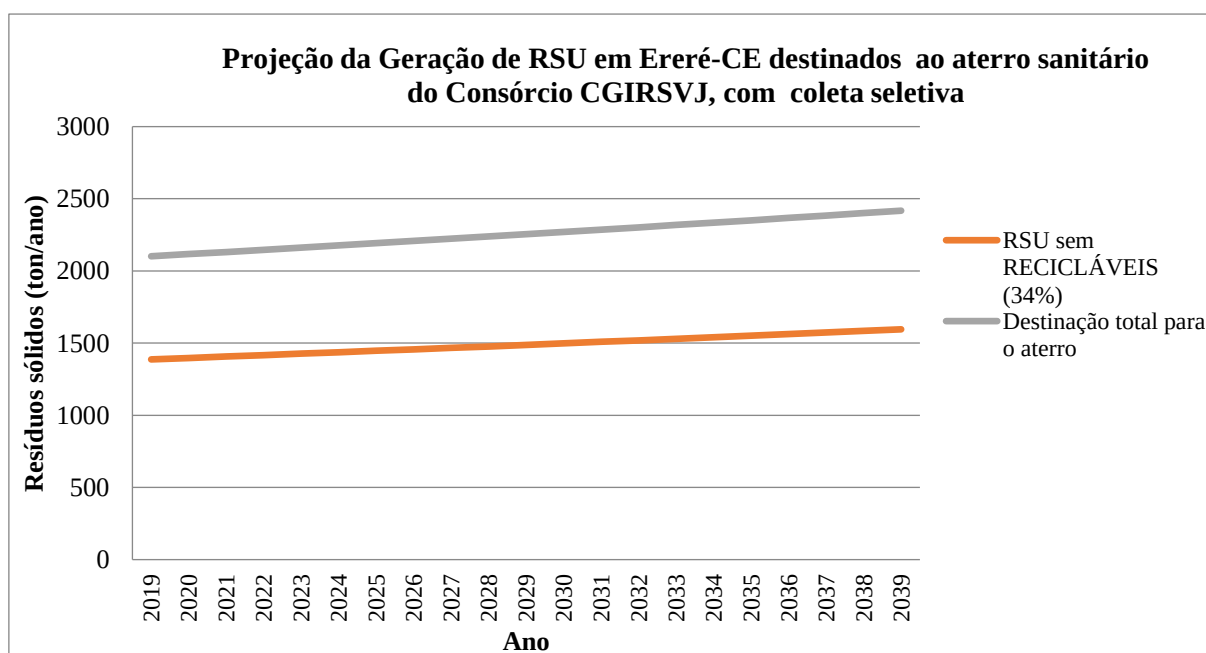
4.5. PROPOSIÇÃO DE CENÁRIOS

O método de proposição de cenários consiste em uma técnica disciplinada para se identificar possíveis futuros como parte do processo de planejamento estratégico (MELO et. al., 2009). Portanto, os cenários propostos neste trabalho podem ser um estudo norteador para o gerenciamento do RSU para a cidade de Ereré-CE, tendo em vista ser pioneiro a nível de detalhamento e levantamento de dados primários.

4.5.1. Cenário 1- Destinação para a coleta seletiva e aterro

O primeiro cenário considera que, através da coleta seletiva, os resíduos sólidos urbanos são destinados a uma CTR, onde, os recicláveis são recuperados para se reinserirem na cadeia produtiva. Os recicláveis desse estudo contribuem com 34 % de todo o resíduo deposto no vazadouro a céu aberto do município de Ereré/CE. Formam esse percentual a somatório de plásticos (incluindo PVC), papel e papelão, metal e vidro. Assim, a destinação para a coleta seletiva visando a reciclagem reduzirá o quantitativo de resíduos a serem aterrados em 34 %, restando 66 % a ser destinado para o aterro comum. A Figura 17 mostra como se comporta a projeção do RSU neste cenário.

Figura 17: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com coleta seletiva de recicláveis



Fonte: Autor (2019).

É perceptível que há uma discrepância acentuada quando se compara a tonelada anual de resíduos disposto com os recicláveis e sem estes. No primeiro ano, 714,61 toneladas de recicláveis são gerados, o que, se destinado para a CTR, contribuirá para o aumento da vida útil do aterro sanitário, bem como para a geração de lucro obtido pela venda deste material.

Melo *et al.*, (2009) ao reproduzirem um cenário em que não seriam destinados para o aterro 20 % dos recicláveis coletados na cidade de Curitiba- PR, observou que, ao comparar com o modelo “do nothing”, no qual o resíduo seria destinado em sua totalidade, as diferenças

seriam de: 534.890 toneladas geradas, 891.483 m³ de volume no aterro e R\$ 2.410.560,00 para o gerenciamento desses resíduos.

Neste sentido, iniciativas de coleta seletiva no município de Ereré são de suma importância para a destinação deste tipo de resíduos para a reciclagem. Granja (2011) afirma que a coleta seletiva é parte complementar e essencial de um projeto de reciclagem e, quando bem gerenciada, contribuirá decisivamente para aumentar sua eficácia. Os benefícios da reciclagem são elucidados pela CEMPRE (2010) ao afirmar que, 1 tonelada de papel reciclado evita o corte de 15 a 20 árvores, economiza 50 % de energia elétrica e 10 mil m³ de água.

De fato, a implantação da coleta seletiva nos municípios é um grande obstáculo, principalmente para os de pequeno porte. Na região nordeste, no ano de 2018, 816 municípios não apresentaram iniciativas de coleta seletiva (ABRELPE, 2019). Para que a coleta seletiva proporcione resultados satisfatórios, é necessário estimular a população através da educação ambiental, esclarecendo questões quanto à implantação e manutenção da coleta seletiva minimizando assim a geração, descarte de resíduos e impactos ambientais (ALKIMIM & RIBEIRO JUNIOR, 2017).

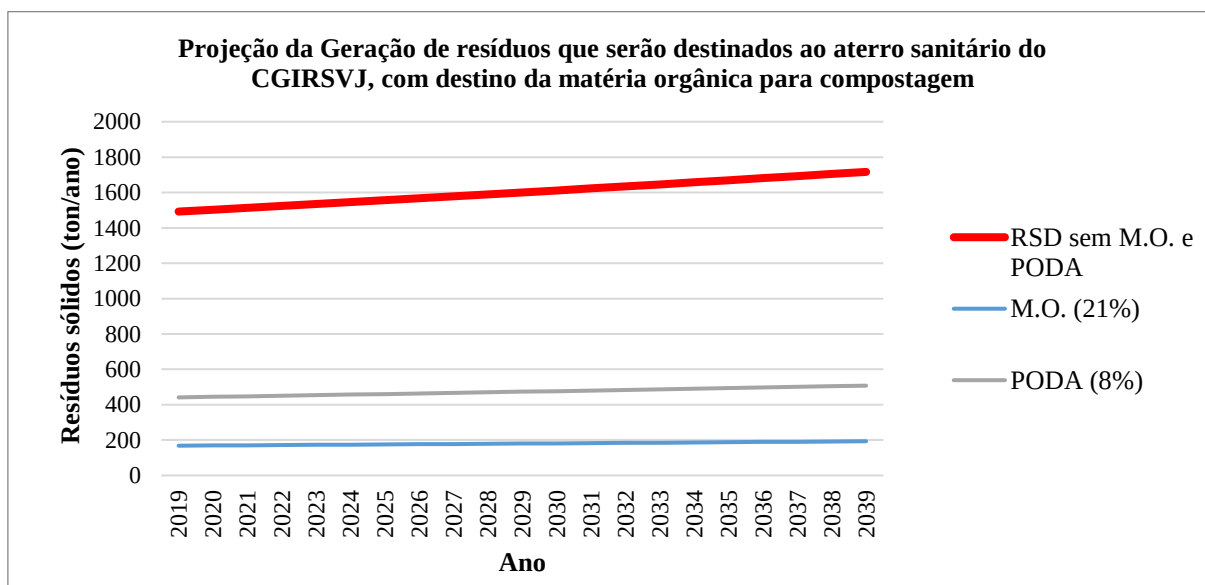
Dessa forma, analisando o aumento retilíneo dos materiais recicláveis ao longo de vinte anos em Ereré, tem-se que o fomento para a geração de renda e para a minimização de impactos ambientais poderão ser alcançados, caso estes recicláveis sejam destinados para a reciclagem. Para tanto, a administração municipal deverá inserir no sistema de manejo a coleta seletiva e uma via de tratamento, como a usina de reciclagem, que, embora possua custos associados para sua implantação e operação, acarretará na geração de emprego, economia nos custos de disposição final e redução do volume de inservíveis a serem aterrados nas células, aumentando a vida útil do aterro sanitário.

4.5.2. Cenário 2- Destinação para a compostagem e aterro

O segundo cenário considera que os resíduos orgânicos alimentares produzidos na cidade de Ereré-CE perpassem por uma CTR que segregam o material e o destina para a compostagem juntamente ao resíduo de poda. Assim, aumentará a vida útil do aterro, uma vez que, haverá a redução dos resíduos a serem aterrados.

Neste sentido, aproximadamente 29 % da totalidade de resíduos serão destinados para essa finalidade, restando 71 % de RSU a serem destinados para o aterro sanitário. Através da Figura 18 é possível observar como ocorre o crescimento de geração de resíduos sólidos urbanos para este cenário.

Figura 18: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com destino da matéria orgânica para compostagem



Fonte: Autor (2019).

Nota-se pela figura 18 que a redução na geração de resíduos sólidos é bastante expressiva quando comparado com os resultados obtidos para o cenário 02. Ainda assim, ao observar os valores do cenário 01, esta projeção mostra-se superior, isso pois, ainda serão destinados para o aterro os resíduos secos.

Nesta perspectiva, se considerarmos, por exemplo, a possível existência de um sistema de compostagem em Ereré, com o qual poderia haver uma redução de 29 % na quantidade de resíduos orgânicos enviadas ao aterro, até 2039 haveria uma redução de 701,08 toneladas geradas. Melo *et al.*, (2009) ao propor cenário semelhante a esse para Curitiba/PR, encontrou reduções significativas no quantitativo de resíduos orgânicos quando este era destinado 10 % para a compostagem.

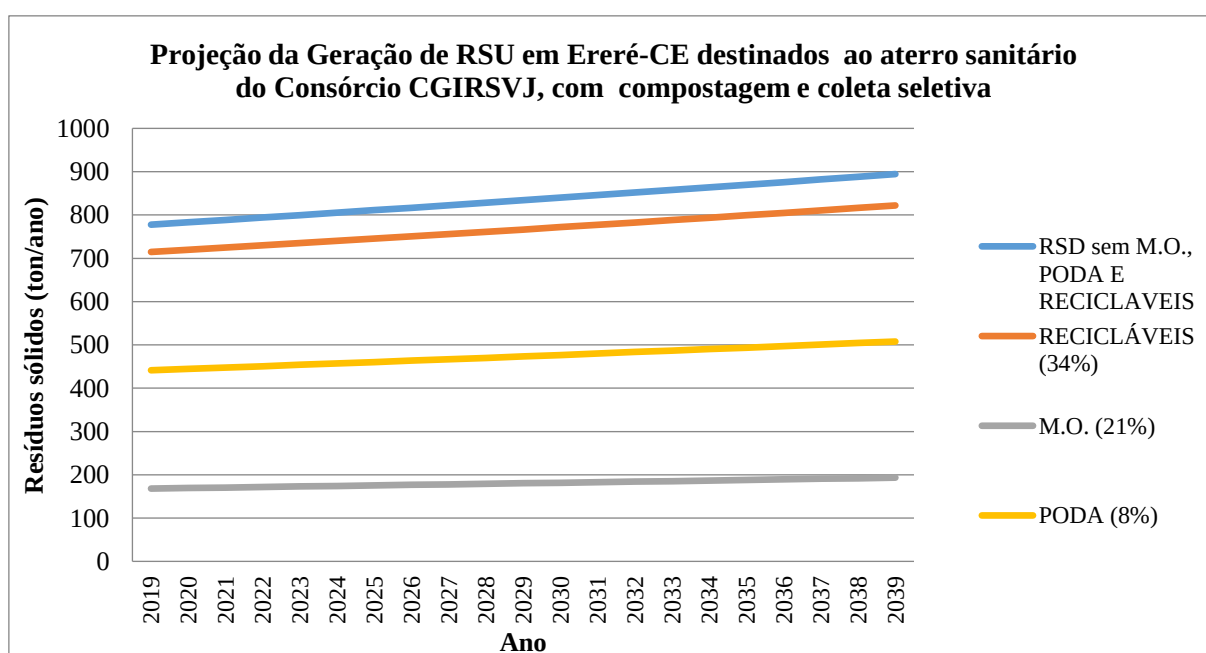
Quanto a formação de subprodutos, a destinação da fração orgânica para a compostagem contribuirá significativamente para a redução da geração biogás e do chorume. Morais (2018), ao realizar uma estimativa de produção de biogás para o município de Pau dos Ferros percebeu uma menor produção de metano e biogás com este cenário. A implantação de um sistema de compostagem traz benefícios ambientais, econômicos e sociais (GRANJA, 2011).

4.5.3. Cenário 3 - Destinação para a coleta seletiva, compostagem e aterro

O terceiro cenário considerou que os RSU's possuem uma coleta diferenciada, na qual, a segregação prévia nas residências colabora para a execução de ações de tratamento dos resíduos recicláveis e resíduos orgânicos que serão destinados para as CTRs. Considerou-se como resíduos orgânicos os resíduos de restos alimentares e podas. Assim, visto que as atividades no aterro iniciarão no ano de 2019 e os resíduos serão contabilizados em 2020, através do cálculo da estimativa de geração do RSU proposto para esse cenário foi possível contabilizar 796,91 ton./ano já no primeiro ano (Figura 19). Esse valor representa uma redução de 36 % no quantitativo de disposição de resíduos sólidos no aterro, contribuindo para um aumento da vida útil deste.

Melo et al., (2009) ilustraram uma possível situação em que, através de estratégias de intensificação da reciclagem e compostagem, seria possível reduzir as quantidades de resíduos orgânicos e de materiais recicláveis enviadas ao aterro sanitário em Curitiba/PR. Concluíram que, comparado ao cenário em que todo o resíduo seria disposto no aterro sanitário, em um período que corresponde a 12 anos de projeção, isto representaria uma redução de: 863.087 toneladas geradas, 1.438.478,61 m³ de volume no aterro, R\$ 3.889.679,00 para o gerenciamento na cidade de Curitiba-PR. A Figura 19 representa como essa redução é atribuída e baseado em quais tipos de resíduos.

Figura 19: Projeção da geração de RSU destinados ao aterro sanitário com compostagem e coleta seletiva.



Fonte: Autor (2019).

Os resíduos destinados para a compostagem poderão ser utilizados como fertilizantes para a agricultura. Segundo Peixoto *et.al.*, (2014) o composto gerado neste processo apresenta vantagem nutricional para as culturas já que auxilia no enriquecimento do solo.

Além disso, os materiais recicláveis são resíduos sólidos secos que podem ser aproveitados como matéria prima para produção de novo material e até mesmo de outros materiais que voltam para a mão do consumidor como produto, onde é necessário que esse tipo de resíduo sólido não esteja contaminado ou sujo para ser aproveitado (GRANJA, 2011).

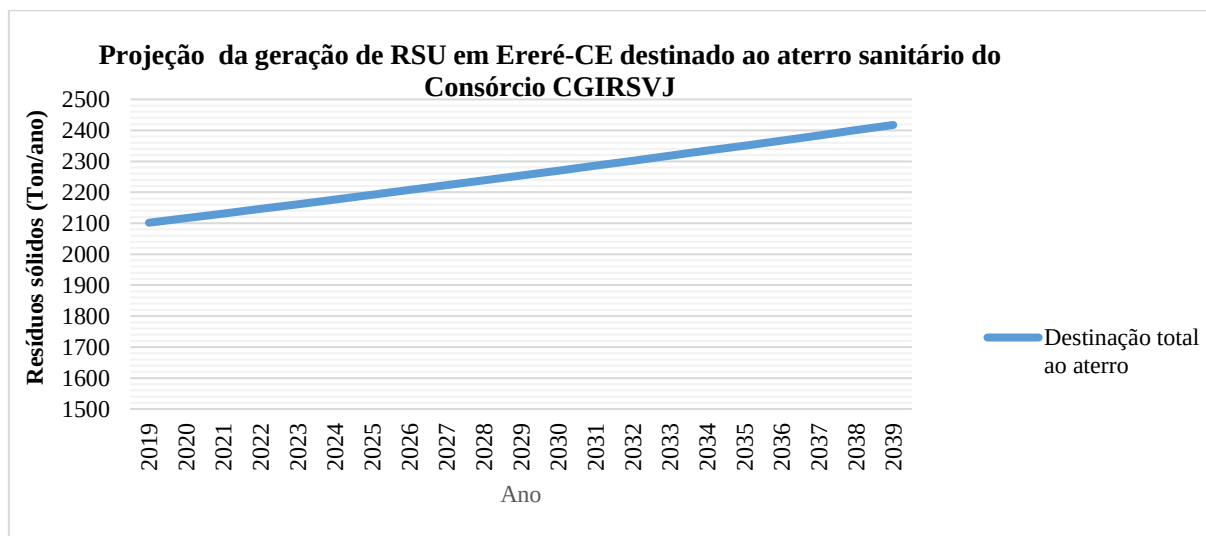
Em termos econômicos, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética- EPE (2008), a reciclagem do conjunto dos materiais, além de contribuir para a extensão da vida útil do aterro, evita a geração de energia elétrica consumida na produção do material reciclável. O potencial de conservação de energia elétrica estimado a partir da reciclagem de embalagens é bastante expressivo, podendo situar-se entre 0,66 kWh/kg e 2,97 kWh/kg de RSU (EPE, 2008).

Considerando que a prefeitura municipal participa do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe e paga pelo quilograma de resíduos sólidos aterrado, a coleta seletiva dos resíduos com destinação a centrais de tratamentos contribuirão para uma redução no valor a ser pago o que representa a diminuição importante nos gastos, caso todo o resíduo produzido fosse aterrado sem destinação ambientalmente correta.

4.5.4. Cenário 4- Destinação da totalidade de resíduos para o aterro sanitário

O último cenário considera que os RSU são coletados regularmente, sem nenhum tipo de segregação e tratamento, e são destinados para aterro sanitário em toda a sua totalidade. É possível identificar como se comporta o crescimento da geração de RSU na cidade de Ereré-CE, para este caso, observando a Figura 20.

Figura 20: Projeção da geração de RSU destinado ao aterro sanitário.



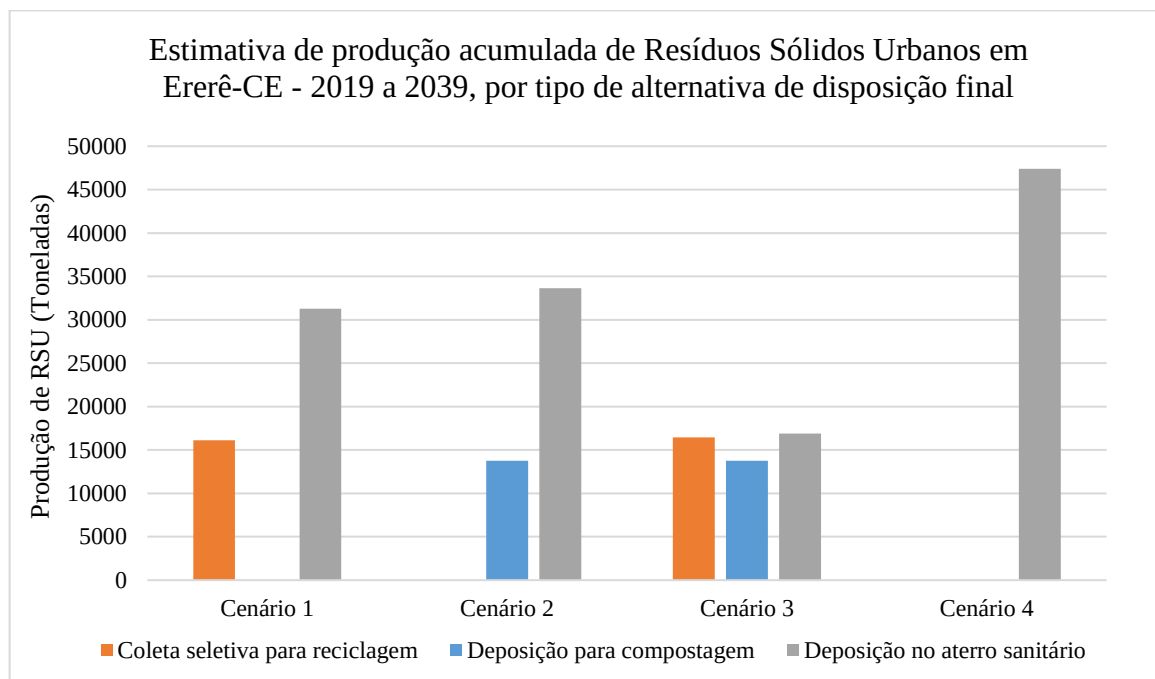
Fonte: Autor (2019).

De acordo com Figura 20, nota-se que há um crescimento retilíneo de geração de resíduos sólidos urbanos muito superior ao proposto nos cenários anteriores. A produção que no primeiro ano é de 2116,57 toneladas de resíduos cresce durante a vida útil do aterro, tendo a sua produção máxima no último ano de funcionamento com 2417,50 toneladas de resíduos sólidos. É um aumento que representa o acréscimo de 300 toneladas de RSU em 20 anos a serem despejadas no aterro sanitário.

Morais (2018) identificou que, em Pau dos Ferros/ RN, este cenário apresenta um maior potencial energético, isso pois, como os resíduos seriam destinados em sua totalidade ao aterro, devido à alta carga orgânica presente nos resíduos a serem aterrados, haveria uma maior produção e gás metano e um maior potencial energético. Porém, um fator negativo, é a demanda de maior área útil para o projeto, uma vez que, o volume ocuparia rapidamente as células de descarte.

Ao realizar uma interação entre os cenários propostos, é possível identificar de que maneira estes se diferenciam, conforme Figura 21. Observa-se que, no cenário 1 cuja a destinação do RSU é para a coleta seletiva e aterro sanitário que o quantitativo de resíduos recicláveis é muito expressivo. Este cenário impacta economicamente, uma vez que os materiais recicláveis possuem valor agregado e, portanto, é uma fonte de geração de renda.

Figura 21: Estimativa de produção acumulada de RSU em Ereré-CE - 2019 a 2039.



Fonte: Autor (2019).

No cenário 4 é possível identificar a elevada produção de resíduos, o que ocasionará aumento nos custos operacionais da administração municipal com a disposição final, além de reduzir o tempo de vida da célula. Já o cenário 3 mostra uma redução significativa na produção de RSU a ser aterrado, pois, os orgânicos e recicláveis serão destinados por meio da coleta seletiva para Centrais de Tratamento de Resíduos, sendo otimizado o descarte apenas para os rejeitos e materiais que não estejam passíveis de serem tratados. Embora seja oneroso tratar os resíduos, esta é uma alternativa que, a longo prazo, trará benefícios econômicos, sociais e ambientais.

4.6. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DOS DISPOSITIVOS A SEREM IMPLEMENTADOS POR CENÁRIO PROPOSTO

Para que a reciclagem seja viabilizada, é necessário que o município tenha um efetivo sistema de coleta seletiva implementado, de forma que os resíduos gerados nos domicílios e comércios, principalmente, possam ser reaproveitados. O aterro sanitário, o qual o município de Ereré-CE é consorciado, dispõe de uma projeção quanto a capacidade de cada célula. De acordo com o plano estão projetadas três trincheiras para atender a uma vida útil de 20 anos, sendo a primeira capaz de receber rejeitos por 10 anos (CGIRSVJ, 2018). A Tabela 3 mostra a capacidade por volume de cada trincheira.

Tabela 3: Capacidade volumétrica de cada célula do aterro sanitário

PROJETADO		
TRINCHEIRA 1	Cap: 2.155.207 m ³	1ª Etapa
TRINCHEIRA 2	Cap: 2.526.923 m ³	2ª Etapa
TRINCHEIRA 3	Cap: 2.811.361 m ³	3ª Etapa
Total		7.493.491 m ³

Fonte: CGIRSVJ (2018). Adaptado.

A viabilidade técnica quanto a capacidade de armazenamento pode ser definida no intuito de identificar o espaço ocupado durante a vida útil do aterro pelos RSU do município de Ereré-CE. Sabendo que a caçamba de 6 m³ coleta até 3 toneladas ao dia na cidade de Ereré, sendo esse total a soma de três rotas, então, é possível estimar o espaço ocupado na célula. A Tabela 4 mostra o volume ocupado por cada cenário até o último ano estimado.

Tabela 4: Viabilidade técnica de capacidade do aterro sanitário frente a disposição de Ereré-CE

CENÁRIOS	Volume gerado de 2019 a 2039 (m³)	Capacidade do Aterro Sanitário (m³)	Percentual do volume ocupado no aterro sanitário (%)
CENÁRIO 01	61.593,24	7.491.493,00	0,82
CENÁRIO 02	67.278,76	7.491.493,00	0,89
CENÁRIO 03	32.372,56	7.491.493,00	0,43
CENÁRIO 04	94.758,83	7.491.493,00	1,26

Fonte: Autor (2019).

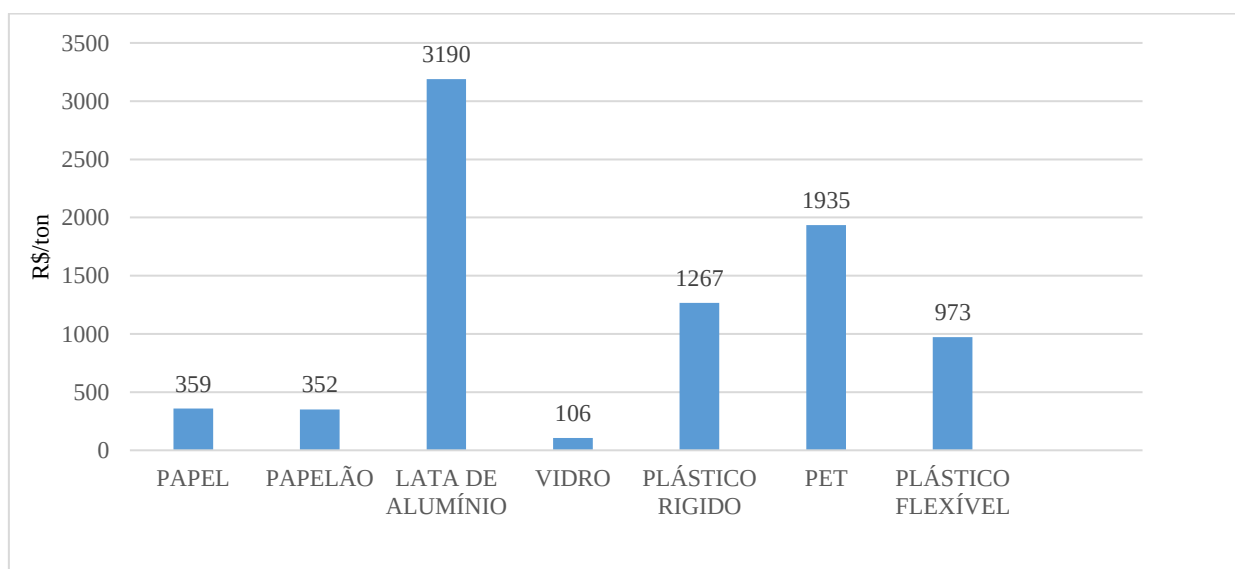
Nota-se que o volume de resíduos varia de acordo com o cenário, onde é perceptível uma redução expressiva no cenário 03, uma vez que, apenas 32.372,56 m³ serão ocupados pelos inservíveis gerados no município de Ereré, correspondente a somente 0,43% de toda a capacidade do aterro sanitário, logo é o que mais contribui para o aumento da vida útil do dispositivo (Tabela 4).

Vale ressaltar que o percentual de ocupação do volume do aterro contempla a projeção apenas do município de Ereré, sendo que o aterro do consórcio deve contemplar 13 municípios, o que poderá implicar, no caso de ações simultâneas de não segregação dos recicláveis, na redução da vida útil do dispositivo, tal como potenciais problemas econômicos quanto a manutenção de tal dispositivo.

Outro aspecto importante no que diz respeito aos resíduos sólidos é o valor agregado aos recicláveis no mercado, pois, a ação de catadores através de associações ou cooperativas constituem, além de um mecanismo de redução de disposição de RSU, uma fonte de renda para

estes, além da possibilidade de inserção socioeconômica. A Figura 22 mostra o preço médio da tonelada dos recicláveis em 10 municípios brasileiros, segundo dados do CEMPRE (2019), em que a lata de alumínio é o material reciclável com maior atribuição de valor econômico, sendo este 3190 R\$/ton.

Figura 22: Preço médio da tonelada dos recicláveis em 10 municípios do Brasil (R\$)



Fonte: CEMPRE (2019). Adaptado.

Dessa forma, determina-se o ganho total anual com a reciclagem de cada material coletado em Ereré-CE, multiplicando-se a quantidade de lixo gerada com o valor de mercado de cada material, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5: Valoração e quantidade média anual de lixo produzido em Ereré-CE.

TIPO DE RESÍDUO	QUANTIDADE (TON/ANO)	VALOR DA TONELADA EM REAIS (CEMPRE)	VALOR TOTAL R\$
PAPEL E PAPELÃO	1168,00	355,50	415.224,00
PLÁSTICO	2044,18	1391,66	2.844.553,04
VIDRO	0,18	106,00	19,40
ALUMÍNIO	0,07	3190,00	232,87
TOTAL			3.260.029,31

Fonte: Autor (2019); CEMPRE (2019).

O lucro total com a reciclagem dos resíduos em Ereré-CE seria de R\$ 3.260.029,31 por ano, R\$ 267.947,614 por mês, com um total de R\$ 8.931,58 por dia (Tabela 5). Paz et al. (2011) ao realizarem um estudo da valoração econômica dos resíduos sólidos domiciliares no

município de Recife/PE identificaram um ganho de R\$ 86.888.250 por ano com os recicláveis. Já Rodrigues et al. (2008) apontam em seu estudo, realizado na cidade de Maringá-PR, que a reciclagem de alumínio proporciona uma economia de, aproximadamente, 1.400 t de bauxita por ano, com a reciclagem de papéis, cerca de 147.000 árvores serão poupadas, e que, cerca de 2.200 barris seriam poupados com a reciclagem do plástico.

Neste sentido, a coleta seletiva contribui significativamente para o processo de reciclagem, pois, embora os custos da coleta seletiva são maiores que os da coleta convencional, os benefícios ambientais e sociais, inclusive pela oferta maior de emprego, tornam a reciclagem bastante viável (PAZ et. al., 2011).

5. CONCLUSÃO

O estudo permitiu identificar de que forma ocorre o atual gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, no que diz respeito a geração, coleta, destinação e disposição final destes, no município de Ereré-CE. Verificou-se que não há coleta seletiva, e que o resíduo sólido é depositado no vazadouro a céu aberto, fator que contribui para a tríplice poluição, na forma de lixiviados tóxicos e gases nocivos, que poluem e contaminam a água, solo e ar.

A composição gravimétrica elucidou que a maior fração de RSU lançada no aterro corresponde aos rejeitos (28,23 %) seguida de matéria orgânica (20,75 %) e plástico (19,04 %). O valor de orgânicos é justificado devido aos costumes locais em utilizar restos de alimentos na nutrição de suínos.

Na proposição de cenários foi possível analisar que o cenário 01 se mostrou muito favorável em uma perspectiva socioeconômica e ambiental. Isso pois, a coleta seletiva do material reciclável com destino a reciclagem viabiliza a geração de renda, o aumento da vida útil do aterro sanitário e a minimização da geração de subprodutos que contribuem para a tríplice poluição.

Já o cenário 2 que propôs compostagem e aterro apresentou reduções consideráveis ao destinar os orgânicos e podas para a compostagem. Uma vantagem desse tipo de tratamento é a possibilidade de formar um composto para auxiliar na nutrição do solo e contribuir para o desenvolvimento de culturas. É importante salientar a necessidade de realizar tais tratamentos dos RSU, visto que, atua de forma benéfica prevenindo a poluição do ar, da água e do solo.

O cenário 3 com adoção de coleta seletiva, compostagem e aterro sanitário foi o que apresentou maior redução de RSU, devido destinar somente os rejeitos para o aterro sanitário, o que gera um menor volume de resíduos a ocupar as trincheiras. Além disso, contribui para aumentar a vida útil do aterro, já que por meio da coleta seletiva os recicláveis e orgânicos serão destinados para centrais de tratamento e incorporados no meio, seja na cadeia produtiva, ou na agricultura.

Quanto ao cenário 4, com disposição total para aterro sanitário, o volume ocupado e a geração de resíduos são bastante expressivos. Tal fato, foi devido considerar que todos os resíduos serão destinados ao aterro em toda sua totalidade. Esse cenário de disposição tem como desvantagem maior área a ser utilizada e menor tempo de vida útil do aterro. Além disso, contribuirá para maior geração de subprodutos como o biogás e o chorume.

A viabilidade técnica do aterro mostrou que o cenário 3 é o que mais contribuirá para aumentar a vida útil do aterro, bem como reduzir a área a ser utilizada. Este cenário ainda

fomenta a geração de renda, já que, em termos econômicos, enterra-se cerca de R\$ 8.931,58 por dia se considerarmos os cenários 02 e 04, por exemplo. Portanto, é possível planejar a longo prazo a gestão de resíduos sólidos em Ereré/CE, definindo-se metas e as melhores formas de alcançá-las por meio da minimização na geração, coleta seletiva, reciclagem e compostagem.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos – Procedimento: **NBR 8419**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Informação e documentação compostagem: **NBR13591**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Classificação de Resíduos Sólidos: **NBR 10.004**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Coleta de Resíduos Sólidos: **NBR 13463**. Rio de Janeiro, 1995.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: ABRELPE, 2015.

ALKIMIN, D.V. & JUNIOR, L. U. R. Determinação da composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Lixão do Município de Maria da fé, estado de Minas Gerais. Caminhos de Geografia. Instituto de Geografia/UFU – Uberlândia. v. 18, n. 61, p. 65 – 82, 2017.

ALVARES C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 22: 711-728, 2013.

ANDRADE, R. M.; FERREIRA, J. A. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. Revista Eletrônica do Prodepa - REDE, v. 6, n. 1, p. 7-22, 2011.

AQUINO, Yara Caroline de. **Abordagem Integrada para Avaliação das Áreas de Aterros Comuns em Pereiro/Ce**. 2018. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2018.

Atlas Brasil. Ereré, 2013. Disponível em:http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/erere_ce. Acesso em 9 de outubro de 2019.

BERTO, Daniela da Silva. Subsídios para o gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de São João da Barra – RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes (RJ), v. 12, n. 1, p.111-130, 20 jul. 2018. Semestral. Disponível em: essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/10030/9137. Acesso em: 10 out. 2019.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos** ; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Proteger. Ministério do Meio Ambiente. **Etapas do Gerenciamento**. 2018. Disponível em: <<http://proteger.gov.br/rsu/etapas-do-gerenciamento>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

CEARÁ, Governo do Estado do. Secretaria de Meio Ambiente. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2015.

COLARES, G.S.; CORRÊA, L.B.; HERNANDES, J.C.; CERQUEIRA, V.S.; CORRÊA, E.K. Avaliação do programa de coleta seletiva de resíduos sólidos do Município de Pelotas-RS. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria v. 15, n.1, jan-abr. 2016, p.141-153. - DOI:10.5902/22361308

Compromisso Empresarial para Reciclagem- CEMPRE (2018). **Ciclosoft 2018**. Disponível em: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/9>. Acesso em: 21 jan. 2020.

Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE. (2019). **Review 2019**. São Paulo: CEMPRE.

Compromisso Empresarial para Reciclagem– CEMPRE (2019). **Mercado dos recicláveis 2019**: disponível em: <http://www.cempre.org.br/>

Compromisso Empresarial para Reciclagem- CEMPRE (2010) **Pesquisa Ciclosoft**. São Paulo. 2010. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 481 de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/> >. Acesso em: 18 jan. 2020.

Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Vale do Jaguaribe- CGIRS-VJ. **Plano Regionalizado de Coleta Seletiva Múltiplas do CGIRS-VJ**. Vale do Jaguaribe, 2018.

Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1dlxuUHiAMn_ZXcKkAEIf5O5zV4tqt4n/view. Acesso em: 10 out. 2019.

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T. C. F.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T. C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **Revista GEAMA**, v. 1, n. 2, p. 246-260, 2015.

DOLK H., VRIJHEID M., ARMSTRONG B., ABRAMSKY L., BIANCHI F., GARNE E., et al. Risk of congenital anomalies near hazardous-waste landfi ll sites in Europe: the EUROHAZCON study. **Lancet**. 1998;352(9126):423-7. DOI:10.1016/S0140-6736(98)01352-X

DUMMER T.J.B.; Adverse pregnant outcomes near landfi ll sites in Cumbria, Northwest, England, 1950-93. **Arch Environ Health**. 2003;58(11):692-8. DOI:10.3200/AEOH.58.11.692-698

ELLIOT P., RICHARDSON S., ABELLAN J.J., THOMSON A., HOUGH C., JARUP L., BRIGGS D.J.; Geographic Density of landfi ll sites and risk of congenital anomalies in England. **Occup Environ Med**. 2009;66(2):81-9. DOI:10.1136/oem.2007.038497

ERERÉ, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Urbano. **Plano Municipal de Educação Ambiental com foco na Gestão de Resíduos Sólidos**. Ereré, 2019.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA). **Nota Técnica DEN 06/08: Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS**. Ministério das Minas e Energia (MME)/Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Rio de Janeiro, Nov. 2008.

EUROSTAT - ENVIRONMENTAL DATA CENTRE ON WASTE. (2014a) Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/database>. Acesso em: 02 jul 2014.

FRACASSO, M.; DALEPIANE, R.; PORSCH, M.; PFULLER, E.; SILVA, R. Diagnóstico e prognóstico dos RSU para município de Sananduva/RS. **HOLOS**, Natal, v. 33, n. 4, p. 282-298, 2017.

FUNCEME. FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. 2019. Calendário das chuvas no Estado do Ceará. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/municipios/chuvas-diarias>. Acesso em: 21 jan. 2020.

GALDINO, S. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na coleta convencional de um município de pequeno porte. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v.20, n.1, p.01-08, 2016.

GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. **Waste Manag**, 2009.

GONÇALVES FERREIRA, R. IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO LIXÃO DA CIDADE DE CONDADO-PB. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S.l.], p. 142 -151, dez. 2017. ISSN 2236-4994. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/24004>. Acesso em: 24 jan. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5902/2236499424004>.

GOUVEIA, N., PRADO, R.R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Rev Saúde Pública**, 2010.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 17, n. 6, p. 1503-1510, Junho 2012 . Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>. Acesso em 21 jan. 2020

GRANJA, V. Proposta de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos com enfoque em Educação Ambiental para o Município de Tio Hugo RS. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

GROSSI, M. G. L.; VALENTE, J. P. S. Compostagem doméstica de lixo. São Paulo: FUNDACENTRO; Botucatu: UNESP, 2002. 39p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Ererê**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/erere/panorama>; Acesso em 25 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf. Acesso em: 21 jan. 2020.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: **IBAM**, 2001. 200 p.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Números 2016**. Fortaleza, 2017.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL: ERERÉ**. Fortaleza, 2006.

LUNES, Anderson Rodrigo da Silva. **Proposta de técnicas de recuperação de área degradada para o lixão de Pau dos Ferros/RN**. 2017. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2017.

MAZZAROTTO, Angelo Augusto Valles de Sá; SILVA, Rodrigo de Cássio da. Gestão da sustentabilidade urbana: leis, princípios e reflexões. Curitiba: **Intersaberes**, 2017.

MELO, Lucas Araújo de; SAUTTER, Klaus Dieter; JANISSEK, Paulo Roberto. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 551-558, Dez. 2009.

MORAIS, Larissa Nathane Lima de. **Estimativa de Produção de Biogás e Potencial Energético dos Resíduos Sólidos em Pau dos Ferros-RN**; Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.

NOVAKOWSKI, B.G ; PIOVEZANA, L. ; TRINDADE, V. . Consórcios intermunicipais para gestão de resíduos sólidos: estudo da viabilidade econômica no município de Formosa do Sul (SC). VIII Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional, Territórios , Redes e Desenvolvimento Regional. Santa Cruz do Sul/RS, 2017.

PAZ, D. H. F.; OLIVEIRA, B. M. C.; ARAÚJO, G. R. V; SILVA, R.C.P; EL-DEIR, S.G. Estudo da Valoração Econômica dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Recife/PE. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011, Londrina-PR. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011.

PEIXOTO, R. T. G. et al. Compostagem. In: BATISTA, M. A.; PAIVA, D. W.; MARCOLINO, A. (Org.). Solos para Todos: Perguntas e Respostas. Rio de Janeiro: Embrapa, 2014. p. 1-89.

PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem: Processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 2007. 81p.

RAMALHO, M. **Uma "fazenda de microrganismos" a favor da agricultura**. 2006. Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=743.2.7>>. Acesso em: 21 jan. 2020.

RIBEIRO, W. A. **Cooperação Federativa e a Lei de Consórcios Públicos**. – Brasília DF: Confederação Nacional de Municípios, 2007.

RODRIGUES, R. B.; GARUTTI, S.; D'OLIVEIRA, P. S. Estudo da viabilidade econômica da reciclagem de resíduos sólidos urbanos em Maringá, PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, 2008. p. 367-379.

RODRIGUES, L. G., FEITOSA, M. J. S. F., SILVA, G. F. L. Cooperativas de reciclagem de resíduos sólidos e seus benefícios socioambientais: um estudo na COOPECAMAREST em Serra Talhada – PE. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade - RMS**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 18-38, jan./abr. 2015.

SANTOS, Claudete dos; BISOGNIN, Ramiro Pereira; SOUZA, Eduardo Lorensi de; GUERRA, Divanilde; VASCONCELOS, Márlon de Castro. Perfil socioeconômico de catadores de materiais recicláveis do município de Três Passos-RS. *Revista Extensão em Foco*, [s.l.], n. 15, p.56-70, jan./jul. 2018

SANTOS FILHO E., SOUZA E., SILVA R., BARRETO H.H.C., INOMATA O.N.K., LEMES V.R.R., KUSSUMI T.A., ROCHA S.O.B.; Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. **Rev Saude Publica**, 2003. 37(4):515-22. DOI:10.1590/S0034- 89102003000400018

SENKO, A. BOVO, M. C. O consumo e sua relação com a produção de lixo: a questão de juranda (PR). O professor PDE e os desafios da escola pública Paranaense. 2012.

SIMONETTO, E. O. & BORENSTEIN, D. Gestão operacional da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos - abordagem utilizando um sistema de apoio à decisão. (v. 13, n. 3). São Carlos, set/dez, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000300008&script=sci_arttext. Acesso em: 21 jan. 2020.

SISSINO C.L.S., MOREIRA J.C.; Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cad Saude Publica**. 1996; 12(4):515-23. DOI:10.1590/ S0102-311X1996000400010.

SLU - Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Coleta Seletiva**, 2019. Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/o-que-e/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

SLU - Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Coleta Convencional**, 2019. Disponível em: <http://www.slu.df.gov.br/coleta-convencional/>. Acesso em: 21 jan. 2020.

SOARES, Fábio Veras; RIBAS, Rafael Perez; OSÓRIO, Rafael Guerreiro. Evaluating the Impact of Brazil's Bolsa Família: Cash Transfer Programs in Comparative Perspective. *Latin American Research Review*. Latin America Studies Association: v. 45, n. 2, p. 173-190, 2010.

SOUZA, G. C., & GUADAGNIN, M. R. Diagnóstico dos serviços de coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos domiciliares em município de pequeno porte: estudo de caso em Cocal do Sul-SC. *Anais do 3o Seminário Regional Sul de Resíduos Sólidos*, Caxias do Sul, RS, Brasil, 2009.

SOUZA, Erick Ferreira de. **Simulação Numérica da Dispersão Atmosférica de Resíduos Gasosos Provenientes do Aterro Comum de Bom Sucesso-PB**. 2018. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2018.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água. São Paulo**. Escola Politécnica da USP. 3a Edição, 2006.