



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE LICENCIATURA

AVALIAÇÃO DO ACTUAL SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO
MUNICÍPIO DE MAPUTO E DOS SEUS IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS

Autor:

António Ribeiro Júnior Ferrão

Supervisor:

Prof. Doutor Clemencio Nhamtumbo, Eng^o.

Cossupervisor:

Eng^o Michaque Dosse

Maputo, Maio de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE LICENCIATURA

AVALIAÇÃO DO ACTUAL SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE MAPUTO E DOS SEUS IMPACTOS
SOCIAIS E AMBIENTAIS

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente.

Autor:

António Ribeiro Júnior Ferrão

Supervisor:

Prof. Doutor Clemencio Nhamtumbo, Eng^o.

Cossupervisor:

Eng^o Michaque Dosse

Maputo, Maio de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____

Entregou no dia ____/____/20____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____ Intitulado: _____

Maputo, ____ de _____ de 20__

A Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, António Ferrão, declaro por minha honra que o trabalho apresentado em seguida foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nos documentos e referências citadas no mesmo.

Maputo, Maio de 2025

O Autor

(António Ferrão)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a mim mesmo,

pela resiliência demonstrada em cada batalha enfrentada, com a graça de Cristo, que me fortaleceu nos momentos mais difíceis. À minha criatividade, que abriu caminhos inovadores e sustentou meu progresso, permitindo-me sonhar e construir o futuro que vislumbro. Esta conquista é dedicada ao 'hustler' que existe em mim, aquele que esteve presente desde o primeiro dia e nunca se deixou desfalecer face as adversidades. Também dedico à minha empresa, *SoftsSands*, cuja missão de criar soluções ambientalmente sustentáveis no turismo e visa transformar o futuro em Moçambique. Que este seja apenas o começo de um legado que une trabalho árduo, responsabilidade ambiental e um compromisso firme com o progresso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela Sua infalível graça sobre a minha vida, por ter me guiado em cada desafio e aberto as portas do sucesso. Expresso também minha profunda gratidão aos meus pais, António e Louvouandou Ferrão, pelo apoio moral e financeiro incansável ao longo desta jornada académica. À minha avó Clementina Miambo (em memória), pelo amor incondicional e pela constante crença em mim, deixo meu eterno agradecimento.

Não posso deixar de mencionar meu cossupervisor, Michaque Dosse, por sua orientação e apoio na navegação das dificuldades do tema. A meu mentor, Elton Lipanga, expresso minha sincera gratidão por sua orientação ao longo deste caminho desafiador.

Aos meus tios- Loko & Marília, Roger, Nina Yengo, Nkoumba & Germaine Yengo, Paulino & Emiliene Tivane, pela motivação incansável e constante ambição de superar limites, por me ensinarem a importância da perseverança e por serem exemplos de resiliência e determinação.

Aos meus amigos e colegas de carteira - Chilton Manhique, Gelito Muqueio, Hélio Nhatumbo, Tome Maneno, Usna de Brito, Jéssica Langa, Hélio Matsinhe, Vanda Mucavel, Zubaida Esperança, Usna Nhancula, Gilvado Massunguine - agradeço pela companhia, pelo apoio mútuo e por compartilharem essa jornada comigo. Juntos, enfrentamos desafios e celebramos conquistas, e por isso sou imensamente grato.

O meu muito OBRIGADO

RESUMO

O trabalho aborda a problemática da gestão inadequada de resíduos sólidos no município de Maputo, evidenciando os impactos ambientais e sociais decorrentes do sistema atual. O objectivo geral foi avaliar o actual sistema de gestão de resíduos sólidos no município de maputo. A metodologia utilizada integrou revisão bibliográfica e análise prática. Foram realizadas visitas às entidades responsáveis pela GRS e observação direta de cada fase deste processo para coleta de dados. Para a discussão de resultados, foram inicialmente escolhidos indicadores de impacto ambiental e social, para servir como base para identificar e avaliar possíveis impactos ambientais e sociais em cada etapa do actual sistema de GRS. Com base nesses mesmos indicadores, foram também identificados os principais desafios enfrentados pelo sistema. Por fim, elaborou-se uma proposta de medidas para aprimoramento do sistema de gestão de resíduos sólidos, de modo a torná-lo mais eficiente e sustentável. Pode-se evidenciar que o actual sistema de gestão de resíduos sólidos é marcado por práticas inadequadas de GRS, como a ausência de contentores e veículos em boas condições e utilização de locais inadequados para disposição final. Os desafios enfrentados pelo sistema incluem falta de infraestrutura moderna e baixa conscientização pública. Os possíveis impactos ambientais resultantes da implementação do sistema actual de gestão de resíduos sólidos incluem a poluição do solo e das águas subterrâneas, emissão de gases de efeito estufa, riscos à saúde pública, mau cheiro, proliferação de pragas e condições insalubres nas áreas próximas aos locais de descarte. Diante desse cenário, propõem-se medidas para o aprimoramento do sistema, como: a separação dos resíduos na fonte; ampliação da coleta seletiva com infraestrutura apropriada; criação de centros de triagem, compostagem e reciclagem; desativação progressiva da lixeira de Hulene e sua substituição por aterros sanitários controlados; modernização da frota de coleta; promoção de campanhas contínuas de educação ambiental; e integração das cooperativas de catadores ao sistema formal. Essas ações visam tornar o sistema de GRS mais eficiente, sustentável e inclusivo.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Avaliação de Impactos ambientais e sociais e gestão sustentável.

ABSTRACT

The study addresses the issue of inadequate solid waste management in the municipality of Maputo, highlighting the environmental and social impacts resulting from the current system. The overall objective was to assess these impacts and propose strategies for their mitigation, considering more sustainable practices aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

The methodology used integrated a literature review and practical analysis. Visits were conducted to the entities responsible for solid waste management (SWM), along with direct observation of each phase of the process to collect data. For the discussion of results, environmental and social impact indicators were initially selected as a basis for identifying and assessing potential environmental and social impacts at each stage of the current SWM system. Based on these indicators, the main challenges faced by the system were also identified. Finally, a set of measures was proposed to improve the solid waste management system, making it more efficient and sustainable.

The results show that the current solid waste management system is characterized by inadequate practices, such as the lack of proper waste containers and well-maintained collection vehicles, as well as the use of unsuitable locations for final disposal. The challenges faced by the system include a lack of modern infrastructure and low public awareness. The potential environmental impacts of the current solid waste management system include soil and groundwater pollution, greenhouse gas emissions, public health risks, unpleasant odors, pest proliferation, and unsanitary conditions in areas near disposal sites.

KEYWORDS: Urban Solid Waste, Environmental and Social Impact Assessment, Sustainable Management.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	I
DEDICATÓRIA.....	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VIII
Capítulo I. Introdução	9
1.1. Introdução	9
1.2. Problemática	10
1.3. Hipóteses	10
1.4. Objectivos.....	11
1.4.1. Objectivo Geral	11
1.4.2. Objectivos Específicos.....	11
1.5. Metodologia.....	12
Capítulo II. Revisão Bibliográfica	13
2.1. Princípios Fundamentais sobre Resíduos Sólidos	13
2.2. Conceitos Básicos de Gestão de Resíduos Sólidos.....	15
2.2.1. Etapas de Gestão de Resíduos sólidos Urbanos	15
2.2.2. Desafios na Implementação de um Sistema Sustentável de Gestão de Resíduos	20
2.2.3. Impactos Ambientais e Sociais Associados à Gestão de Resíduos Sólidos ...	21
2.2.4. Boas Práticas na Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos.....	21

Capítulo III. Área de Estudo	22
3.1. Descrição da área	22
Capítulo IV. Apresentação e discussão de Resultados.....	24
4.1. Caracterização do Sistema de no município de Maputo	24
4.1.1. Geração de resíduos sólidos urbanos no município de Maputo	25
4.1.2. Composição dos resíduos sólidos urbanos no município de Maputo	26
4.1.3. Recolha dos resíduos sólidos no município de Maputo	28
4.2. Identificação dos impactos e desafios do sistema de gestão	31
4.3. Medidas de mitigação dos Impactos do sistema de gestão de resíduos sólidos do município de Maputo	34
4.4. Proposta de alternativas e estratégias de aprimoramento ao actual sistema de gestão de resíduos sólidos.....	36
Capitulo V. Conclusões e Recomendações	39
5.1. Conclusão	39
5.2. Recomendações	40
5.3. Limitações do trabalho	41
6. Referencias Bibliográficas	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma das etapas de GRS	15
Figura 2. Área de estudo	22
Figura 3. Fluxograma do sistema de gestão de RSU no município de Maputo.....	24
Figura 4. Recolha Porta-Porta.....	29
Figura 5. Acondicionamento no contentor - locais de concentração dos RS	29
Figura 6. Veículos compactadores (recolha no contentor)	30
Figura 7. Entradas e saídas do sistema de gestão de RSU no município de Maputo...	31
Figura 8. Sistema de gestão de RSU proposto	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das Características Físicas e Químicas dos Resíduos	14
Tabela 2. Tipos de Transportes usados na colecta de RSU	19
Tabela 3. Divisão municipal do município de Maputo	23
Tabela 4. Estimativas de Crescimento da produção de RSU entre 2017 – 2027 (toneladas/dia)	25
Tabela 5. Composição dos RSU na Cidade de Maputo	26
Tabela 6. Resumo de dados básicos para os diferentes tipos de remoção de RSU	27
Tabela 7. Impactos sociais e ambientais do sistema de gestão de resíduos sólidos....	32
Tabela 8. Medidas de melhoria dos desafios do sistema de gestão de RSU para o município de Maputo	34
Tabela 9. Descrição de cada etapa do sistema de gestão de resíduos urbanos proposto para o município de Maputo	38

LISTA DE ABREVIATURAS

DMSC – Direção Municipal de Salubridade e Cemitérios

GRS – Gestão de Resíduos Sólidos

ODS – Objectivos do Desenvolvimento Sustentável

PNRS – Políticas Nacional de Resíduos Sólidos

RS – Resíduos Sólidos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

AGR – Avaliação e Gestão de Risco

SGR – Sistema de Gestão de Resíduos

Capítulo I. Introdução

1.1. Introdução

A gestão de resíduos sólidos em áreas urbanas representa um desafio crescente, especialmente em cidades onde o crescimento populacional e a industrialização têm impactado significativamente o meio ambiente (Sieben, 2018) .

Em Maputo, a produção crescente de resíduos, associada ao rápido aumento populacional e à urbanização desordenada, tem agravado problemas ambientais, sociais e econômicos (Cardoso, 2023). O actual sistema de gestão de resíduos apresenta sérias limitações, refletidas na coleta insuficiente, na ausência de infraestrutura moderna para tratamento e falta de locais de descarte adequados, como a lixeira de Hulene. Essas práticas têm gerado impactos negativos significativos, como poluição do solo e das águas subterrâneas, emissão de gases de efeito estufa e riscos à saúde pública.

A lixeira de Hulene, em particular, representa o maior desafio na gestão de resíduos sólidos em Maputo. Operando como principal local de descarte por décadas, a área tem sido alvo de críticas devido às suas condições precárias e aos efeitos nocivos nas comunidades próximas (Assane, 2021). Além dos riscos ambientais, os moradores enfrentam sérios problemas de saúde relacionados à exposição contínua a resíduos e ao ar contaminado. Essas condições comprometem a qualidade de vida e agravam as desigualdades sociais, visto que muitas famílias dependem da coleta informal de materiais recicláveis para sua subsistência, em um ambiente de trabalho insalubre e perigoso (Langa, 2019).

A ausência de sistemas organizados de reciclagem e reaproveitamento de materiais impede que resíduos sejam transformados em recursos, como energia ou matéria-prima reutilizável. Essa situação reflete a necessidade urgente de modernizar o sistema de gestão de resíduos em Maputo, alinhando-o a práticas mais sustentáveis e economicamente viáveis.

1.2. Problemática

A gestão de resíduos sólidos no município de Maputo enfrenta sérias limitações que comprometem a qualidade ambiental e a qualidade de vida da população. O crescimento populacional e urbano tem resultado em um aumento significativo na geração de resíduos, superando a capacidade dos sistemas de coleta, tratamento e descarte, o que tem agravado problemas como a poluição do solo, da água e do ar, além de impactos na saúde pública (Langa, 2019). O sistema actual apresenta fragilidades como a baixa eficiência na coleta, a falta de infraestrutura adequada para tratamento e reciclagem, e a exclusão de recolhedores de materiais recicláveis do sistema formal. Essas limitações resultam em práticas inadequadas de gestão de resíduos, ampliando os impactos ambientais negativos e comprometendo a sustentabilidade da cidade.

Diante desse cenário, é essencial investigar as falhas do sistema de gestão de resíduos sólidos em Maputo, identificar os impactos ambientais e sociais associados e propor medidas concretas para sua melhoria. Por meio da realização deste estudo, pretende-se contribuir com recomendações concretas que possam ser utilizadas pelas autoridades municipais e outros intervenientes para implementar políticas mais eficientes e estratégias inovadoras que visem a melhoria do sistema de GRS em Maputo. A relevância deste trabalho está na necessidade de aprimorar a gestão de resíduos sólidos, promovendo práticas sustentáveis que mitiguem impactos ambientais e melhorem a saúde pública, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 11 (ONU, 2015).

1.3. Hipóteses

A realização deste trabalho aparece como forma de responder e dar soluções face ao problema apresentado, e nesse âmbito são propostas as seguintes hipóteses:

H (0) – O actual sistema de gestão de resíduos sólidos no município de Maputo causa impactos ambientais e sociais significativos.

H (1) – O actual sistema de gestão de resíduos sólidos no município de Maputo não causa impactos ambientais e sociais significativos.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo Geral

Avaliar o actual sistema de gestão de resíduos sólidos no município de Maputo

1.4.2. Objectivos Específicos

- Caracterizar o sistema de gestão de resíduos sólidos actualmente implementado no município de Maputo;
- Identificar impactos ambientais resultantes da implementação do sistema actual de gestão de resíduos sólidos;
- Identificar os desafios enfrentados na implementação e operação do actual sistema de gestão de resíduos sólidos; e
- Propor alternativas e estratégias de aprimoramento ao actual sistema de gestão de resíduos sólidos.

1.5. Metodologia

Para alcançar os objectivos do presente estudo foi adoptado uma abordagem metodológica combinada, Foi desta forma possível integrar métodos qualitativos e quantitativos para proporcionar uma melhor compreensão dos impactos que o actual sistema de gestão de resíduos sólidos tem no município de Maputo, sendo que esta abordagem permite ao pesquisador explorar com profundidade o objecto estudado. Para esta abordagem, combinada, foi integrada a pesquisa bibliográfica e análise pratica. As fases para a execução deste trabalho foram divididas em quatro partes principais, nomeadamente:

- **Revisão Bibliográfica** – Foi realizado um levantamento bibliográfico para obter informações sobre o local em estudo a partir de publicações de diversos autores, utilizando artigos disponíveis na internet, manuais, revistas científicas e trabalhos na área de conhecimento discutida.
- **Recolha de dados** – Esta fase incluiu visitas às entidades responsáveis pela gestão de resíduos sólidos (GRS) para recolha de informações relevantes ao tema, como a quantidade de resíduos sólidos (RS) gerados, coletados, tratados e/ou depositados, além de permitir a compreensão do funcionamento do sistema de GRS no Município de Maputo. Também foram realizadas observações diretas das atividades relacionadas à gestão de resíduos, abrangendo cada etapa do processo. Para complementar a análise, conversou-se com trabalhadores envolvidos nas diferentes fases da GRS, com o objetivo de clarificar e obter explicações detalhadas sobre o funcionamento de cada etapa do sistema.
- **Tratamento, análise e discussão de resultados** – Esta fase consistiu em relacionar as fragilidades do SGR no Município de Maputo com indicadores de impactos ambientais e sociais. Esta fase também consistiu em sugerir soluções para melhorar o Sistema de Gestão de Resíduos (SGR) no Município de Maputo e mitigar impactos ambientais e sociais negativos decorrentes do actual SGR.
- **Redação do relatório final de Trabalho de Licenciatura.**

Capítulo II. Revisão Bibliográfica

2.1. Princípios Fundamentais sobre Resíduos Sólidos

Resíduos sólidos são substâncias ou materiais descartados após o uso, resultantes das atividades humanas, como a produção de bens, o consumo de alimentos e serviços, e as operações industriais. Os RS podem ser classificados quanto à periculosidade e origem, caracterizados quanto às propriedades físicas, químicas e biológicas (Nascimento, 2021).

1. **Resíduos Domiciliares** – Oriundos de actividades doméstica;
2. **Resíduos de Limpeza Urbana** – Oriundos de limpezas de vias públicas e outros serviços de limpezas urbana;
3. **Resíduos Urbanos** – Engloba o resíduos Domiciliares e de Limpeza Urbana;
4. **Resíduos Industriais** – Proveniente da actividade Industrial
5. **Resíduos Hospitalares** – Engloba resíduos produzidos em Hospitais/clinicas e unidades sanitárias

Os resíduos sólidos podem ser caracterizados de acordo com as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Tais características podem influenciar directamente nas etapas de gestão dos resíduos sólidos urbano. Abaixo, são apresentadas as principais características físicas e químicas dos RS (Tavares, 2014).

Físicos - Geração percapita (kg/hab/dia), Composição gravimétrica (%), Massa específica aparente (kg/m^3) e Teor de umidade (%)

Químicos - Relação Carbono/ Nitrogênio (C/N), Poder Calorífico (kcal/kg), pH e Composição química.

Na Tabela 1, são apresentadas as principais características físicas e químicas, bem como a importância da análise de cada uma no gerenciamento dos resíduos.

Tabela 1. Descrição das Características Físicas e Químicas dos Resíduos (Silva, 2015)

	Características	Descrição	Importância
Físicos	Geração per capita	Informa a quantidade diária de resíduos gerados por habitante.	Fundamental para projectar a quantidade de resíduos a coletar e a dispor, e, para dimensionar as unidades que compõem o sistema de limpeza.
Físicos	Teor de Humidade	Representa o percentual (em massa) de água em uma amostra de resíduo sólido.	Influencia diretamente na velocidade de degradação aeróbia ou anaeróbia. As condições meteorológicas influenciam neste parâmetro em que a chuva acarreta o acréscimo em massa.
Físicos	Composição Gravimétrica	Traduz o percentual de cada componente em relação à massa total da amostra de resíduo analisado.	Indica a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis (papel, plásticos, vidros, entre outros) para comercialização e para a compostagem.
Físicos	Massa Específica	Relação entre a massa do resíduo solto, não compactado, em relação ao volume que ocupa.	Utilizada para o dimensionamento de equipamentos, veículos de coleta e projetos de aterro sanitário.
Físicos	Compressividade	Grau de compactação ou redução de volume que uma massa de resíduo sofre sob pressão.	Utilizada para o dimensionamento de equipamentos, veículos de coleta e para a vida útil do aterro sanitário.
Químicos	Relação Carbono/Nitrogénio	Indica o grau de decomposição de determinada massa de resíduos.	Auxilia a estabelecer a qualidade do composto produzido.
Químicos	Poder Calorífico	Indica a energia (calor) que uma massa de resíduos irá desprender ao ser submetida a um processo térmico.	Influencia no dimensionamento das instalações de deposição final e reaproveitamento energético (incineração, pirólise, outros).
Químicos	pH	Indica o teor de acidez, neutralidade ou alcalinidade do ambiente da massa de resíduos.	Influencia nas espécies de microrganismos do ambiente e na definição do tipo de tratamento.
Químicos	Composição Química	Determina os teores de cinzas, matéria orgânica, C, N, K, Ca, P, resíduo mineral e gorduras.	Ajuda a indicar a forma de tratamento dos resíduos, principalmente para os processos biológicos.

2.2. Conceitos Básicos de Gestão de Resíduos Sólidos

A GRS refere-se ao conjunto de atividades e práticas utilizadas para coletar, transportar, tratar e dispor de resíduos, com o objetivo de minimizar seus impactos ambientais e promover a sustentabilidade (Lopes, 2006).

O sistema de gestão de resíduos deve ser integrado, considerando a redução, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos. Além disso, a gestão de resíduos sólidos envolve a participação de diversos atores, incluindo governos, empresas e a comunidade (Pimentel, 2017). A Avaliação e Gestão de Risco (AGR) é essencial para a preservação da saúde pública e a proteção do meio ambiente. A implementação de sistemas eficientes de GRS também deve estar alinhada às diretrizes e regulamentações ambientais Nacionais e Internacionais.

2.2.1. Etapas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

Para gerir os resíduos sólidos urbanos deve-se prever as fases nas quais o resíduo passará desde a sua origem, ou seja, sua geração até a disposição final, conforme ilustrado na figura abaixo (figura 1).

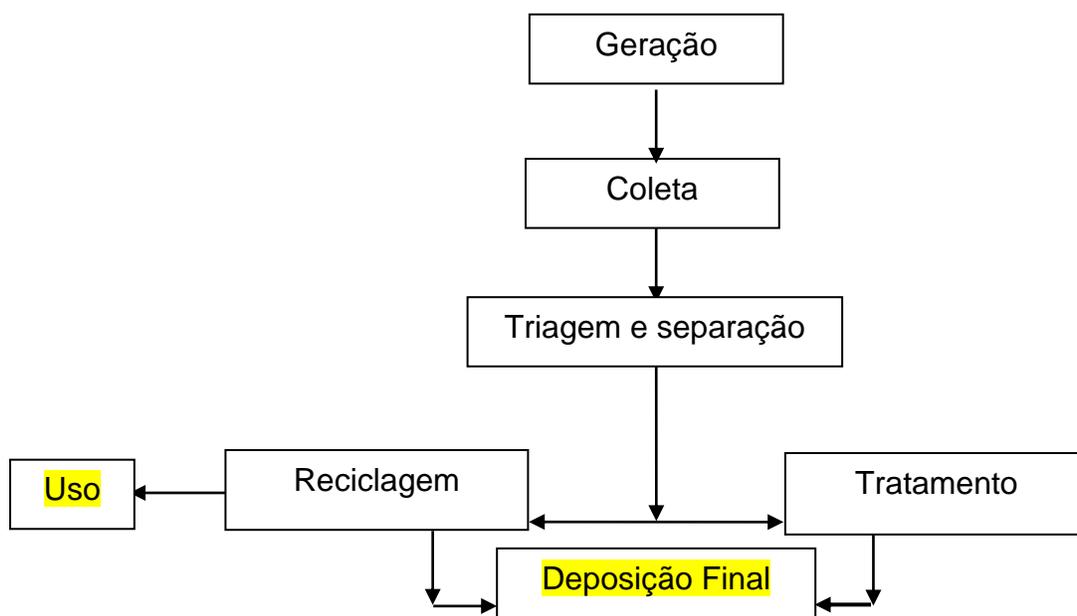


Figura 1. Fluxograma das etapas de GRS (Adriana, 2013)

As ações operacionais incluem os processos de coleta a partir de diferentes fontes onde os resíduos são gerados, o transporte, o tratamento ou processamento e a deposição final. Os procedimentos em cada etapa devem ser integrados para monitorar e controlar as operações.

Nos municípios, as ações podem ser executadas diretamente pelo poder público ou delegadas a empresas por meio de concessão, terceirização ou em consórcio.

A. Geração

É o ponto inicial do ciclo de vida dos resíduos em uma cidade, e envolve a produção de resíduos resultantes das atividades humanas em ambientes domésticos, comerciais, institucionais e industriais (Silva, 2015). Essa fase é essencial para a gestão de resíduos, pois define o volume, a composição e as características dos resíduos que precisarão ser coletados, tratados e dispostos adequadamente.

- Fontes de Geração de Resíduos

Os resíduos sólidos urbanos têm várias fontes, cada uma contribuindo com diferentes tipos e volumes de resíduos (Nascimento, 2021):

- **Residências** – Os resíduos domésticos incluem restos de alimentos, embalagens de plástico, papel, metal, vidro, têxteis, resíduos orgânicos, entre outros;
- **Comércios** – Mercados, lojas e outros estabelecimentos comerciais geram embalagens, papelão, plásticos e, em alguns casos, resíduos alimentares;
- **Instituições** – Escolas, hospitais, escritórios e outros locais geram resíduos semelhantes aos domésticos, com a adição de resíduos específicos, como papel de escritório e materiais médicos;
- **Indústrias de pequena escala** – Produzem resíduos variados, que podem incluir resíduos de embalagens, sobras de matéria-prima e resíduos perigosos, dependendo do tipo de indústria; e
- **Construção Civil** – Gera resíduos volumosos, como concreto, metais e madeira, além de plásticos e outros materiais de construção.

- Fontes que influenciam a geração de resíduos

A quantidade e a natureza dos resíduos gerados estão diretamente ligadas a uma série de factores, como (Adriana, 2013):

- Densidade populacional – Áreas densamente povoadas geralmente produzem mais resíduos, tanto em volume quanto em diversidade;
- Padrões de consumo – O nível de desenvolvimento econômico e os hábitos de consumo da população influenciam o tipo e a quantidade de resíduos gerados. Regiões mais industrializadas tendem a gerar mais resíduos embalados e inorgânicos;
- Estação do ano – Durante algumas épocas do ano, como festas e períodos de colheita, a geração de resíduos pode aumentar significativamente; e
- Iniciativas de conscientização e reciclagem – Campanhas de redução de resíduos e programas de reciclagem podem diminuir o volume de resíduos enviados para aterros ou incineradores.

B. Colecta

A segunda etapa da gestão de resíduos sólidos urbanos é a coleta, que consiste na recolha dos resíduos gerados pela população nas residências, comércio e outras fontes. Esse processo visa retirar os resíduos dos locais de geração e encaminhá-los para destinação adequada (Tavares, 2014).

Os serviços de colecta de resíduos são classificados da seguinte forma:

- **Colecta regular** - Executada por processo convencional ou alternativo, com periodicidade definida, atingindo o maior universo possível, domicílio por domicílio;
- **Colecta extraordinária** - Executada espontaneamente, a critério do órgão público de limpeza urbana;
- **Colecta especial** - Executada para atender os casos de resíduos especiais, como os dos resíduos de serviço de saúde; e
- **Colecta selectiva** - Executada para a remoção distinta dos resíduos recicláveis, que pode ser realizada de porta em porta ou de forma espontânea

C. Triagem e separação de resíduos

Após a coleta, os resíduos podem ser levados para centros de triagem, onde são separados de acordo com sua natureza, como plástico, papel, vidro, metal e orgânicos. A separação adequada facilita o processo de reciclagem e tratamento dos resíduos (Tavares, 2014).

D. Reciclagem

A etapa de reciclagem envolve o processamento dos resíduos para transformá-los em novos produtos ou matérias-primas. Materiais como papel, plástico, vidro e metal são reciclados para reduzir a demanda por recursos naturais e minimizar a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários.

E. Tratamento

Alguns resíduos sólidos urbanos necessitam de tratamento específico para reduzir seu potencial poluente. Isso pode envolver processos como compostagem de resíduos orgânicos para produção de adubo, tratamento de resíduos químicos perigosos e incineração controlada (Albuquerque, 2017).

F. Transporte

A fase de transporte consiste no transporte dos resíduos por meio de diferentes modais, tais como caminhões coletores, caminhões compactadores, entre outros meios de transporte, sendo a etapa responsável por deslocar os resíduos durante as demais fases do processo. A tabela a seguir, ilustra os tipos de transportes usados na coleta de RSU (Lopes, 2006).

Tabela 2. Tipos de Transportes usados na colecta de RSU (Pereira, 2018)

Tipo de Transporte	Vantagens	Desvantagens
Tracção animal	Custo baixo	Requer pastos Pouco higiénico Lento
Tracção Humana	Custo baixo	Lento Remove pequenas quantidades de RS
Triciclos	Custo baixo Circula em vias estreitas	Lento Remove volumes reduzidos
Trator	Circula em vias precárias Coleta volumes grandes e pesados	Relativamente lento Remove volumes reduzidos Espalha resíduos ao longo da via
Camião basculante	Rápido Relativamente fácil manutenção	Espalha resíduos ao longo da via
Camião compactador	Colecta grande quantidade de RS Seguro e higiénico	Os RS devem ser de baixa densidade

G. Deposição Final

A etapa final da gestão de resíduos sólidos urbanos é o destino final dos resíduos que não puderam ser reciclados ou tratados. Os resíduos remanescentes são encaminhados para aterros sanitários, onde são adequadamente dispostos e monitorados para evitar a contaminação do solo e da água subterrânea (Oliveira, 2019).

2.2.2. Desafios na Implementação de um Sistema Sustentável de Gestão de Resíduos

A implementação de um sistema eficiente de gestão de resíduos sólidos apresenta uma série de desafios, especialmente em cidades urbanas em desenvolvimento. Estes desafios podem ser agrupados em diversas áreas, como infraestrutura, conscientização pública, gestão institucional, e políticas públicas.

A) Falta de Infraestrutura Adequada

Os sistemas de coleta e tratamento de resíduos são inadequados para lidar com o volume crescente de resíduos gerados pelas populações urbanas. A falta de capacidade de tratamento (como incineradores ou unidades de reciclagem e unidades de compostagem) também limita a possibilidade de reaproveitamento de resíduos, gerando um alto impacto ambiental.

B) Baixo Nível de Conscientização e Participação Pública

A falta de conscientização pública sobre os benefícios da gestão adequada de resíduos é outro desafio significativo. Muitas vezes, a população não entende a importância da coleta seletiva, do reaproveitamento de materiais e do descarte adequado. A educação ambiental e a promoção de hábitos sustentáveis são essenciais, mas frequentemente estão ausentes ou são insuficientes.

C) Custos e Financiamento

A implementação de sistemas eficazes de gestão de resíduos exige grandes investimentos financeiros, tanto em infraestrutura quanto em educação e conscientização pública. Os custos de construção e manutenção de aterros sanitários, usinas de compostagem, instalações de reciclagem e unidades de incineração são elevados, o que dificulta a alocação de recursos. A falta de financiamento adequado, aliado à limitação de recursos orçamentários nos municípios, prejudica a criação de soluções eficazes de longo prazo.

2.2.3. Impactos Ambientais e Sociais Associados à Gestão de Resíduos Sólidos

A gestão inadequada de resíduos sólidos provoca sérios impactos ambientais, como poluição do solo, água e ar, podendo-se desta forma dizer que afecta todos os ecossistemas. Do ponto de vista de impactos social, a gestão inadequada tem reflexão principalmente sobre as comunidades vulneráveis, situadas em áreas periféricas ou informais, expondo-as a doenças respiratórias, dermatológicas e infecciosas.

2.2.4. Boas Práticas na Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos

Diversos países têm implementado práticas sustentáveis de gestão de resíduos sólidos. As melhores práticas incluem a coleta seletiva eficiente, a implementação de programas de reciclagem e a compostagem de resíduos orgânicos (Arantes, 2022). Além disso, a economia circular vem sendo cada vez mais adotada como modelo para a gestão de resíduos, permitindo que materiais sejam reutilizados, reciclados ou transformados em novos produtos, minimizando a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários.

Capítulo III. Área de Estudo

3.1. Descrição da área

Maputo é a capital de Moçambique, localizada na parte sul do país, na costa do Oceano Índico, está situada entre as coordenadas de latitude são 25.9655° S, e longitude 32.5832° E.

De acordo com o censo de 2017, a população da cidade era de aproximadamente 1.088.449 habitantes.



Figura 2. Área de estudo (Langa, 2019)

A cidade de Maputo é dividida em distritos municipais, cada um com seus próprios bairros como é descrito na tabela abaixo (tabela 3):

Tabela 3. Divisão municipal do município de Maputo

Distritos	Bairros
Distrito Municipal KaMpfumu	Bairros: Alto Maé A, Alto Maé B, Central A, Central B, Central C, Coop, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana-Cimento A, Polana-Cimento B e Sommerschield.
Distrito Municipal Nlhamankulu	Bairros: Aeroporto A, Aeroporto B, Chamanculo A, Chamanculo B, Chamanculo C, Chamanculo D, Malanga, Minkadjuine, Munhuana, Unidade 7 e Xipamanine.
Distrito Municipal KaMaxakeni	Bairros: Mafalala, Maxaquene A, Maxaquene B, Maxaquene C, Maxaquene D, Polana Caniço A, Polana Caniço B e Urbanização.
Distrito Municipal KaMavota	Bairros: 3 de Fevereiro, Albazine, Costa do Sol, F.P.L.M., Ferroviário, Hulene A, Hulene B, Laulane, Mahotas, Mavalane A e Mavalane B.
Distrito Municipal KaMubukwana	Bairros: 25 de Junho A, 25 de Junho B, Bagamoyo, George Dimitrov, Inhagóia A, Inhagóia B, Jardim, Luís Cabral, Magoanine A, Magoanine B, Magoanine C, Malhazine, Nsalene e Zimpeto.
Distrito Municipal Katembe	Bairros: Inguide, Incassane, Guachene, Chali e Chamissava.
Distrito Municipal KaNyaca	Bairros: Ribzwene, Inguane e Nhanquene

Capítulo IV. Apresentação e discussão de Resultados

4.1. Caracterização do Sistema de no município de Maputo

Com base na informação (dados) recolhida durante a fase de trabalho de campo pode-se elaborar um fluxograma representativo do sistema de gestão no município de Maputo (figura 3). A informação foi compilada a partir de visitas de campo, entrevistas não estruturadas com diversos colaboradores e da análise de documentos obtidos em instituições visitadas, Eco-Life, Concelho Municipal.

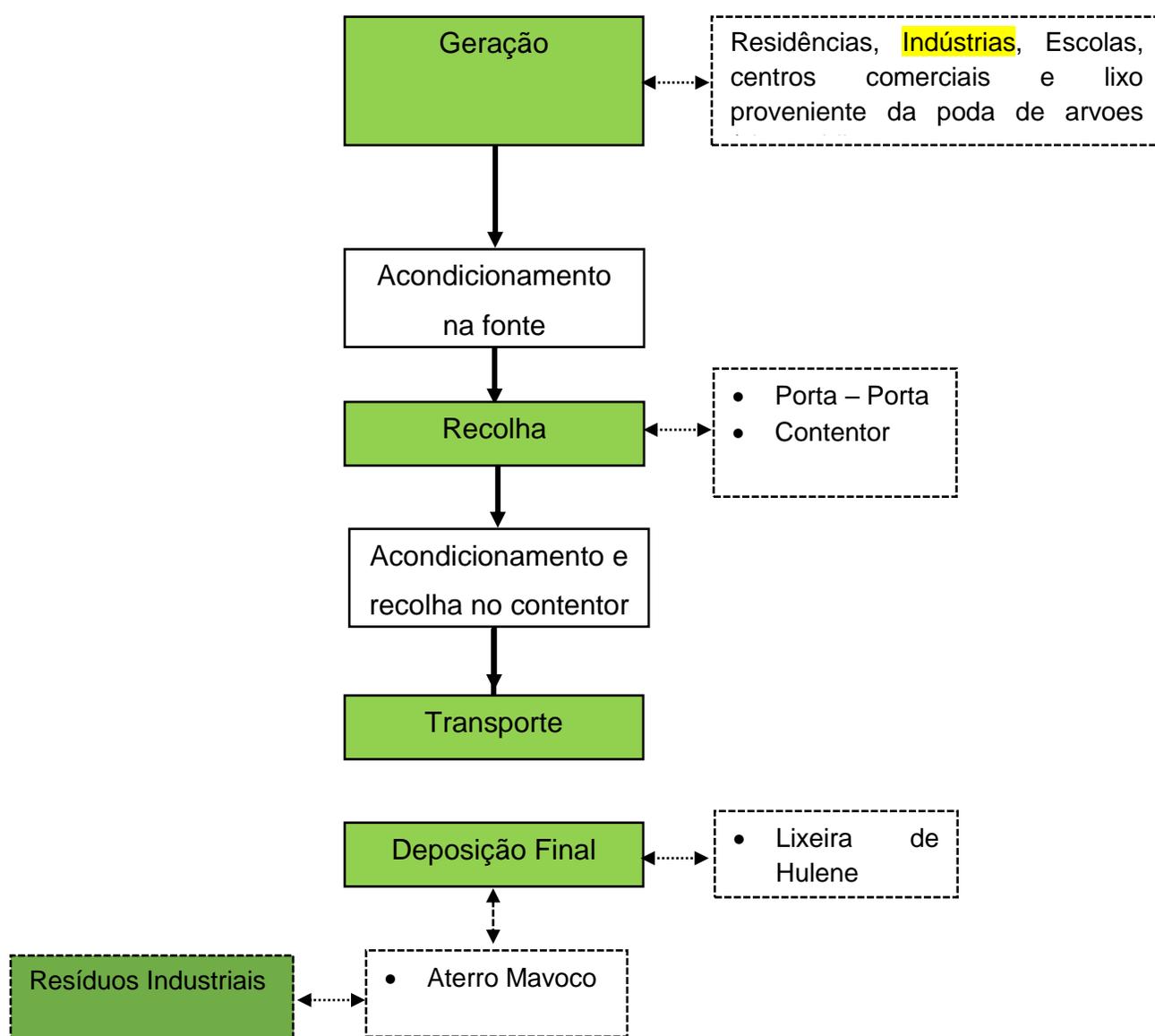


Figura 3. Fluxograma do sistema de gestão de RSU no município de Maputo

4.1.1. Geração de resíduos sólidos urbanos no município de Maputo

De acordo com os dados recolhidos no conselho municipal, a cidade produz por dia, segundo a tabela abaixo (tabela 4).

Tabela 4. Estimativas de Crescimento da produção de RSU entre 2017 – 2027 (toneladas/dia) (Conselho municipal – Salubridade)

Actividade	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Cidade de cimento, alta densidade	84	85	86	86	87	87	87	88	88	89	89
Cidade de cimento, vivendas	28	29	29	30	30	30	30	31	31	31	32
Área suburbana	460	464	467	469	472	475	478	480	482	485	487
Zonas Rurais	45	45	46	46	46	47	47	47	47	47	48
Resíduos de Mercados e Feiras	113	114	115	115	116	116	117	117	118	118	119
Remoção especial	167	167	167	167	168	168	168	168	168	168	169
RS da Limpeza Pública (RSLP)	60	60	60	60	60	61	61	61	61	62	62
RS comerciais e RS Industriais	283	290	298	306	315	323	332	341	351	361	371
Total (ton/dia)	1.245	1.259	1.273	1.284	1.299	1.312	1.325	1.338	1.351	1.366	1.382

4.1.2. Composição dos resíduos sólidos urbanos no município de Maputo

A tabela abaixo ilustra a composição de resíduos sólidos do município de Maputo, de acordo com o Plano Diretor de 2017.

Tabela 5. Composição dos RSU na Cidade de Maputo (Plano Director 2017)

Tipo de resíduo	Urbano				Suburbano			
	Época seca		Época chuvosa		Época seca		Época chuvosa	
	Media	Sem partículas	Media	Sem partículas	Media	Sem partículas	Media	Sem partículas
	%	%	%	%	%	%	%	%
Papel	3.7	4.2	4.4	4.5	1.0	1.6	1.3	2.0
Papelão	6.6	7.4	6.3	6.5	2.0	3.1	2.6	4.1
Papel descartável	6.9	7.8	6.4	6.6	3.7	5.9	4.7	7.4
Borracha, couro	0.1	0.2	1.3	1.3	1.6	2.5	1.5	2.3
Têxteis	1.1	1.2	2.6	2.7	1,9	3.1	2.4	3.7
Alimentos compostáveis, folhas	42.0	47.6	35.2	36.1	39.9	63.6	31.3	48.5
Restos de alimento	5.8	6.6	16.5	16.9	2.1	3.3	3.3	5.2
Madeira	1.2	1.4	2.2	2.2	0.0	2.6	2.6	4.1
Plástico duro	4.1	4.6	6.2	6.4	2.9	4.6	3.7	5.7
Plástico mole	6.3	7.2	7.1	7.3	3.4	5.4	5.0	7.8
Metais	2.7	3.1	2.3	2.3	0.9	1.4	1.8	2.7
Vidro	7.7	8.7	7.0	7.2	3.2	5.2	3.4	5.2
Cerâmica/pedra	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.9	1.5
Fracção fina (areia)	11.7	-	2.5	-	37.2	-	35.5	-
Outros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Conforme se pode observar na tabela acima, a areia é a principal componente dos resíduos produzidos nas zonas suburbanas. Tal deve-se ao facto de a maioria das vias de acesso não estarem pavimentadas nem revestidas. Portanto, devido a este factor, os resíduos recolhidos contém muita areia. Este último aspecto está reflectido nas quantidades de resíduos pesados na báscula.

Analisando a quantidade total de resíduos por item, é possível afirmar-se que do total de resíduos recolhidos, uma média de 48% são resíduos orgânicos, 7% é areia e os restantes 45% são resíduos sólidos, principalmente compostos por material reciclável (papel, papelão, papel descartável, borracha, couro, têxteis, madeira, plástico duro e mole, metais, vidro, cerâmica/ pedra e; outros) na zona urbana. Na zona suburbana 38% são resíduos orgânicos, 36% são areia e os restantes 26% são materiais recicláveis (papel, papelão, papel descartável, borracha, couro, têxteis, madeira, plástico duro e mole, metais, vidro, cerâmica/ pedra e outros).

Tabela 6. Resumo de dados básicos para os diferentes tipos de remoção de RSU (Plano Director 2017)

Zonas de remoção de RSU	Método de recolha e do Transporte de RSU	Produtividade média de cada método de recolha	Empresas responsáveis
Cidade de cimento, alta densidade (Área Urbana)	Camião de compactação com contentores de 1,1L a 6m ³	165 ton/dia	ECOLIFE S.A.
Cidade de cimento, vivendas (Área Urbana)	Camião de compactação com contentores de 1.100l e sacos plásticos	55 ton/dia	ECOLIFE S.A.
Área suburbana	Carinhas de mão (recolha primaria)	63 ton/dia	ENVIROSERV e Microempresas
	Remoção de roll-on/roll-off Contentores (recolha secundaria) Contentores de 12 m ³	571 ton/dia	
Katembe + KaNyaca	Trator com reboque	11 on/dia	-

4.1.3. Recolha dos resíduos sólidos no município de Maputo

A recolha de resíduos está sob a responsabilidade do município através da, Direcção Municipal de Salubridade e Cemitérios (DMSC, que implementa um sistema de gestão que inclui a própria municipalidade, o sector privado e comunitário. O município se ocupa de uma parte do município, enquanto o sector privado tem algumas concessões nos bairros periféricos e o sector comunitário intervêm nas zonas periféricas aonde as viaturas não podem penetrar, por um lado por ausência de vias e por outro por degradação e inacessibilidade de estradas.

Na cidade de cimento a recolha é feita por dois tipos de veículos:

- *Skip loaders*;
- Compactadores.

Os contentores distribuídos pelo município variam de 1m³ a 11m³ sendo recolhidos por compactadores e Skip loaders. Existem zonas em que os resíduos são depositados em sacos plásticos (zonas com predominância de habitações horizontais de altura inferior a 4 pisos – 3 andares) que por sua vez são recolhidos por camiões compactadores.

Nas zonas suburbanas existem contentores públicos de 6, 10 e 18m³ espalhados pelas principais artérias e que são recolhidos pelo camião Skip loaders. Roll-on Roll-off. Existe um sistema complementar a este designado de recola primária, que é servida pelos “Tchovas”. Este subsistema tem em vista complementar o acesso aos serviços de recolha a zonas de difícil acesso de viaturas ou inacessível por ausência de vias rodoviárias. Este sistema abrange zonas periféricas que recolhem os resíduos até aos locais de concentração (contentores) instalados nas vias principais (saídas das zonas periféricas). As fotografias abaixo ilustram o sistema de recolha acima descrito.



Figura 4. Recolha Porta-Porta



Figura 5. Acondicionamento no contentor - Locais de concentração dos RS



Figura 6. Veículos compactadores (recolha no contentor)

4.2. Identificação dos impactos e desafios do sistema de gestão

Para a identificação de impactos analisou-se os inputs e outputs do sistema (Figura 7).

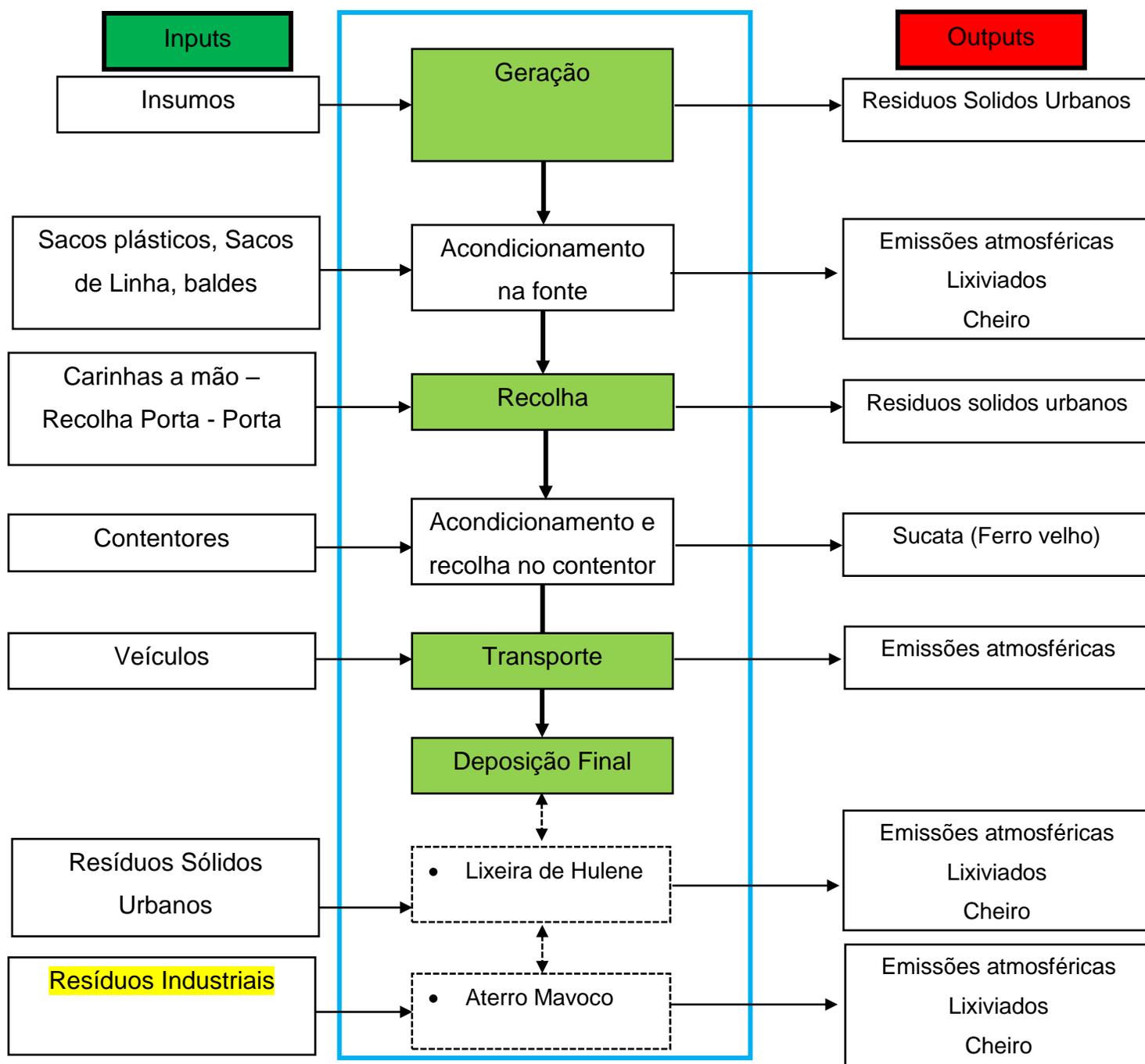


Figura 7. Entradas e saídas do sistema de gestão de RSU no município de Maputo

A tabela abaixo resume os impactos sociais e ambientais, além dos desafios, em cada etapa do processo de gestão de resíduos sólidos (GRS). Desde o acondicionamento na fonte até a deposição final.

Tabela 7. Impactos sociais e ambientais do sistema de gestão de resíduos sólidos

Etapa do processo de GRS	Indicador	Impactos	Desafios
Geração	Conscientização Pública	Pressão sobre o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos: A geração excessiva de resíduos aumenta a pressão sobre o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos.	Desafios Tecnológicos: Implementação de tecnologias mais eficientes para reduzir a geração de resíduos na fonte (práticas de produção mais limpa). Desafios Comportamentais: Baixa conscientização pública sobre a necessidade de reduzir a geração de resíduos e adotar hábitos mais sustentáveis. Desafios de Planejamento: Falta de planejamento urbano adequado para minimizar os resíduos gerados pela crescente urbanização e consumo desenfreado.
Acondicionamento em residências	Produção Per Capita	Impactos Sociais: A falta de conscientização ou de recursos para separar e acondicionar os resíduos adequadamente resulta em problemas de saúde pública, como a proliferação de pragas e doenças.	Falta de conscientização e infraestrutura adequada para separação e armazenamento de resíduos.
		Impactos Ambientais: O acondicionamento inadequado de resíduos resulta em vazamento de substâncias tóxicas para o solo e águas subterrâneas.	
Recolha porta a porta	Frequência e capacidade de Coleta	Impactos Sociais: A regularidade do serviço influencia diretamente a qualidade de vida da população. Irregularidades geram acúmulo de lixo nas ruas, criando um ambiente insalubre.	Inconsistência na coleta e limitações de cobertura, além de veículos insuficientes ou ineficientes.
		Impactos Ambientais: Caso o processo não seja eficiente, o acúmulo de lixo nas áreas residenciais polui o ar e a água, além de atrair vetores de doenças.	
Transporte para o contentor	Distância e Condições do veículos de Transporte	Impactos Sociais: O transporte adequado ajuda a evitar a dispersão de resíduos nas ruas, melhorando a limpeza urbana. No entanto, problemas operacionais prejudicam o bem-estar da comunidade.	Desgaste dos veículos e falta de manutenção, além de congestionamentos e vazamentos durante o transporte.
		Impactos Ambientais: Emissões de gases poluentes de veículos utilizados no transporte contribuem para a poluição atmosférica e para as mudanças climáticas.	

Acondicionamento no contentor	Estado e a capacidade (infraestrutura) de Contentores	Impactos Sociais: Contentores mal localizados ou danificados causam desconforto para a população, devido ao mau cheiro ou a lixiviação de líquidos.	Contentores inadequados ou mal localizados, sujeitando-os a vazamentos e excesso de resíduos.
		Impactos Ambientais: Se os contentores não forem bem vedados, pode ocorrer vazamentos para o solo e águas subterrâneas, além de incentivar a presença de animais vetores de doenças.	
Recolha no contentor	Frequência de Coleta	Impactos Sociais: A eficiência da recolha impacta diretamente a limpeza da cidade. Atrasos ou falhas causam descontentamento e riscos sanitários.	Dificuldade em manter uma frequência adequada de coleta e em evitar transbordo e dispersão dos resíduos.
		Impactos Ambientais: O processo de recolha incorreta pode causar dispersão de resíduos no ambiente, gerando poluição do solo e da água.	
Transporte e deposição de RS na lixeira de Hulene	Distância e Condições do Transporte Condições de deposição (gestão) na lixeira Questões de saúde pública	Impactos Sociais: A proximidade da lixeira de Hulene com áreas residenciais impacta a saúde e qualidade de vida dos moradores devido ao mau cheiro e a proliferação de doenças.	Longas distâncias e más condições das estradas, aumentando o desgaste dos veículos e os custos operacionais.
		Impactos Ambientais: A lixeira de Hulene, por ser aberta, libera gases poluentes e lixiviados que contaminam o solo e a água, além de contribuir para a degradação ambiental.	
Transporte para o aterro de Mavoco	Distância e Condições do Transporte	Impactos Sociais: O transporte para locais distantes causa congestionamentos e incômodo para as comunidades no trajeto.	Proximidade da lixeira de áreas urbanas e problemas com infraestruturas, aumentando o risco de acidentes e contaminação.
		Impactos Ambientais: Além das emissões de gases poluentes, o transporte inadequado pode resultar no descarte acidental de resíduos no ambiente.	
Deposição no aterro de Mavoco	Condições de deposição (gestão) no aterro	Impactos Sociais: A operação de aterros sanitários pode ser mais controlada, minimizando os impactos na população circundante. Porém, ainda pode haver queixas sobre odores e incômodos.	Necessidade de gerenciamento rigoroso para evitar lixiviados, emissões de gases e assegurar a capacidade de operação a longo prazo.
		Impactos Ambientais: Um aterro sanitário bem gerido pode reduzir a contaminação do solo e das águas subterrâneas, mas ainda gera emissões de gases de efeito estufa e exige monitoramento contínuo.	

4.3. Medidas de mitigação dos Impactos do sistema de gestão de resíduos sólidos do município de Maputo

A tabela abaixo apresenta medidas de melhoria aos desafios do sistema de gestão de RSU.

Tabela 8. Medidas de melhoria dos desafios do sistema de gestão de RSU para o município de Maputo

Etapa do processo de GRS	Desafios	Medidas de melhoria
Acondicionamento em residências	Falta de conscientização e infraestrutura adequada para separação e armazenamento de resíduos.	Conscientização e Educação Ambiental: Investir em campanhas educativas permanentes, voltadas à conscientização sobre a separação e acondicionamento adequados dos resíduos, com foco em escolas, comunidades e mídia.
		Infraestrutura Adequada: Distribuição de contentores apropriados para a separação de resíduos nas residências e locais públicos, facilitando a coleta seletiva.
		Incentivos à Participação: Criação de programas de incentivo, como descontos em tarifas municipais para quem realiza separação adequada de resíduos.
Recolha porta a porta	Inconsistência na coleta e limitações de cobertura, além de veículos insuficientes ou ineficientes.	Planeamento Logístico Eficiente: Melhorar a organização das rotas de coleta para reduzir atrasos, minimizar custos com combustíveis e aumentar a cobertura.
		Frotas Modernizadas e Mecanizadas: Investir em veículos modernos, eficientes em termos de combustível e adequados para diferentes tipos de resíduos, além de realizar manutenção regular.
		Parcerias Público-Privadas: Envolver o setor privado em processos de coleta, criando parcerias para melhorar a eficiência e reduzir custos.
Transporte para o contentor	Desgaste dos veículos e falta de manutenção, além de congestionamentos e vazamentos durante o transporte.	Manutenção Preventiva de Veículos: Estabelecer rotinas regulares de manutenção para reduzir o desgaste dos veículos e evitar vazamentos durante o transporte.
		Capacitação de Motoristas: Treinar motoristas para otimizar rotas e conduzir com segurança, minimizando impactos ambientais e sociais.
		Redução de Emissões: Promover o uso de veículos com menor emissão de gases poluentes, como caminhões elétricos ou a gás natural.
Acondicionamento no contentor	Contentores inadequados ou mal localizados, sujeitando-os a vazamentos e excesso de resíduos.	Instalação Estratégica de Contentores: Posicionar os contentores em locais adequados, distantes de áreas sensíveis, e garantir que sejam de fácil acesso à população.
		Melhor Vedação e Qualidade dos Contentores: Garantir que os contentores sejam bem vedados para evitar vazamentos e evitar a atração de pragas.
		Monitoramento Frequente: Estabelecer sistemas de monitoramento para verificar a condição dos contentores e realizar manutenções regulares.

Recolha no	Dificuldade em manter uma frequência	Sistemas de Monitoramento em Tempo Real: Implementar tecnologia para monitorar o nível de resíduos nos contentores e acionar
------------	--------------------------------------	---

contentor	adequada de coleta e em evitar transbordo e dispersão dos resíduos.	a coleta apenas quando necessário, evitando transbordos.
		Aumento da Frequência de Coleta em Áreas Críticas: Ajustar a frequência da coleta nas áreas onde os contentores transbordam frequentemente, evitando a dispersão de resíduos.
Transporte para a lixeira de Hulene	Longas distâncias e más condições das estradas, aumentando o desgaste dos veículos e os custos operacionais.	Desativação Gradual da Lixeira: Planejar a desativação da lixeira de Hulene e sua substituição por alternativas mais sustentáveis, como aterros sanitários.
		Melhoria da Infraestrutura Viária: Investir em melhorias nas estradas que levam à lixeira para minimizar o desgaste dos veículos e os impactos nas comunidades no trajeto.
		Uso de Veículos Mais Eficientes: Adotar veículos que sejam mais eficientes no consumo de combustível e menos poluentes para o transporte de resíduos.
Transporte para o aterro de Mavoco	Proximidade da lixeira de áreas urbanas e problemas com infraestruturas, aumentando o risco de acidentes e contaminação.	Rotas Otimizadas: Desenvolver um planejamento logístico para rotas mais curtas e eficientes, diminuindo o impacto ambiental e reduzindo os custos operacionais.
		Segurança no Transporte: Implementar normas de segurança para evitar acidentes e assegurar o transporte correto dos resíduos, sem contaminação.
		Transporte Intermunicipal: Criar parcerias com municípios vizinhos para compartilhar os custos e recursos de transporte e disposição dos resíduos.
Deposição na lixeira de Hulene	Gestão ineficiente, excesso de resíduos, poluição severa e ausência de controle adequado sobre as emissões.	Melhorias na Gestão da Lixeira: Implementar uma gestão rigorosa da lixeira, com foco na redução dos impactos ambientais, como a contenção de lixiviados e a captação de gases poluentes.
		Criação de Alternativas Sustentáveis: Promover o desenvolvimento de novos aterros sanitários ou outras soluções de destinação final mais seguras e sustentáveis.
		Descentralização do Tratamento de Resíduos: Desenvolver centrais de tratamento de resíduos orgânicos e recicláveis próximas às fontes geradoras para reduzir a quantidade de resíduos que vai para a lixeira.
Deposição no aterro de Mavoco	Necessidade de gerenciamento rigoroso para evitar lixiviados, emissões de gases e assegurar a capacidade de operação a longo prazo.	Monitoramento Contínuo: Implementar sistemas de monitoramento ambiental contínuo para controlar os níveis de emissão de gases e lixiviados.
		Recuperação de Energia: Investir em tecnologias de captação de gases para geração de energia e aproveitamento de resíduos.
		Expansão e Sustentabilidade: Planejar a expansão e melhoria do aterro, incluindo medidas para prolongar sua vida útil e minimizar seu impacto ambiental.

4.4. Proposta de alternativas e estratégias de aprimoramento ao actual sistema de gestão de resíduos sólidos

Esta alternativa e estratégias de aprimoramento foi formulada de acordo com a composição base de RSU na região, disponibilidade para tratamento e disposição final com menor impacto ambiental. O diagrama a seguir é apresentado o cenários proposto sendo a posterior feita uma descrição do funcionamento do processo.

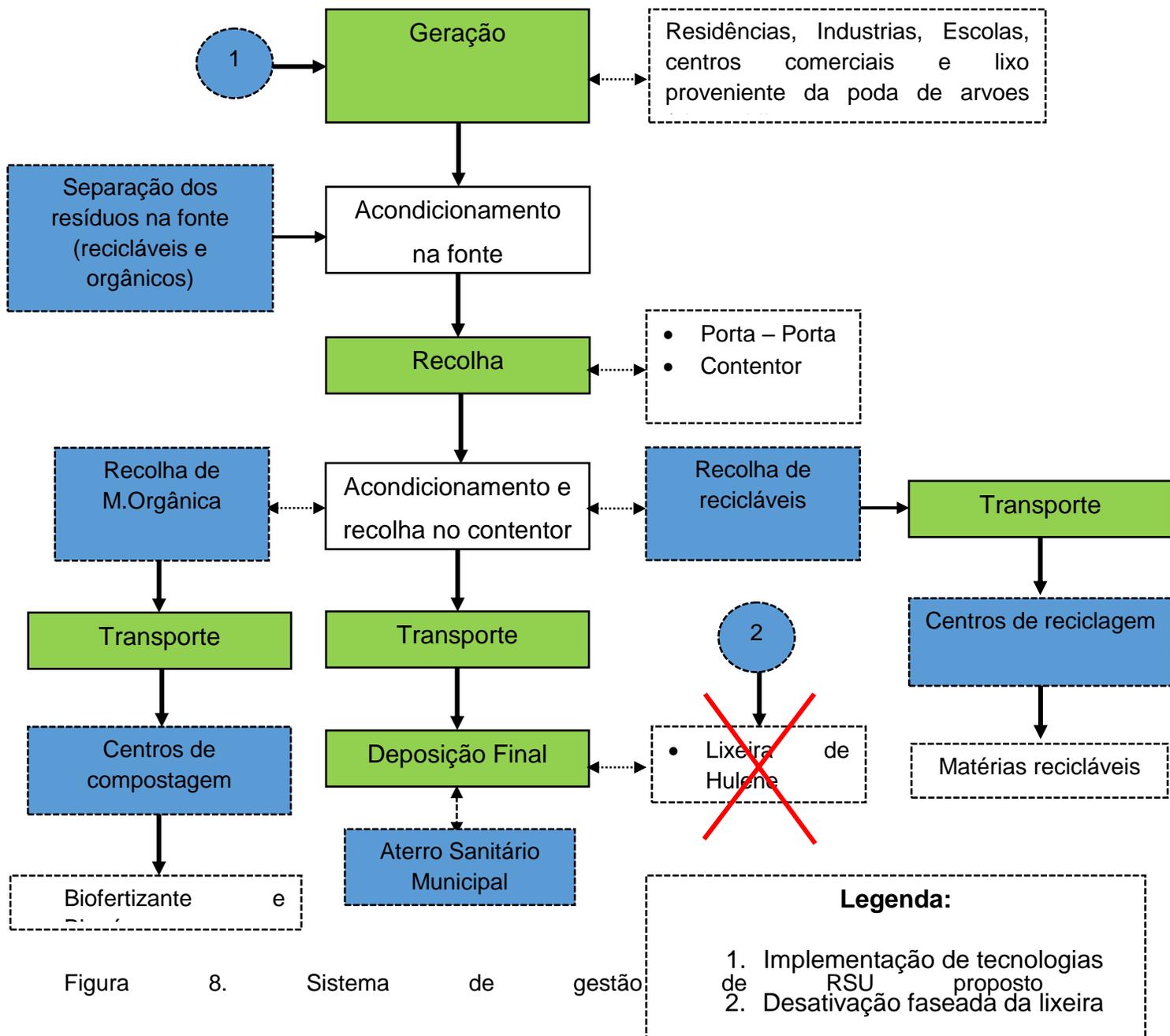


Figura 8. Sistema de gestão

No esquema acima os números 1 e 2 significam:

1 – Implementação de tecnologias mais eficientes para reduzir a geração de resíduos na fonte (práticas de produção mais limpa); Desenhar e implementar programas de conscientização pública sobre a necessidade de reduzir a geração de resíduos e adotar hábitos mais sustentáveis.

2 – Desativação faseada (de forma acelerada) da lixeira de Hulene e implementação de acções para minimizar os impactos causados pela lixeira.

A tabela abaixo (tabela 11) oferece uma visão abrangente (de forma resumida) do processo de GRS, detalhando cada etapa essencial desde o acondicionamento na fonte dos resíduos até a sua destinação final. Também é descrita a função e a abrangência de cada etapa, bem como os principais componentes e práticas recomendadas para garantir uma gestão eficaz e sustentável dos RSU.

Tabela 9. Descrição de cada etapa do sistema de gestão de resíduos urbanos proposto para o município de Maputo

Etapa do processo de GRS	Descrição	Abrangência	Componentes
Acondicionamento em Residências/industrias e mercados	Separação dos resíduos na fonte. A população deve separar os resíduos em orgânicos, recicláveis e indiferenciados, utilizando sacos de cores distintas: amarelo (plástico e metal), azul (papel e cartão), verde (vidro), castanho (orgânicos) e preto (indiferenciados).	A população deve ser orientada a separar resíduos em categorias como recicláveis, orgânicos e perigosos.	- Educação e conscientização sobre reciclagem e compostagem. - Fornecimento de sacos e contentores adequados para a separação de resíduos.
Recolha Seletiva Porta a Porta	Recolha diferenciada feita em dias específicos para cada tipo de resíduo. Veículos recolhem os sacos separados conforme a fração. A frequência e rota irá variar conforme a densidade populacional e volume gerado.	Frotas de veículos especializadas para diferentes tipos de resíduos.	- Horários e rotas específicas para coleta de resíduos separados. - Incentivo para que empresas privadas participem da coleta seletiva.
Transporte para Pontos de Acondicionamento ou Centrais de Triagem	Deslocação dos resíduos dos pontos de coleta para ecopontos, contentores ou centrais de tratamento. Ira Utilizar-se camiões compactadores, camiões com caixas herméticas (para orgânicos) e triciclos motorizados em zonas de difícil acesso.	Infraestrutura para pontos de coleta intermediários, como ecopontos e contentores.	- Veículos adequados para diferentes tipos de resíduos. - Manutenção constante para evitar vazamentos e emissões durante o transporte.
Triagem em Centrais de Reciclagem	Separação dos recicláveis por tipo (papel, plástico, vidro, metal), feita manualmente (por cooperativas) ou mecanicamente.	Instalação de centros de triagem para maximizar a recuperação de materiais como plástico, papel, vidro e metais.	Equipamentos automatizados e equipes de triagem. Parcerias com cooperativas de catadores.
Compostagem de Resíduos Orgânicos	Processamento de resíduos orgânicos para produção de compostos	Criação de centrais de compostagem para resíduos de origem alimentar e vegetais.	- Tecnologia de compostagem aeróbica ou anaeróbica. - Utilização do composto para agricultura urbana e projetos municipais.
Acondicionamento em Contentores	Armazenamento temporário em contentores públicos. Cada fração tem uma cor específica: amarelo (plástico/metal), azul (papel/cartão), verde (vidro), castanho (orgânicos), cinzento/preto (indiferenciados).	Instalação de contentores bem localizados em áreas estratégicas.	- Contentores hermeticamente fechados para evitar vazamentos e odores. - Monitoramento constante para evitar superlotação.
Recolha nos Contentores	Retirada dos resíduos dos contentores por camiões e viaturas especializadas. Frequência adaptada ao volume gerado e tipo de fração.	Coordenação eficaz da frota para recolha regular e pontual dos resíduos.	- Implementação de sistemas de monitoramento de níveis de resíduos. - Frequência de recolha ajustada às necessidades locais.
Transporte para Destinação Final (Aterros ou Centros de Reciclagem)	Transferência dos resíduos não recicláveis e não compostáveis para o aterro sanitário ou para unidades de triagem/reciclagem.	Minimização de resíduos destinados aos aterros através da maximização de reciclagem e compostagem.	- Veículos projetados para transportar grandes volumes de forma eficiente. - Sistema de logística que otimize as rotas e minimize o impacto ambiental.
Destinação Final: Aterro Sanitário Controlado	Disposição segura dos resíduos em aterro sanitário.	Operação de aterro com controle de emissões de gases e tratamento de lixiviados.	- Sistemas de captação de gases de aterro para geração de energia. - Barreiras e sistemas de drenagem para evitar contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Capítulo V. Conclusões e Recomendações

5.1. Conclusão

O sistema de gestão de resíduos sólidos implementado actualmente em Maputo é caracterizado por práticas inadequadas, como acondicionamento deficiente, coleta seletiva limitada e dependência de locais insalubres para disposição final.

Os impactos ambientais resultantes da implementação do sistema actual de gestão de resíduos sólidos incluem a poluição do solo e das águas subterrâneas, além da emissão de gases de efeito estufa devido à deposição e gestão inadequada dos resíduos sólidos na lixeira de Hulene.

Os resíduos sólidos em Maputo são compostos principalmente por materiais orgânicos e recicláveis, com alta presença de areia nas zonas suburbanas. O sistema actual é inadequado, marcado por coleta seletiva limitada, infraestrutura insuficiente e dependência da lixeira de Hulene para disposição final.

O actual sistema provoca poluição do solo, águas subterrâneas e ar, emissão de gases de efeito estufa e contaminação ambiental, agravando as condições de saúde pública e contribuindo para a degradação ambiental.

Entre os desafios encontrados no sistema actual estão a falta de infraestrutura moderna, inconsistências na coleta, baixa conscientização pública e má localização e manutenção de contentores e veículos.

De forma a contornar estes desafios deve-se investir em conscientização pública, modernizar a infraestrutura de coleta e transporte, desativar gradualmente a lixeira de Hulene e criar aterros controlados, centrais de triagem e compostagem. Expandir a coleta seletiva e integrar cooperativas de catadores também são ações recomendadas.

5.2. Recomendações

Para Trabalhos Futuros

- Realizar estudos mais abrangentes com dados atualizados sobre composição gravimétrica, produção per capita e capacidade de coleta diária.
- Com base nos indicadores de desempenho e de possível poluição acima descritos, explorar a sugestão de mais cenários de gestão, como a incineração com recuperação de energia, para propor alternativas mais viáveis ao sistema atual.

Para o Conselho Municipal de Maputo

- Criar incentivos fiscais e subsídios para empresas e cooperativas que investirem em reciclagem e reaproveitamento de resíduos.
- Estimular a implementação de tecnologias que aproveitem resíduos orgânicos para produção de biogás e biofertilizantes.
- Expansão da coleta seletiva e inclusão de cooperativas de catadores no sistema formal.
- Modernização da frota de coleta com veículos menos poluentes e mais eficientes.
- Melhoria da infraestrutura, incluindo centrais de triagem, compostagem e aterros sanitários controlados.
- Planear a desativação progressiva da Lixeira de Hulene, investindo na recuperação ambiental da área e promovendo alternativas de destinação final, como novos aterros sanitários.
- Realizar campanhas educativas permanentes para promover a separação de resíduos na fonte e o uso adequado de contentores.
- Estabelecer parcerias com escolas, ONGs e empresas para ampliar o alcance dessas ações.

5.3. Limitações do trabalho

As principais limitações deste estudo residem na dificuldade de acesso a dados atualizados e precisos, especialmente no que se refere à composição gravimétrica, à geração diária de resíduos, à capacidade de coleta diária e à quantidade recolhida pelos catadores ao longo de todo o sistema. Para contornar essa limitação, recorreu-se à utilização de dados disponíveis no Plano Diretor de 2017.

6. Referencias Bibliográficas

Adriana, A. (2013). Estudo da gestão e Gereciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Municipio de São Carlos (SP). Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental. São Carlos - SP.

Albuquerque, N. C. (2017). Análise da Gestão de Resíduos Sólidos em Escolas Municipais da Zona Sul de Joao Pessoa/PB. Trabalho de Conclusão de curso com pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB.

Arantes, M. V. (2022). Boas Praticas Sustentáveis de gestão e Gerenciamento de Resíduos urbanos . Curitiba.

Assane, H.J. (2021). Avaliação da Consciência Ambiental para a Implementação da Política de Gestão de Resíduos Sólidos: caso do Município de Maputo (2014-2018). Trabalho apresentado na Faculdade de Letras e Ciências Sociais da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Administração Pública. Maputo.

Cardoso, J.J (2023). Análise de sistema de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos dos mercados da área suburbana da cidade de Maputo. Trabalho apresentado na Faculdade de Química da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Engenharia do Ambiente. Maputo.

Langa, J.M (2009). Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Moçambique, responsabilidade de quem. Revista Nacional de Gereciamento de Cidades. Maputo.

Lopes, L. (2006). Gestão e Gereciamento Integrados de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de mestre em Geografia. São Paulo.

Nascimento, F. A. (2021). Os impactos Ambientais dos Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação apresentada para conclusão do Mestrado Acadêmico em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido pela Universidade Federal do Semiárido. Brasil.

Oliveira, M. C. (2019). Gestão de Resíduos Urbanos. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental. São Paulo.

Pereira, M. J. (2018). Resíduos sólidos urbanos, mapeamento e educação ambiental: Proposta de instrumento para participação comunitária na questão ambiental no bairro da marambaia, belém-pa. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Ensino em Ciências Ambientais. Belém-Pará.

Pimentel, C. H. (2017). A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB - À luz das rotas tecnológicas de tratamento. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como requisito para a obtenção do grau de Doutora em Engenharia Civil. Recife.

Maputo (Cidade). Plano Diretor do Município de Maputo. Maputo: Conselho Municipal de Maputo, 2017.

Sieben, P. G. (2018). Gestão de resíduos sólidos urbanos: impactos ambientais e o processo de inclusão social dos catadores de lixo. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia, modalidade acadêmica. Brasil.

Silva, P. M. (2015). Gestão integrada de resíduos sólidos municipais: potencialidades e desafios. Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Polo UAB do Município de Mata de São João, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira. Medianeira.

Tavares, F. G. (2014). Resíduos sólidos domiciliares e seus impactos socioambientais na área urbana de Macapá-AP . Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais. Macapá-AP.

