



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Rosana

GABRIEL RUSSI SELHORST

**Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Nova Andradina
(MS) e Viabilidade Econômica de Instalação de uma Planta de Incineração**

Rosana - SP

2023

Gabriel Russi Selhorst

Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Nova Andradina (MS) e Viabilidade Econômica de Instalação de uma Planta de Incineração

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia, junto ao Conselho de Curso de Bacharelado em Engenharia de Energia, da Faculdade de Engenharia e Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Rosana.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andréia Fátima Zanette

Rosana - SP

2023

S465p Selhorst, Gabriel Russi
Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Nova Andradina (MS) e Viabilidade Econômica de Instalação de uma Planta de Incineração / Gabriel Russi Selhorst. -- Rosana, 2023
46 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréia Fátima Zanette

1. Resíduos sólidos urbanos. 2. Incineração. 3. Geração de energia.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Rosana

GABRIEL RUSSI SELHORST

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. Leandro Ferreira Pinto
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Profª. Dra. Andréia Fátima Zanette
Orientadora/UNESP-Rosana

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira
UNESP-Rosana

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva
UNESP-Rosana

Rosana - SP
Maio de 2023

Dedico esse trabalho, de maneira especial, à minha mãe, meu pai e minha
irmã, as três pessoas mais importantes da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Fábio e Mônica, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos bons e ruins, me amparando em qualquer dificuldade e me incentivando a crescer cada vez mais. Se hoje sou quem me tornei, se deu graças ao sacrifício deles, sua dedicação em me educar e os incontáveis anos de trabalho para sustentar a família. Desde o início sempre acreditaram em mim, e fizeram de tudo para que meus sonhos se tornassem realidade.

Agradeço à minha irmã, Maria Eduarda, por ser a pessoa com quem mais dividi a vida. Sempre me apoiou em todas as minhas escolhas, e me inspirou a ser uma pessoa melhor a cada dia. A responsabilidade de ser irmão mais velho é, sem dúvida, uma das principais experiências que moldou quem sou hoje. Tenho muito orgulho de ter uma irmã como ela.

Agradeço à minha orientadora Andréia, que me incentivou a desenvolver esse trabalho. A inspiração para o tema do projeto surgiu durante uma disciplina que ela ministrava, na qual realizei um trabalho acerca desse tema e que ela elogiou o resultado. Ter professores que incentivam seus alunos dessa maneira é essencial para a formação de profissionais, e sou grato por ter tido uma professora como ela.

Aproveito para agradecer todos os professores que tive, desde o início da minha educação. Sendo neto de professores, tenho ciência da dificuldade que a profissão implica e da importância que esses profissionais têm na vida de seus alunos. Por viver em um país que pouco incentiva a carreira desses profissionais, posso dizer que sou muito privilegiado por ter tido os melhores professores.

Em especial, agradeço aos professores e demais profissionais da UNESP de Rosana, por serem exemplo de gestão e de formação de profissionais. Sem o árduo trabalho dessas pessoas, não seria possível ter uma formação acadêmica como a que estou seguindo.

Agradeço a UNESP, não só pela minha formação como profissional, mas também por tudo que a experiência de uma formação acadêmica proporciona. Durante o curso conheci muitas pessoas, com as quais pude desenvolver amizades incríveis e que levarei comigo para o resto da vida. Para mim é um orgulho levar o nome da UNESP no meu currículo.

Por fim, sou grato aos membros da empresa Volt Robotics, que me abriram as portas para o mercado de trabalho e têm proporcionado uma excelente experiência de estágio. Tenho aprendido muito com os projetos que desenvolvemos juntos, e sou grato pelo ambiente que eles proporcionam. Como é minha primeira experiência como profissional, tenho a certeza de que esse estágio terá um impacto muito importante na minha carreira.

“Mesmo que a vida pareça difícil, há sempre algo que você pode fazer para ter sucesso nela. Enquanto há vida, há esperança.”

Stephen Hawking.

RESUMO

A necessidade de lidar com o aumento na geração e deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil vem aumentando ao longo dos anos. A má administração desse setor pode acarretar danos severos ao meio ambiente, como geração de gases de efeito estufa, contaminação do solo e de lençóis freáticos, entre outros prejuízos. Para tal, se faz necessário a realização de pesquisas acerca do controle de resíduos, avaliando diferentes tecnologias que possam receber grandes volumes de RSU. Essas tecnologias podem ser alternativas à destinação de RSU que não sejam aterros ou lixões, evitando a necessidade de criação de outros aterros e poupando os municípios de utilizar mais território para essa finalidade. O presente trabalho avalia a viabilidade econômica de instalação de uma usina de incineração de RSU no município de Nova Andradina, localizado no Mato Grosso do Sul. O presente trabalho foi feito através de estudos de relatórios técnicos fornecidos pelos órgãos responsáveis pelo controle de RSU municipal, realizando estimativas de volume de material que o município poderia fornecer, bem como custos de implantação e geração de renda de uma usina desse tipo. Uma planta de incineração de RSU é viável, dependendo dos investimentos e dos parâmetros econômicos acerca do projeto.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Incineração. Geração de energia.

ABSTRACT

The need to deal with the increase in generation and deposition of urban solid waste (USW) in Brazil has become increasingly relevant. Mismanagement of this sector can result in severe environmental damage, such as greenhouse gas emissions, contamination of soil and groundwater, among other harms. Therefore, it is necessary to research other waste control alternatives, evaluating different technologies that can handle large volumes of USW. These technologies can be alternatives to USW disposal sites that are not landfills or dumpsites, avoiding the need to create more landfills and saving municipalities from using more territory for this type of location. This study evaluated the economic feasibility of installing a USW incineration plant in the municipality of Nova Andradina, located in Mato Grosso do Sul. This research was conducted through technical work, estimating the volume of material that the municipality could provide, as well as the costs of implementing and generating income from such a plant. An incineration plant is feasible for a small municipality, depending on the investments and economic parameters of the project.

Keywords: Urban solid waste; Incineration; Energy generation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de usina WTE (Waste-to-Energy)	23
Figura 2 – Mapa Municipal de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul	25
Figura 3: - Histórico da quantidade de resíduos coletados na coleta seletiva de 2019 a 2022. (44º Relatório Técnico Operacional da Transresíduos Ambiental S.A).....	28
Figura 4 – Fluxograma do processo RGH 3000 FL 8500	34
Gráfico 1 – Dados da coleta de RSU de Nova Andradina no ano de 2022	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: QUANTITATIVO DE RESÍDUOS COLETA DOMICILIAR (44° Relatório Técnico Operacional da Transresíduos Ambiental S.A).....	27
Tabela 2 – Dados fundamentais da planta de incineração	32
Tabela 3 – Detalhamento dos investimentos iniciais da planta de incineração proposta pela empresa LUFTECH	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

BCB - Banco Central do Brasil

CDR - Combustível Derivado de Resíduos

ECP - Equipamentos de Controle de Poluição

ERP - Potencial de Recuperação Energética

ET - Tarifa de Energia

E_{rev} - Receita Anual de Energia

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LHV - Poder Calorífico de Resíduos

NBR - Norma Brasileira

ONU - Organização das Nações Unidas

PERS/MS - Plano Estadual dos Resíduos Sólidos do Estado do Mato Grosso do Sul

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PCI - Poder Calorífico Inferior

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PSNB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SEMAGRO - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar

SEMDI - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Integrado

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

VPL - Valor Presente Líquido

W_{dry} - Massa Seca de Resíduos

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celcius
CH₄	Metano
CO₂	Gás Carbônico
hab	Habitantes
h	Hora
kg	Quilo
Kcal	Quilocaloria
kW	QuiloWatt
kWh	QuiloWatt Hora
m²	Metros Quadrados
m³	Metros Cúbicos
R\$	Reais
ton	Tonelada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	15
2.1.1	RSU no Brasil	16
2.1.2	Problemas acerca dos Lixões a Céu Aberto	17
2.1.3	Diferentes Classes de RSU	18
2.2	POLÍTICAS NACIONAIS ACERCA DE RSU	19
2.2.1	Legislação e Marcos Regulatórios	19
2.2.2	Situação Atual dos RSU no Brasil	19
2.2.3	Políticas Públicas para a Gestão dos RSU no Brasil	20
2.2.4	Políticas Estaduais do Mato Grosso do Sul acerca de RSU	20
2.3	GESTÃO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA.....	21
2.4	USINA DE INCINERAÇÃO DE RSU	22
2.4.1	Funcionamento de uma Usina de Incineração	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	DADOS DE RSU EM NOVA ANDRADINA	24
3.1.1	Município de Nova Andradina	25
3.1.2	Dados de RSU em Nova Andradina	25
3.1.3	Dados de Relatórios Operacionais do Aterro Municipal	26
3.1.4	Coleta Seletiva Municipal	27
3.2	MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA	28
3.3	PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RSU	29
3.4	RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DA INCINERAÇÃO	29
3.4.1	Cálculo da Taxa Interna de Retorno	30
3.4.2	Cálculo do Valor Presente Líquido	31

3.4.3 Cálculo do Tempo de Retorno	32
3.5 CENÁRIO IDEAL DE INSTALAÇÃO	33
3.6. PODER CALORÍFICO INFERIOR	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 RECEITA DA INCINERAÇÃO DE RSU	35
4.1.1 Receita pelo Tratamento	35
4.1.2 Recuperação Energética	35
4.1.3 Geração de Receita da Planta Incineradora	36
4.1.4 Potencial de Residências Atendidas	36
4.1.5 Projeção da Geração de RSU	37
4.2 CÁLCULOS DA VIABILIDADE ECONÔMICA	38
4.2.1 Valor Presente Líquido (VPL)	38
4.2.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)	38
4.2.3 Período de Recuperação de Investimento (Payback)	39
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, os resíduos sólidos urbanos (RSU) vêm apresentando um crescimento considerável, principalmente em decorrência do avanço tecnológico industrial e do aumento populacional em todo o mundo. Com esse aumento, cresce a necessidade da deposição adequada desses resíduos, processo este que hoje ocorre, na sua maioria, em aterros e lixões. Além da necessidade de investimento para a criação desses aterros existe ainda o problema espacial, afinal tais locais apresentam um volume limite de resíduos que conseguem armazenar e acarretam um ciclo interminável de criação de aterros (SANTOS, 2008).

Outro problema constantemente registrado, principalmente em cidades de pequeno porte no Brasil, é o fato de ainda existirem lixões sem nenhum tipo de regulamentação ou licenciamento ambiental. Uma das principais causas para isso é a anemia nos processos de fiscalização por parte dos órgãos públicos responsáveis. O uso de lixões também é potencialmente danoso ao meio ambiente por apresentar emissão de gases de efeito estufa e risco de contaminação aos lençóis freáticos da região (SANTOS, 2008).

Uma solução viável e proveitosa para os RSU é sua utilização na geração de energia por meio de usinas que realizam a conversão energética desse material através do processo de incineração. Para a criação de uma usina desse tipo é necessário que haja uma análise do volume de material disponível, local desejado, bem como seu potencial energético. Há também a necessidade de avaliar a capacidade de investimento do município (OLIVEIRA, 2016).

Por se tratar de uma cidade de pequeno porte, que apresenta tanto problemas com lixões quanto a coleta de RSU, a cidade de Nova Andradina, no Mato Grosso do Sul, poderia ter melhor proveito de seus resíduos se utilizados para a geração de energia. Além de lidar com grandes volumes de resíduos que iriam para um aterro/lixão, a população nova-andradinense poderia ser beneficiada pela energia elétrica gerada pela usina de incineração (TRANSRESÍDUOS AMBIENTAL S.A., 2023).

Desta forma, este trabalho trata-se de um estudo de caso em que foi realizado o levantamento de dados dos resíduos gerados no município de Nova Andradina para avaliar se a instalação de uma usina de incineração de RSUs seria economicamente viável.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Com o aumento considerável na geração de resíduos sólidos ao longo dos últimos anos, o gerenciamento desses resíduos se tornou um desafio para a sociedade. É extremamente importante desenvolver sistemas capazes de aproveitá-los. Dentre as técnicas para reutilizar materiais que possivelmente seriam descartados sem controle, a incineração para geração de energia elétrica merece destaque. Esse processo converte a energia presente nos resíduos sólidos urbanos em energia elétrica através da queima.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da instalação de uma usina desse tipo, bem como fazer a análise do volume e gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Nova Andradina. A implantação desse sistema tem como finalidade reduzir a quantidade desses resíduos no descarte final no aterro sanitário do município e produzir um combustível alternativo que pode ser utilizado para a geração de energia térmica, elétrica ou mecânica.

1.2.2 Objetivos Específicos

O presente projeto propõe um estudo de viabilidade de utilização de resíduos sólidos urbanos para a geração de energia elétrica através de uma usina de incineração, no município de Nova Andradina. Para tal, foram feitas as seguintes considerações:

- i.** Solicitar e avaliar dados de geração de resíduos sólidos urbanos de Nova Andradina.
- ii.** Investigar os custos de implantação de uma usina de incineração.
- iii.** Levantamento dos custos e receitas da geração de energia elétrica a partir desses resíduos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Por definição, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, os resíduos sólidos são os materiais provenientes das atividades humanas que são considerados inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Esses materiais geralmente apresentam-se em estado sólido, semissólido ou semilíquido, e não são passíveis de tratamento convencional. É importante ressaltar que os resíduos sólidos podem ser gerados a partir de diversas origens, tais como atividades residenciais, comerciais, industriais, de saúde e hospitalares, varrição e feiras livres, entre outras (ABNT, 2023)

Ainda de acordo com a ABNT, os resíduos sólidos também podem ser classificados de acordo com sua natureza física (seco ou molhado), sua composição química (matéria orgânica ou inorgânica) e pelos riscos potenciais que representam para o meio ambiente. Essa classificação é importante para determinar o tratamento adequado que deve ser aplicado em cada tipo de resíduo, visando minimizar os impactos ambientais (ABNT, 2023).

Com o aumento da urbanização em todo o mundo, a quantidade de resíduos sólidos urbanos também está constantemente aumentando. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), são gerados cerca de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por ano em todo o mundo. Essa quantidade deve aumentar para 3,4 bilhões de toneladas até 2050, caso medidas mais efetivas de gestão de resíduos não sejam adotadas. Esses valores representam um aumento de mais de 70% em relação aos níveis de 2016. No Brasil, por exemplo, a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados chegou a 79 milhões de toneladas em 2019, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019).

No entanto, a gestão adequada desses resíduos é crucial para a saúde pública e o meio ambiente, pois a disposição inadequada pode levar à contaminação do solo, da água e do ar. Além disso, a decomposição dos resíduos orgânicos em aterros sanitários emite metano (CH_4), um dos gases de efeito estufa mais potentes.

De acordo com Fernandes (2011), que analisou a geração desse gás em um lixão no município de Inconfidentes - MG, um lixão tem em média uma geração de 200 m^3 por tonelada de RSU depositada. Uma possível solução para a geração de metano é a geração de energia elétrica através da sua queima. O processo de queima do CH_4 é uma solução viável para geração

de energia, visto que o CH₄ é 21 vezes mais poluente que o CO₂, que é liberado no processo de queima (OZAIR SOUZA et al, 2009).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a gestão de resíduos sólidos urbanos é responsável por cerca de 5% das emissões globais de gases de efeito estufa. Além disso, a poluição do ar causada pela queima de resíduos em lixões e aterros pode afetar a saúde das comunidades vizinhas, com alto risco de prejudicar o solo e até mesmo o lençol freático de uma região (IPCC, 2023).

Para enfrentar esses desafios, é necessário investir em tecnologias e práticas mais sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Por exemplo, a implementação de programas de coleta seletiva e de compostagem pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários e a emissão de gases de efeito estufa. Com a coleta seletiva, o volume de resíduos destinados a aterros e lixões diminui consideravelmente, além de promover a reciclagem e retorno desse material para a criação de novos produtos.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008), o Brasil apresentava 451 programas de coleta seletiva, número esse que aumentou para 994 em 2008. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente de 2021, estima-se que cerca de 79,5% dos municípios brasileiros (cerca de 2.500 cidades) possuam algum tipo de programa de coleta seletiva de resíduos sólidos em funcionamento (PNSB, 2008).

Além disso, o uso de tecnologias de conversão de resíduos em energia, como a geração de biogás a partir de resíduos orgânicos, pode contribuir para a produção de energia limpa e a redução da emissão de gases de efeito estufa.

2.1.1 RSU no Brasil

O Brasil é um dos maiores geradores de resíduos sólidos urbanos do mundo. De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2020, o país produziu cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2018, sendo que apenas 18,5% foram destinados de forma adequada, ou seja, em aterros sanitários licenciados e com medidas de controle ambiental. De acordo com Barroso (2013), o PNRS é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente, e o plano deve conter metas e definir prioridades a respeito do controle de resíduos sólidos no Brasil (BARROSO, 2013). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), o Brasil registra a coleta de 228.413 toneladas de resíduos sólidos diariamente, sendo que 125.258 toneladas referentes aos resíduos domiciliares (PNSB, 2000).

Esse cenário é preocupante, uma vez que a falta de disposição adequada dos resíduos pode gerar impactos ambientais e de saúde pública, como a contaminação do solo e da água, a proliferação de vetores de doenças, além da emissão de gases de efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global.

O grande volume de resíduos gerados representa um desafio para as políticas públicas e gestão ambiental, já que o descarte inadequado pode gerar impactos negativos para a saúde pública e o meio ambiente, como poluição do solo e das águas, além de contribuir para a proliferação de doenças e aumento do risco de enchentes (SANTOS, 2008).

2.1.2 Problemas acerca dos lixões a céu aberto

No Brasil, os lixões a céu aberto ainda são uma realidade em muitas cidades. Infelizmente, essa prática traz inúmeros problemas ambientais, sociais e de saúde pública, afetando diretamente a qualidade de vida da população e o meio ambiente. Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), 2.188 municípios brasileiros ainda depositam seus resíduos em lixões a céu aberto. Isso representa cerca de 39,5% dos municípios brasileiros e afeta a vida de mais de 77 milhões de pessoas (ABRELPE, 2021).

Os lixões a céu aberto são locais onde o lixo é despejado sem qualquer tipo de tratamento ou controle ambiental. O lixo acumulado no local não só polui o ar, o solo e a água, como também atrai animais e insetos, que podem transmitir doenças. Além disso, os lixões a céu aberto também contribuem para a emissão de gases de efeito estufa, como o metano, que é produzido pela decomposição do lixo orgânico. De acordo com Fernandes, 2010, o metano (CH₄) é um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global e é aproximadamente 21 vezes mais poluente que o CO₂, gás gerado no processo de queima (OZAIR SOUZA et al, 2009). Por isso, é fundamental que as autoridades tomem medidas para evitar a sua emissão.

Para lidar com essa questão, o país conta com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece as diretrizes para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS prevê a eliminação dos lixões a céu aberto até 2024 e a implantação de aterros sanitários adequados.

No entanto, a realidade é que muitas cidades ainda não têm estrutura para cumprir essas determinações, o que leva a uma perpetuação dos lixões a céu aberto. A falta de investimento em infraestrutura e de capacitação técnica dos profissionais envolvidos na gestão dos resíduos sólidos são alguns dos principais obstáculos para a eliminação dos lixões (DE PAULA et. al., 2017).

Em suma, os lixões a céu aberto no Brasil são uma grave questão que exige ação imediata das autoridades e conscientização da população. A eliminação desses locais é fundamental para a preservação do meio ambiente e a garantia da qualidade de vida das pessoas.

2.1.3 Diferentes Classes de RSU

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma questão importante para garantir a preservação do meio ambiente e a saúde da população. De acordo com a NBR 10004/04, existem quatro classes de RSU: Classe I - perigosos; Classe II A - não inertes e Classe II B - inertes.

A Classe I, que é composta pelos resíduos perigosos, é constituída por materiais que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente. Esse tipo de resíduo é composto por materiais tóxicos, inflamáveis, corrosivos, entre outros, que precisam ser manuseados com cuidado e tratados de maneira específica para evitar contaminações. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2020, foram produzidas cerca de 3,3 milhões de toneladas de resíduos perigosos no Brasil (ABRELPE, 2021).

A Classe II A, que é composta pelos resíduos não inertes, é formada por materiais que podem apresentar perigo ao meio ambiente e à saúde pública, mas que podem ser tratados e dispostos em aterros sanitários. Esse tipo de resíduo é constituído por materiais orgânicos, plásticos, metais, papéis, entre outros, e é gerado principalmente por atividades industriais e comerciais. Em 2020, foram produzidas cerca de 67,3 milhões de toneladas de resíduos não inertes no Brasil (ABRELPE, 2021).

A Classe II B, que é composta pelos resíduos inertes, é formada por materiais que não apresentam perigo ao meio ambiente e à saúde pública e que podem ser dispostos em aterros de resíduos inertes. Esse tipo de resíduo é composto por materiais como entulhos de construção

civil, restos de demolição, entre outros. Em 2020, foram produzidos cerca de 8,6 milhões de toneladas de resíduos inertes no Brasil (ABRELPE, 2021).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos é um desafio para os gestores públicos e privados, uma vez que é necessário implementar soluções eficientes e sustentáveis para evitar a contaminação do meio ambiente e garantir a saúde da população. Uma das soluções que vem sendo implementada nos últimos anos é a incineração de resíduos sólidos urbanos. Esse processo consiste em queimar os resíduos em altas temperaturas, transformando-os em cinzas e gases. Essa técnica é capaz de reduzir significativamente o volume dos resíduos e minimizar os impactos ambientais causados pelo seu acúmulo em aterros sanitários.

2.2 POLÍTICAS NACIONAIS ACERCA DE RSU

2.2.1 Legislação e marcos regulatórios

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, é o principal marco regulatório que orienta as políticas públicas relacionadas aos RSU no Brasil. A PNRS estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, além de determinar responsabilidades compartilhadas entre os geradores, poder público e sociedade.

Desde a sua promulgação, a PNRS vem sendo implementada gradualmente pelos municípios brasileiros, que têm como meta acabar com os lixões até 2024. A partir de então, todos os resíduos sólidos urbanos deverão ser destinados a aterros sanitários.

2.2.2 Situação atual dos RSU no Brasil

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2019, 79,5% dos municípios brasileiros possuem algum tipo de coleta seletiva de resíduos, o que representa um aumento de 5,4% em relação a 2017. Entretanto, apenas 17,7% dos resíduos coletados são encaminhados para reciclagem ou reutilização (SNIS, 2019).

Além disso, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), em 2020 foram gerados no Brasil 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde a um aumento de 3% em relação a 2019. Desse total, apenas 47,5% foram destinados adequadamente, ou seja, em aterros sanitários.

2.2.3 Políticas públicas para a gestão dos RSU no Brasil

A gestão dos RSU no Brasil é de responsabilidade dos municípios, que devem implementar as políticas públicas estabelecidas pela PNRS. Dentre as ações que podem ser adotadas pelos gestores públicos, destacam-se:

- Coleta seletiva: é uma medida importante para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, além de estimular a economia circular. No entanto, a coleta seletiva ainda é um desafio para muitos municípios brasileiros, especialmente os de menor porte.
- Compostagem: é uma técnica utilizada para o tratamento de resíduos orgânicos, que são transformados em adubo, além de reduzir a quantidade de resíduos destinados.

2.2.4 Políticas Estaduais do Mato Grosso do Sul acerca de RSU

O Plano Estadual dos Resíduos Sólidos do Estado do Mato Grosso do Sul (PERS/MS) foi instituído pela Lei nº 4.631/2014, e tem como objetivo principal orientar a gestão integrada dos resíduos sólidos no estado. O plano foi elaborado por meio de um processo participativo que envolveu a sociedade civil, setor empresarial e poder público, e abrange todas as etapas do gerenciamento de resíduos sólidos, desde a geração até a destinação final.

O PERS/MS estabelece uma série de metas para o estado, como a redução da geração de resíduos, o aumento da reciclagem e da compostagem, a destinação final adequada e a ampliação da coleta seletiva. Além disso, o plano também prevê a criação de instrumentos para a gestão integrada dos resíduos, como o sistema de logística reversa, a fiscalização ambiental e o incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.

Outro ponto importante do PERS-MS é a implementação de políticas de incentivo à coleta seletiva e à logística reversa, a fim de garantir a destinação adequada de resíduos específicos, como pilhas e baterias, pneus, embalagens e medicamentos vencidos. O plano também prevê a criação de instrumentos de gestão de resíduos sólidos, como o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que deve ser elaborado e implementado por empresas geradoras de resíduos.

No entanto, apesar dos avanços proporcionados pelo PERS-MS, ainda há desafios a serem enfrentados na gestão dos resíduos sólidos no estado do Mato Grosso do Sul. Um dos

principais desafios é a falta de infraestrutura adequada para a destinação final dos resíduos, o que pode comprometer os objetivos estabelecidos pelo plano.

2.3 GESTÃO DE RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA

O município de Nova Andradina conta com um aterro sanitário gerido por uma empresa terceirizada e regulamentada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Integrado (SEMDI). De acordo com dados da secretaria, Nova Andradina registra, em média, uma coleta de 800 toneladas de resíduos sólidos urbanos todo mês. O município também conta com um frigorífico da JBS, que é a maior produtora de alimento da região e, por sua vez, tem uma parcela considerável no total de resíduos finais do município.

Esses resíduos são direcionados para tratamento e deposição no aterro municipal, que segue uma série de etapas para deposição correta. De acordo com o sítio digital da prefeitura, essas são as etapas da deposição no aterro sanitário municipal:

- A base do aterro é composta por um sistema de drenagem de chorume;
- A base é colocada sobre uma camada impermeável de polietileno de alta densidade (PEAD) e uma camada de solo compactado, para evitar o vazamento de líquidos no solo e a contaminação dos lençóis freáticos;
- O interior do aterro possui um sistema de drenagem de gases, permitindo a coleta do biogás (composto de metano, CO₂ e vapor de água) e sua posterior queima ou utilização na geração de energia;
- Todos os resíduos são cobertos por camadas de terra ou argila, e há um sistema de drenagem de águas pluviais para evitar a infiltração de água da chuva;
- O aterro sanitário deve ser monitorado constantemente;
- O perímetro do aterro deve ser cercado para impedir a entrada de pessoas e animais;
- O aterro deve estar equipado com uma balança para controle da quantidade de resíduos recebidos;
- Também é necessário um posto de controle, um prédio administrativo e uma oficina;
- Finalmente, o aterro deve estar localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d'água.

2.4 USINA DE INCINERAÇÃO DE RSU

O aumento na produção de RSU tem gerado grandes desafios para a gestão de resíduos no país, incluindo problemas como a poluição do solo, água e ar, além de impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente. Nesse contexto, as usinas de incineração de RSU têm surgido como uma alternativa viável para a gestão desses resíduos.

Ao longo dos anos, as usinas de incineração evoluíram significativamente em termos de tecnologia e eficiência. Atualmente, as tecnologias mais modernas são capazes de queimar os resíduos com eficiência e segurança, minimizando os impactos ambientais e produzindo energia limpa e renovável.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), existem atualmente no Brasil cerca de 20 usinas de incineração de RSU em operação. Essas usinas são capazes de processar mais de 3 mil toneladas de resíduos por dia, gerando energia elétrica suficiente para abastecer milhares de residências (ABRELPE, 2021).

Além disso, a incineração de RSU pode ser uma opção para o tratamento de resíduos que não podem ser reciclados ou compostados, como resíduos hospitalares ou químicos. Ainda de acordo com a Abrelpe, cerca de 5% dos resíduos gerados no Brasil são considerados resíduos perigosos e requerem tratamento especializado, como a incineração.

A gestão de resíduos deve ser abordada de forma integrada e sustentável, visando sempre à proteção da saúde pública e do meio ambiente. A incineração deve ser vista como uma opção complementar a outras práticas mais sustentáveis, como a coleta seletiva e a compostagem.

2.4.1 Funcionamento de uma usina de incineração

Uma usina de incineração de resíduos sólidos é uma instalação industrial responsável por transformar resíduos em energia. De acordo com a Caixeta, 2005, o processo de incineração ocorre a altas temperaturas, geralmente acima de 900°C, e é capaz de reduzir o volume de resíduos em até 90%.

Atualmente, a incineração desses resíduos evoluiu consideravelmente, e é possível realizar a reciclagem da energia da queima. Essa energia pode ser utilizada como mecanismo de aquecimento, seja para a geração de vapor, geração de energia elétrica ou refrigeração (Caixeta, 2005).

O funcionamento de uma usina de incineração começa com a recepção dos resíduos. Eles são descarregados em uma área de armazenamento e passam por uma seleção, que consiste na separação dos resíduos que não são adequados para incineração, como materiais recicláveis, orgânicos e perigosos. Em seguida, os resíduos selecionados são triturados em pedaços menores, chamados de combustível derivado de resíduos (CDR).

Após a seleção e trituração, os resíduos são encaminhados para a câmara de combustão, onde são queimados em alta temperatura. Esse processo gera calor, que é aproveitado para produzir vapor de água. O vapor é direcionado para uma turbina, que gera energia elétrica. Essa energia pode ser utilizada para abastecer a própria usina ou ser vendida para a rede elétrica local.

O processo de incineração também gera gases, que precisam passar por um sistema de filtragem para a remoção de poluentes, como dioxinas e furanos. O sistema de filtragem é composto por diversos equipamentos, como lavadores de gases, filtros de mangas e catalisadores. Esses equipamentos são responsáveis por garantir que os gases emitidos pela usina estejam dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental.

Pelo fato de os resíduos serem compostos de diferentes tipos de material, nocivos a sociedade ou não, se faz necessário um processo rigoroso de controle utilizando equipamentos de controle de poluição (ECP), e uma fiscalização por parte dos órgãos responsáveis pelo controle de emissão de gases poluentes (Caixeta, 2005).

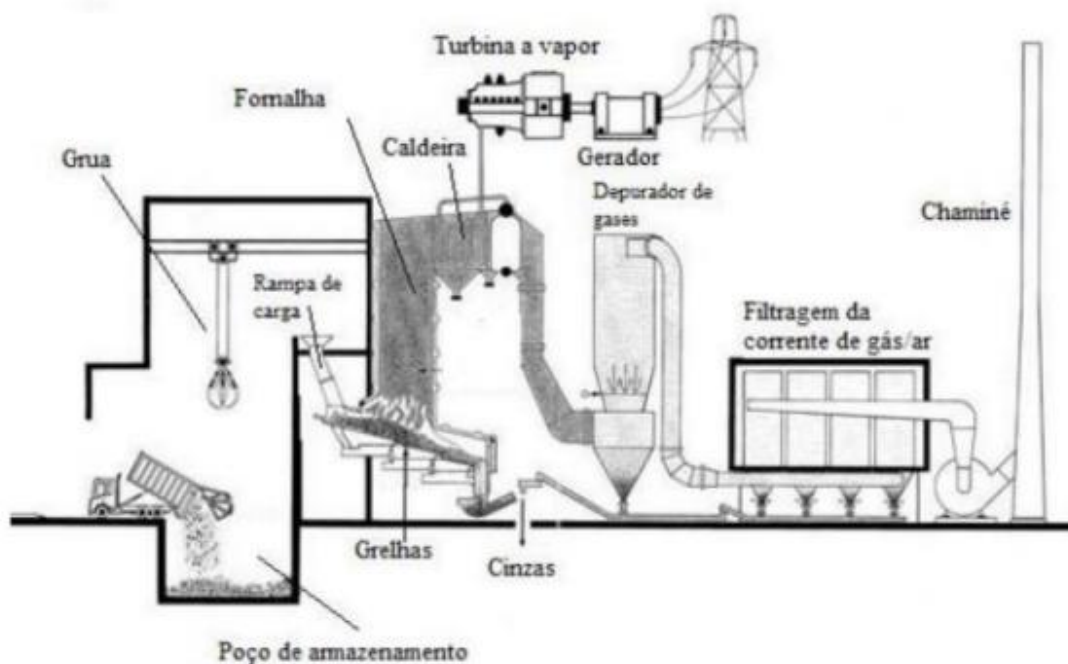


Figura 1: Esquema de usina WTE (Waste-to-Energy). Fonte: LOPES, 2021.

3 METODOLOGIA

Para o levantamento de dados acerca dos resíduos sólidos urbanos de Nova Andradina e maior compreensão de como é realizado o processo de coleta de lixo na cidade e seu destino foi necessária a realização de entrevistas não estruturadas com os dirigentes responsáveis pelo gerenciamento ambiental da cidade, como a secretária do meio ambiente e o engenheiro responsável pelo aterro municipal. Também foram utilizados os planos de manejo de RSU como fonte secundária de informação, assim como informações disponíveis em sítios digitais do município.

Para a realização do projeto foi realizada uma solicitação no portal de atendimento da prefeitura municipal de Nova Andradina, que enviou ao discente uma série de arquivos contendo relatórios mensais da coleta de lixo municipal e uma tabela de pesagem do aterro sanitário. A solicitação foi necessária pois o aterro sanitário municipal é administrado e gerido por uma empresa terceirizada.

Quanto às competências ao realizar esse tipo de levantamento foi estudada a legislação empregada ao assunto, bem como os conceitos ambientais e de sustentabilidade acerca da geração, coleta e deposição de resíduos sólidos urbanos. Também foi realizado um estudo sobre viabilidade econômica de empreendimentos de geração de energia elétrica aplicados em uma usina de incineração de resíduos sólidos urbanos.

Após o levantamento desses dados realizou-se o cálculo do potencial energético que os RSU de Nova Andradina apresentam, o qual permitiu uma estimativa de carga energética, bem como a quantidade de pessoas que podem ser beneficiadas com a instalação da usina de incineração.

Para a realização da análise de viabilidade econômica e financeira foram utilizadas ferramentas de cálculo como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno (*Payback*).

3.1 DADOS DE RSU EM NOVA ANDRADINA

Para a realização do estudo de potencial energético dos resíduos sólidos urbanos do município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul foram utilizados relatórios disponibilizados pelo portal de atendimento ao cidadão. O município possui apenas um aterro sanitário e, pelo fato de ser gerido e administrado por uma empresa terceirizada, foi necessário realizar uma solicitação de documentos para pesquisa acadêmica.

Os documentos recebidos para a pesquisa são compostos por uma série de relatórios mensais do ano de 2022, e um relatório referente ao mês de janeiro de 2023, no qual existe um panorama de como foi o ano de 2022 com relação à coleta do lixo municipal. Também foi recebida uma tabela dinâmica em Excel, com dados acerca da coleta de lixo desde 2019 e que englobam todo tipo de rejeito destinado ao aterro.

3.1.1 Município de Nova Andradina

A região escolhida para a pesquisa foi o município de Nova Andradina, no Mato Grosso do Sul. A cidade fica na região sudeste do estado, e está a 300 quilômetros da capital Campo Grande. De acordo com dados do censo (IBGE, 2021), Nova Andradina possui uma população estimada de 56.057 habitantes. A Figura 1 mostra o território que o município ocupa:



Figura 2: Mapa Municipal de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul. (<<https://www.cidade-brasil.com.br/mapa-nova-andradina.html>>. Acesso em 30 de março de 2023)

3.1.2 Dados de RSU em Nova Andradina

De acordo com o 44º Relatório Técnico Operacional da empresa Transresíduos Ambiental S.A (2023), que é a empresa responsável pelo aterro municipal, Nova Andradina apresentou uma média de 819,77 toneladas de resíduos sólidos urbanos por mês. É importante ressaltar que esse valor não inclui material da coleta seletiva, que no ano de 2022 teve uma média de 26,75 toneladas mensais, um volume muito menor quando comparado ao volume de

RSU. Seguindo esses valores médios mensais, é possível estimar que seria possível abastecer uma usina de incineração com um material equivalente a 27,40 toneladas por dia. Para avaliar o cenário de abastecimento da usina, será considerado o valor de 24 toneladas por dia de RSU destinados ao processo de incineração.

O Gráfico 1 apresenta os registros mensais da coleta de lixo municipal, com dados do ano de 2022.

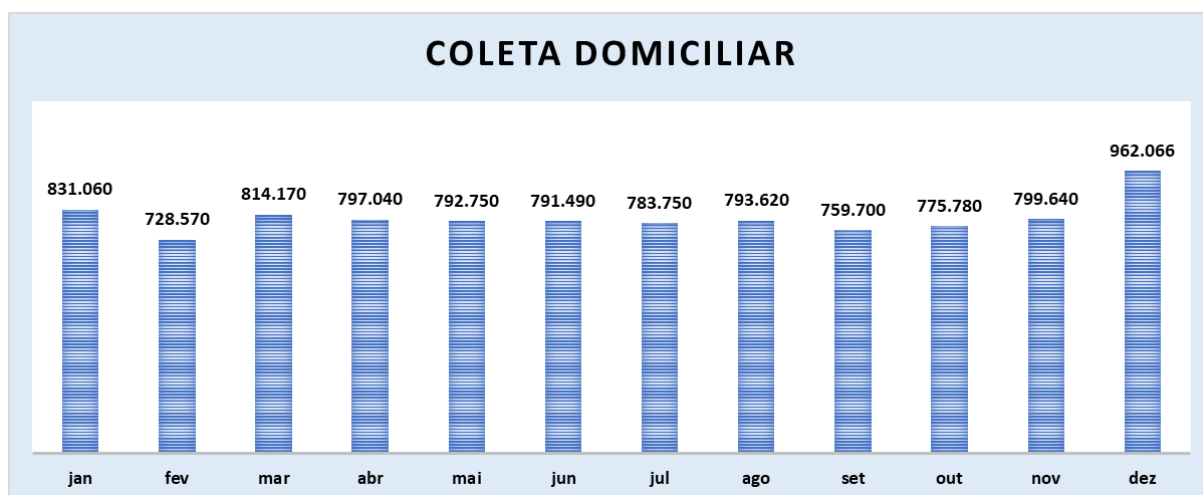


Gráfico 1: dados da coleta de RSU de Nova Andradina no ano de 2022 (gerado pelo autor a partir dos dados presentes na tabela de controle de balanço do aterro municipal).

3.1.3 Dados de Relatórios Operacionais do Aterro Municipal

Para o controle de logística e pesagem dos resíduos sólidos urbanos no município de Nova Andradina, a empresa responsável pelo aterro, Transresíduos Ambiental S.A., realiza o desenvolvimento de relatórios mensais. Tais relatórios apresentam dados acerca da pesagem, logística, mão de obra, coleta seletiva e atividades como conscientização e educação ambiental.

O relatório final de cada ano apresenta dados do mês de dezembro, bem como um panorama geral a respeito das atividades realizadas durante o ano todo. Um dos principais objetivos desses relatórios é ter controle sobre logística e pesagem do material a ser depositado no aterro, como pode-se observar na Tabela 1, presente no 44º Relatório Técnico Operacional da Transresíduos Ambiental S.A. referente ao mês de dezembro de 2022:

SERVIÇO	COLETA DOMICILIAR
ANO	2022
MÊS	DEZEMBRO

ORIGEM	Anos	DATA ENTRADA	HORA ENTRADA	DATA SAÍDA	HORA SAÍDA	PESO ENTRADA (kg)	PESO SAÍDA (kg)	PLACA	PESO LÍQUIDO (Kg)
		dez	07:55	01/12/2022	07:55:00 AM	12400	9970	QAV7C85	2.430,00
		dez	07:55	01/12/2022	07:55:00 AM	15320	8720	HS0879	6.600,00
		dez	07:55	01/12/2022	07:55:00 AM	15680	9620	HQ8077	6.060,00
		dez	07:56	01/12/2022	07:56:00 AM	13820	9970	QAV7C85	3.850,00
		dez	08:01	01/12/2022	08:10:00 AM	12370	8720	HS0879	3.650,00
		dez	09:07	01/12/2022	09:15:00 AM	14890	10000	QAV7C86	4.890,00
		dez	09:36	01/12/2022	10:24:00 AM	13720	9310	NRL8783	4.410,00
		dez	10:34	01/12/2022	10:51:00 AM	12430	9970	QAV7C85	2.460,00
		dez	13:31	01/12/2022	01:41:00 PM	11680	9640	HQ8077	2.040,00
		dez	07:33	02/12/2022	07:33:00 AM	13650	8770	HS0879	4.880,00
		dez	07:33	02/12/2022	07:33:00 AM	14020	9980	QAV7C86	4.040,00
		dez	07:48	02/12/2022	07:54:00 AM	15230	9920	QAV7C85	5.310,00
		dez	07:51	02/12/2022	08:00:00 AM	13730	8680	HS0879	5.050,00
		dez	09:41	02/12/2022	10:00:00 AM	15360	9620	HQ8077	5.740,00
		dez	09:59	02/12/2022	10:08:00 AM	12320	9280	JVQ5187	3.040,00
		dez	10:28	02/12/2022	10:36:00 AM	13480	9980	QAV7C86	3.500,00
		dez	11:37	02/12/2022	11:56:00 AM	14080	9880	QAV7C85	4.200,00
		dez	12:41	02/12/2022	12:49:00 PM	13690	8620	HS0879	5.070,00

Transresíduos Ambiental S/A

Tabela 1: QUANTITATIVO DE RESÍDUOS COLETA DOMICILIAR (44º Relatório Técnico Operacional da Transresíduos Ambiental S.A)

3.1.4 Coleta Seletiva Municipal

Os relatórios da Transresíduos Ambiental S.A trazem informações a respeito da coleta seletiva local, como o manejo, logística e pesagem. É registrado também as atividades acerca de conscientização e educação ambiental no município, como o uso de carros de som para divulgar informações de horários de coleta e como separar materiais domésticos recicláveis. Na Figura 3, é possível visualizar um panorama da coleta seletiva em Nova Andradina entre os anos de 2019 e 2022, permitindo uma análise da evolução de tal processo:

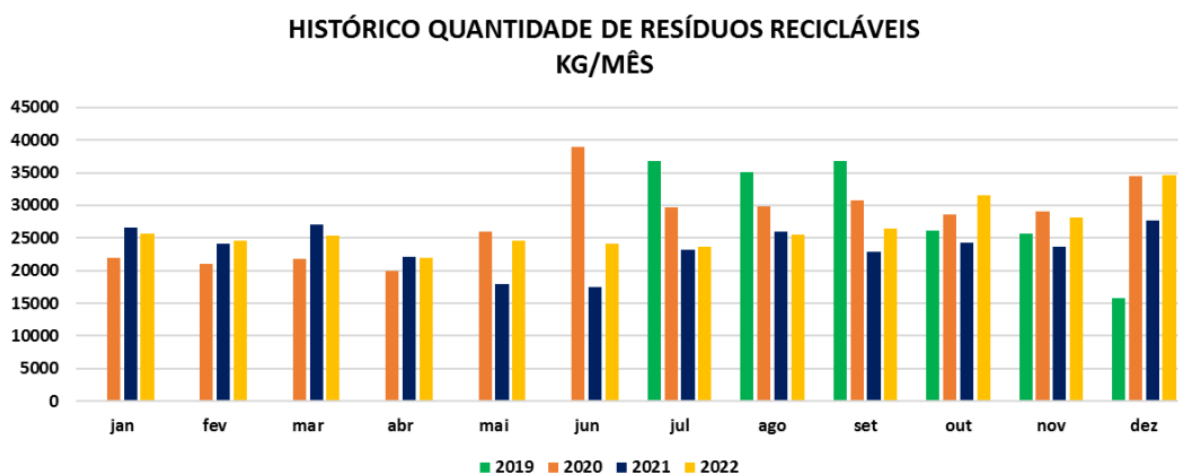


Figura 3: - Histórico da quantidade de resíduos coletados na coleta seletiva de 2019 a 2022. (44º Relatório Técnico Operacional da Transresíduos Ambiental S.A)

3.2 PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RSU

Para calcular a projeção da geração de resíduos sólidos urbanos de Nova Andradina foram utilizados dados de crescimento populacional fornecidos pelo Portal do Governo de Mato Grosso do Sul. Segundo um relatório da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar (SEMAGRO), o estado teve um índice de crescimento populacional acima da média nacional.

Enquanto o Brasil apresenta, desde 2011, um índice de 10,88%, Mato Grosso do Sul teve um índice registrado de 14,6% no mesmo período. Porém, segundo registros do IBGE ao longo dos anos, a taxa de crescimento médio de Nova Andradina nos últimos 7 anos foi muito menor em relação à taxa estadual, sendo de apenas 1,66%. Essa taxa de crescimento foi aplicada ao cálculo de projeção de população futura, apresentada na Equação 1 (SOUZA, 2020):

Cálculo da população futura

$$PF = PA(1 + i)^n \quad (1)$$

Onde:

PA: População atual;

PF: População Futura

i: Taxa de crescimento médio populacional

n: Tempo de crescimento populacional

3.3 RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DA INCINERAÇÃO

De acordo com (SOUZA, 2020), é possível estimar o potencial de recuperação energética no processo de incineração de RSU utilizando a Equação 2:

Potencial de Recuperação Energética de Incineração de RSU

$$ERP = W_{dry} \times LHV \times n \quad (2)$$

Onde:

ERP: Potencial de recuperação energética (kWh)

W_{dry}: Massa seca de resíduo (kg)

LHV: Poder calorífico inferior presente na massa de resíduo kWh

n: Coeficiente de conversão de energia dos incineradores

Baseado no trabalho realizado por (SOUZA, 2020), que propõe a instalação de uma usina de incineração na região norte do estado do Tocantins, foi realizado um orçamento por parte de uma empresa chamada Luftech, que realizou uma oferta de instalação de uma planta de incineração com capacidade de tratamento de 1000 Kg/h e poder calorífico de 2600 Kcal/Kg. Para o cálculo, foi adotado o valor de “n” como 30%.

Ao encontrar o valor de ERP, o resultado é aplicado ao cálculo de receita com produção de energia gerada pela planta, através da Equação 3:

Receita com produção de energia

$$E_{rev} = ET \times ERP \quad (3)$$

Onde:

E_{rev}: Receita anual de energia

ET: Tarifa de energia (R\$/kWh)

ERP: Potencial de recuperação energética

3.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DA PLANTA DE INCINERAÇÃO

De acordo com (OLIVEIRA, 2014), há um aumento na demanda de aterros sanitários no Brasil, e os gastos com manutenção e criação de novos aterros fazem com que a procura por

novas tecnologias de deposição residual aumente. Dentre as alternativas, a incineração de RSU tem ganhado destaque no cenário mundial.

As tecnologias disponíveis hoje podem ter uma previsão de produção entre 0,4 e 0,95 kWh/ton, de acordo com (SOUZA, 2020). Para se avaliar economicamente um projeto como esse, se faz necessário alguns cálculos de viabilidade econômica. Dentre os mais importantes, de acordo com (OLIVEIRA, 2014), destacam-se:

- **Taxa Interna de Retorno (TIR):** uma técnica econômica que mede a rentabilidade de um investimento ao longo do tempo. Essa taxa é calculada com base no fluxo de caixa de um projeto de investimento, considerando seus desembolsos e recebimentos futuros. É uma taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que seu VPL (Valor Presente Líquido) seja zero.
- **Valor Presente Líquido (VPL):** Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica financeira usada para avaliar a viabilidade de projetos de investimento. Representa o valor presente de um fluxo de caixa futuro descontado a uma taxa de juros apropriada. No cálculo do VPL são somados os fluxos de caixa futuros do projeto, descontados com juros, e subtraído o valor originalmente investido. Se o resultado for positivo, significa que o projeto é viável porque seu valor atual é maior que o investimento inicial. Caso contrário, o projeto não é viável porque seu valor presente é inferior ao investimento inicial.
- **Tempo de Retorno (Payback):** O tempo de retorno, também conhecido como Payback, é uma métrica financeira usada para estimar quanto tempo um projeto de investimento precisa para gerar fluxos de caixa suficientes para recuperar o valor investido. No cálculo do payback, divide-se o investimento inicial pelo fluxo de caixa gerado em cada etapa do projeto. O resultado é o número de ciclos necessários para pagar o investimento inicial.

3.4.1 Cálculo da Taxa Interna de Retorno

De acordo com (BRITO, 2013), a TIR apresenta diversas vantagens, incluindo a consideração do fluxo de caixa completo do projeto e a valorização do dinheiro no tempo. Além

disso, a TIR é uma medida relativa à taxa de juros, o que facilita a sua compreensão. O cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR) se dá através da Equação 4:

$$\text{Cálculo do TIR}$$

$$TIR = \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} - F_0 = 0 \quad (4)$$

Onde:

TIR: a Taxa Interna de Retorno

n: Número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa. Isso pode variar de um único período a vários anos, dependendo do projeto ou investimento em questão.

Fn: Cada valor individual no fluxo de caixa. Esses valores podem incluir receitas, despesas, investimentos iniciais e outros fluxos de caixa relevantes para o projeto.

i: a taxa de juros comparativa, também conhecida como taxa mínima de atratividade, taxa de equivalência, taxa de expectativa ou taxa de desconto, é usada para avaliar a viabilidade de um projeto de investimento em relação a outras oportunidades de investimento disponíveis. É uma medida importante a considerar ao avaliar a TIR e outros indicadores de rentabilidade de um projeto.

3.4.2 Cálculo do Valor Presente Líquido

É possível realizar o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) através da Equação 5 (BRITO, 2013):

$$\text{Cálculo do VPL}$$

$$VPL = \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} - F_0 \quad (5)$$

Onde:

VPL: O Valor Presente Líquido é um indicador financeiro utilizado para avaliar a viabilidade de um projeto ou investimento.

n: O número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa. Isso pode variar de um único período a vários anos, dependendo do projeto ou investimento em questão.

Fn: Cada valor individual no fluxo de caixa é representado por "Fn". Esses valores podem incluir receitas, despesas, investimentos iniciais e outros fluxos de caixa relevantes para o projeto.

i: A taxa de juros comparativa, também conhecida como taxa mínima de atratividade (TMA), taxa de equivalência, taxa de expectativa ou taxa de desconto, é usada para calcular o valor presente líquido do projeto. É uma medida importante a considerar ao avaliar a viabilidade financeira de um investimento.

3.4.3 Cálculo do Tempo de Retorno

O método do Prazo de Retorno, também conhecido como *Payback* ou Prazo de Recuperação do Investimento, é uma técnica utilizada para calcular o tempo necessário para que os benefícios de um investimento cubram seus custos, considerando uma determinada taxa de juros. De acordo com SOUZA (2020), esse método fornece o número de períodos do fluxo de caixa em que a soma dos benefícios é igual à soma dos custos.

O Payback é calculado como o número de períodos necessários para que a soma das receitas nominais líquidas futuras iguale ao valor do investimento inicial. Em outras palavras, é o número de anos em que a soma do fluxo de caixa a partir do investimento inicial se torna nula. Esse método é importante porque fornece um índice de fácil manuseio para estimar os ganhos associados ao retorno ou pagamento do investimento inicial. Além disso, o Payback tem um grande potencial de decisão comparativa, ajudando os investidores a identificar as melhores alternativas de investimento. A Equação 6 é utilizada para determinar o tempo de retorno a partir do Payback:

Cálculo do Payback

$$Payback = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Valor de Entrada Médio}} \quad (6)$$

3.5 CENÁRIO IDEAL DE INSTALAÇÃO

De acordo com os dados fornecidos pela empresa Luftech, a planta de incineração apresenta uma taxa de manutenção e operação de 10% da receita gerada pela usina. O retorno do investimento se dá ao aumento da geração de renda ao longo do período de 20 anos estipulado para a planta, e pelo aumento nos valores de tratamento de RSU e de geração de energia através do processo de incineração. Tendo a receita da planta estimada em R\$ 5.880.469,93, a taxa de manutenção anual da usina de incineração será de aproximadamente R\$ 588.047 ao ano (SOUZA, 2020).

Para o cenário ideal para a instalação da planta incineradora, segundo Souza (2020), considera-se previamente valores ideais dos parâmetros de viabilidade econômica. No caso do VPL, atribui-se um valor zero, e para o TIR deve-se considerar igual ao valor da Taxa Mínima Atrativa (TMA), ou Taxa Selic, do ano referência. A Taxa Selic de 2023 registra um valor de 13,8% (BCB, 2023).

3.6 PODER CALORÍFICO INFERIOR

Segundo SOUZA (2020), os métodos atuais de tratamento de resíduos garantem a geração de energia de forma ambientalmente adequada e eficiente. É importante destacar que a normativa de eficácia do tratamento térmico deve ser cumprida, o que significa que não é permitido utilizar resíduos com baixo valor energético agregado, mesmo que o seu Poder Calorífico Inferior (PCI) não precise ser considerado permanentemente para definir o destino dos Resíduos Sólidos Urbanos. Portanto:

- A incineração não é técnica e economicamente viável para $PCI < 1.675 \text{ Kcal/Kg}$ e, além disso, requer o uso de combustível auxiliar;
- Para PCI entre 1.675 Kcal/Kg e 2.000 Kcal/Kg , é necessária uma pré-tratamento para tornar a incineração viável tecnicamente;
- Para $PCI > 2.000 \text{ Kcal/Kg}$, a queima direta (*mass burning*) é tecnicamente viável.

Para a realização da instalação de uma planta incineradora de RSU, foi utilizada a proposta feita pela empresa LUFTECH, de acordo com SOUZA, em 2020. O modelo de planta de incineração foi escolhido devido ao fato de ter uma capacidade de volume de material condizente com o volume de RSU gerado no município de Nova Andradina, que estima uma

geração de 27,40 toneladas por dia (44º Relatório Técnico Operacional da empresa Transresíduos Ambiental S.A., 2023).

Dados da Planta de Incineração					
Modelo do equipamento	Capacidade de queima nominal	Poder Calorífico Inferior	Densidade de Resíduos	Umidade inferior a	Energia Térmica Gerada
INCINERADOR RGH 3000 – FL 8500	1 ton/hora	2.600 Kcal/Kg	1,6 Kg/m ³	25%	3020 KW/h

Tabela 2: Dados fundamentais da planta de incineração (SOUZA,2020)

A Figura 3 seguir detalha o fluxograma da planta proposta pela empresa LUFTECH, apresentada por SOUZA (2020):

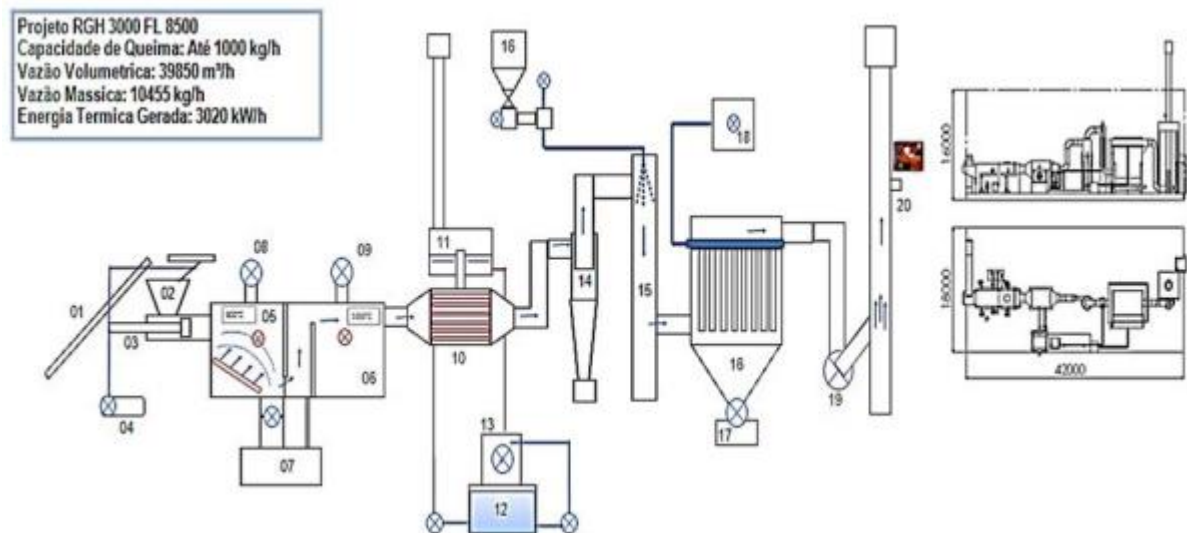


Figura 3: Fluxograma do processo RGH 3000 FL 8500. Fonte: SOUZA, 2020.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RECEITA DA INCINERAÇÃO DE RSU

4.1.1 Receita pelo Tratamento

A planta tem a capacidade de processar 24 toneladas por dia e cada tonelada de resíduos tratados custa aproximadamente R\$215,49, de acordo com o site de indicadores digitais OBSERVAVIX (acesso em 30 de março de 2023). Prevê-se que a planta gere uma receita anual de R\$1.887.692,40 ao tratar os resíduos e matéria orgânica.

4.1.2 Recuperação Energética

Além do processo de tratamento do RSU utilizado no processo de incineração, a planta também gera renda com a energia que produz. O volume de material processado diariamente pela usina é de 24 toneladas, sendo 8.760 toneladas por ano. O poder calorífico dos resíduos submetidos ao processo de incineração será de 1.816 Kcal/kg, conforme Souza, 2020. Para o cálculo do potencial de recuperação energética do processo de incineração, utiliza-se a Equação 2, junto aos dados apresentados na metodologia:

$$ERP = W_{dry} \times LHV \times n$$

$$ERP = 8.760 \times 1.816 \times 0,3$$

$$ERP = 4.772.448 \text{ kWh}$$

A capacidade de geração anual de energia, em kWh/ano, seria de 4.772.448. De acordo com o sítio digital da Energisa, distribuidora de energia no Mato Grosso do Sul, o preço da tarifa de energia para a classe B3 (demais classes: comercial, industrial e outros) é de 0,65313 R\$/kWh em 2023. Portanto, aplicando a Equação 3:

$$E_{rev} = ET \times ERP$$

$$E_{rev} = 0,65313 \text{ R\$/kWh} \times 4.772.448 \text{ kWh}$$

$$E_{rev} = 3.117.028,96224 \text{ R\$}$$

De acordo com a metodologia baseada em (SOUZA, 2020), o modelo de planta incineradora sugerido teria capacidade de gerar aproximadamente 6.832.800 kWh/ano, gerando uma receita de 4.462.706,664 de reais anualmente.

4.1.3 Geração de Receita da Planta Incineradora

Ao estimar o valor da receita gerada pela planta através do tratamento de RSU e da energia gerada através da incineração, é possível estimar a geração total de receita, somando o valor de ambos os processos:

$$\begin{aligned} \text{Receita} &= \text{Tratamento} + \text{Geração} \\ \text{Receita} &= \text{R\$ } 1.887.692,40 + \text{R\$ } 3.117.028,96 \\ \text{Receita} &= \text{R\$ } 5.004.721,36. \end{aligned}$$

Portanto, é previsto que a planta incineradora, instalada no município de Nova Andradina e dispondo do volume necessário de RSU para a incineração, pode ter uma receita total de R\$ 5.004.721,36224 ao ano.

4.1.4 Potencial de Residências Atendidas

De acordo com (EPE, 2022), o consumo médio residencial da região centro-oeste em 2022 foi de 191,2 kWh/hab/mês. O valor de ERP previamente calculado foi de 4.772.448 kWh/ano, ou 397.704 kWh/mês. De acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), a média nacional é de 3,33 hab/res. Para calcular a quantidade de residências que poderiam ser abastecidas pela planta de incineração, temos:

$$\begin{aligned} \text{Habitantes} &= \frac{\text{ERP}}{\text{ConsumoMédio}} \\ \text{Habitantes} &= \frac{397.704 \text{ kWh}}{191,2 \text{ kWh/hab}} \\ \text{Habitantes} &= 2.080,04 \\ \text{Residências} &= \frac{2.080,04 \text{ hab}}{3,33 \text{ hab/res}} \\ \text{Residências} &= 624,63 \end{aligned}$$

Portanto, a planta incineradora poderia suprir o consumo energético de aproximadamente 2.080,04 habitantes, ou 624 residências.

4.1.5 Projeção da geração de RSU

É possível estimar a geração futura de RSU do município de Nova Andradina. Segundo os dados da Transresíduos, empresa responsável pelo aterro sanitário e deposição de resíduos domésticos do município, a população de Nova Andradina gerou cerca de 819,77 toneladas de resíduos todo mês, sendo 27,32 ton/dia. Para encontrar a geração por habitante, é calculada a relação de população por resíduo gerado diariamente:

$$\text{Geração de RSU (kg/dia/hab)} = \text{Geração diária} \times \text{População}$$

$$\text{Geração de RSU (kg/dia/hab)} = 27.320 \text{ kg/dia} \times 56.057 \text{ hab}$$

$$\text{Geração de RSU} = 0,487 \text{ kg/dia/hab}$$

Para estimar a geração futura de RSU, é necessário estimar o crescimento populacional da região de Nova Andradina ao longo dos anos. Para tal, é aplicada a Equação 1 do crescimento populacional:

$$PF = PA(1 + i)^n$$

A população atual de Nova Andradina é de 56.057 habitantes. A taxa de crescimento populacional aplicada será a taxa municipal, que é cerca de 1,66% com base no censo populacional realizado entre os anos 2015 e 2020 (IBGE, 2021). Portanto, para estimar o aumento populacional da região de Nova Andradina nos próximos 5 anos, aplica-se os valores à fórmula anterior:

$$PF^5 = 56.057(1+0,0116)^5$$

$$PF^5 = 56.057(1,0116)^5$$

$$PF^5 = 56.057 \times 1,0593$$

$$PF^5 = 59.384$$

Considerando que a população de Nova Andradina seja de 59.384 habitantes em 2028, e mantendo a taxa de geração diária de resíduos por habitante, é feita a previsão de geração futura de resíduos do município:

$$\text{Geração Futura} = 0,487 \text{ kg/dia/hab} \times 59.384 \text{ hab}$$

$$\text{Geração Futura} = 28.920 \text{ kg/dia}$$

4.2 CÁLCULOS DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a realização dos cálculos de viabilidade econômica, considera-se as equações apresentadas na metodologia deste trabalho. A usina a ser instalada no município de Nova Andradina será o modelo apresentado pela empresa LUFTECH, segundo os dados de SOUZA, 2020. A escolha do modelo se deu ao fato de a usina ser utilizada em um pequeno município, assim como é Nova Andradina. Segundo SOUZA, 2020, a planta de incineração apresenta os seguintes valores de investimento iniciais:

Detalhamento dos Investimentos Iniciais	Valores (R\$)
Planta de Incineração	3.058.435,00
Caldeira, Turbina e Gerador (cogeração)	1.262.390,70
Área para a instalação do Incinerador	18.761,67
Total	4.400.000,00

Tabela 3. Detalhamento dos investimentos iniciais da planta de incineração proposta pela empresa LUFTECH (SOUZA, 2020)

Para verificar se a planta de incineração apresentaria viabilidade econômica, baseado nos valores obtidos na figura anterior, considera-se um cenário ideal de instalação da planta de incineração durante um período de 10 anos.

Além do valor de investimento inicial a ser compensado ao longo dos anos, existem os custos de operação e manutenção da planta incineradora. Segundo Souza, 2020, as despesas com operação e manutenção de uma usina desse tipo é de 10% de sua geração de receita anual. Considerando que é previsto a geração de 5.004.721,36 reais anualmente, o custo de O&M será de 500.472.13 reais ao ano.

4.2.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Para encontrar o Valor Presente Líquido que a planta incineradora apresentará, aplica-se a Equação 5:

Cálculo do VPL

$$VPL = \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} - F_0$$

O cálculo é feito seguindo os valores encontrados, onde o fluxo de caixa positivo é a geração de receita anual da planta (5.004.721,36 reais), o fluxo de caixa negativo são as despesas anuais da planta (500.472,13 reais) e o valor de investimento inicial (4,4 milhões de reais). Portanto, se considerado um período de 10 anos, o VPL do projeto seria de 26.946.958,31 reais.

4.2.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Segundo Souza (2020), um investimento pode ser considerado viável quando o TIR é igual ou maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A taxa mínima de atratividade (TMA) é uma taxa de juros ou taxa de retorno que uma empresa ou investidor exige para justificar o investimento em um projeto. Essa taxa é usada para avaliar a viabilidade de projetos de investimento e para decidir se eles devem ser realizados ou não.

No presente trabalho adota-se uma TMA de 13,8%, Taxa Selic do mês de maio de 2023, de acordo com o Banco Central do Brasil (BCB).

4.2.3 Período de Recuperação de Investimento (*Payback*)

Para realizar o cálculo de Recuperação de Investimento (*Payback*), é necessário aplicar os parâmetros econômicos encontrados na fórmula descrita pela Equação 6, que utiliza o valor apresentado como investimento ideal dividido pelo fluxo de caixa estimado para a planta de incineração:

Cálculo do Payback

$$Payback = \frac{Investimento\ Inicial}{Valor\ de\ Entrada\ Médio - Valor\ de\ Despesas\ Médio}$$

$$\textit{Payback} = \frac{R\$ 4.400.000,00}{R\$ 5.004.721,36 - 500.472,13}$$

$$\textit{Payback} = \frac{R\$ 4.400.000,00}{R\$ 4.504.249,23}$$

$$\textit{Payback} \approx 0,9768$$

Após o cálculo, foi possível verificar que o tempo aproximado de retorno do valor investido foi de 97,68% de um ano, sendo aproximadamente 11 meses.

5 CONCLUSÕES

Nos últimos anos, a quantidade de resíduos sólidos urbanos tem aumentado significativamente, o que torna crucial o desenvolvimento de sistemas capazes de lidar com essa questão e minimizar os impactos ambientais resultantes do descarte inadequado desses materiais. Além disso, é importante buscar maneiras de agregar valor econômico a esses resíduos. Nesse contexto, o presente projeto apresentou uma proposta de instalação de uma usina de incineração de resíduos sólidos urbanos com a finalidade de geração de energia elétrica, consequentemente eliminando uma parcela do volume de RSU gerado pelo município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, evitando a destinação desse volume para o aterro sanitário municipal.

Após a realização da pesquisa, avaliando o potencial que o RSU municipal de Nova Andradina teria em uma usina de incineração, bem como os gastos para sua implementação e previsões de geração de receita, fica evidente que a cidade tem porte para receber uma usina desse tipo. Além de ser mais uma opção viável de deposição de resíduos sólidos, o município poderia se beneficiar da energia elétrica gerada pela planta incineradora e das vagas de emprego disponíveis na mesma.

A questão da deposição de RSU em aterros e lixões tem se tornado cada vez mais importante nos âmbitos municipais em todo o país, pois a cada dia se faz necessário estudar como lidar com grandes volumes de resíduos sem a necessidade de realizar a deposição obrigatoriamente em aterros. Uma usina de incineração em um município como o de Nova Andradina seria benéfico tanto para a população, quanto para o meio ambiente. O modelo de incinerador RGH 3000 – FL 8500 se mostrou satisfatório para o cenário de instalação no município de Nova Andradina, tanto nas questões de recuperação energética e tratamento residual, quanto nos valores de viabilidade econômica e período de retorno dos valores a serem investidos.

Algumas sugestões para futura pesquisa e desenvolvimento:

- Análise da geração de créditos de carbono pela planta de incineração, valores estes que podem agregar consideravelmente a receita total gerada pela usina.
- Análise da possibilidade de instalação da planta de incineração nas intermediações do próprio aterro municipal nova-andradinense, realizando o aproveitamento espacial da

localidade, dos serviços de tratamento realizados, da mão de obra disponível e da logística de coleta e deposição dos resíduos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Ingrid Roberta de França Soares. ANÁLISE EXPERIMENTAL DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS EM RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2008. 134 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Engenharia Civil, Ufpe, Recife, 2008.

BARROSO, Luiz Fernando de Lemos. Contribuições ao Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo. 2013. 432 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2013.

BCB: Taxa Selic 2023. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>. Acesso em 20 de maio de 2023.

BRITO, Adailton Pereira de. ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DA IMPLANTAÇÃO DE INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO DE BAURU. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru., Bauru-Sp, 2013.

CAIXETA, Dalma Maria. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA INCINERAÇÃO DE LIXO URBANO: O CASO DE CAMPO GRANDE/MS. 2005. 85 f. Monografia (Especialização) - Curso de Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília - Df, 2005.

Carlos Roberto Vieira da Silva Filho. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020. São Paulo/Sp: Abrelpe, 2020.

DE PAULA, David Batista; BARBOSA, João Carlos; MONDELLI, Giulliana. III-281 - ESTUDO DE VIABILIDADE DE ADOÇÃO DE ATERROS DE REJEITOS E/OU INCINERADORES NA REGIÃO DO GRANDE ABC. In: CONGRESSO ABES FENASAN 2017, 1., 2017, São Paulo/Sp. Anais [...] . São Paulo/Sp: Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017. p. 1-14.

EPE: ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2022, ANO BASE 2021. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%20-%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202022.pdf>>. Acesso em 30 de março de 2023.

FERNANDES, Luiz Flávio Reis; REIMBERG, Natália Frazão; CHAVES, Elis Rose Chiarini; SILVA, Thais Aparecida Costa; SANTOS, Rafael Rezende dos. VALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO EM FUNÇÃO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO MUNICÍPIO DE INCONFIDENTES - MG. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1., 2010, Bauru/Sp. Conference Proceedings. Inconfidentes/Mg: Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2010. p. 1-6.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades: Trabalho e Rendimento. Mato Grosso do Sul, 2022. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/nova-andradina/panorama>>. Acesso em: 30 de março de 2023.

IPCC 2023 – Intergovernmental Panel of Climate Change. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>>. Acesso em 20 de maio de 2023.

ITÔ, Leandro Cesar Mazer. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2014. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

LAVOR, Anna Ariane Araújo de; SILVA, Antonio Carlos Alves da; RIBEIRO, Mariana Emídio Oliveira; TURATTI, Luciana. Conflitos Causados pelos Lixões: Uma análise comparativa da situação do Brasil com o Município de Iguatu-CE. Id On Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia, Iguatu-Ce, v. 11, n. 37, p. 1-13, jan. 2017.

LOPES, Augusto Fugulim. DIMENSIONAMENTO DE UMA USINA TERMELÉTRICA A PARTIR DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO PRODUZIDO PELO MUNICÍPIO DE SÃO MATEUS. 2021. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo Campus São Mateus, São Mateus-Es, 2021.

MACHADO, Camila Frankenfeld. INCINERAÇÃO: UMA ANÁLISE DO TRATAMENTO TÉRMICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE BAURU/SP. 2015. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Ufrj/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.

MORGADO, Túlio Cintra; FERREIRA, Osmar Mendes. INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, APROVEITAMENTO NA COGERAÇÃO DE ENERGIA. ESTUDO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA. 2006. 18 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia - Go, 2006.

OBSERVAVIX: Portal do Observatório de Indicadores da Cidade de Vitória. Custo unitário médio do serviço de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Disponível em <<https://observavix.vitoria.es.gov.br/tema/36/indicador/323>>. Acesso em 30 de março de 2023.

OLIVEIRA, José Henrique de. AÇÃO PARA SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Administração (Ppga) Mestrado Profissional, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-Pr, 2016.

OLIVEIRA, Luciano Basto; ROSA, Luiz Pinguelli. Usinas Termelétricas Híbridas: geração de energia com balanço nulo de emissões de gases do efeito estufa, usando combustível fóssil e biomassa residual. In: Congresso Brasileiro de Energia, 9. 2002, Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro: 2002. p. 1830–1836.

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira. GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: AVALIAÇÃO E DIRETRIZES PARA TECNOLOGIAS POTENCIALMENTE APLICÁVEIS NO BRASIL. 2012. 187 f. Monografia (Especialização) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PERS-MS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Mato Grosso do Sul. Disponível em <<https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/PERS-MS-SUMARIO-EXECUTIVO.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2023.

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico . Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>>. Acesso em 20 de maio de 2023.

Plano Estadual dos Resíduos Sólidos do Estado do Mato Grosso do Sul (PERS/MS). Disponível em: <<https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/PERS-MS-SUMARIO-EXECUTIVO.pdf>>. Acesso em 15 de maio de 2023.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PNSB) 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>>. Acesso em 15 de maio de 2023.

RIPSA. Rede Interagencial de Informações para a Saúde. Fichas de Qualificação do Indicador: Taxa de Crescimento da População – A.3. 2012. Disponível em: <http://fichas.ripsa.org.br/2012/a-3/?l=pt_BR>. Acesso em: 30 de março de 2023.

SANTOS, G. O. – Possíveis impactos sobre o ambiente e a saúde humana decorrentes dos lixões inativos de Fortaleza (CE). 2008. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina, Departamento de Saúde Comunitária, Faculdade de Medicina – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza (Ce), 2008.

SILVEIRA, Alberto Jorge da Mota. VIABILIDADE TÉCNICA DA PIRÓLISE DA BIOMASSA DO COCO: PRODUÇÃO DE BIOÓLEO, BIOCÁRVÃO E BIOGÁS. 2018. 62 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Mestrado Profissional em Energia da Biomassa, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo - Al, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Disponível em: < <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>>. Acesso em 15 de maio de 2023.

SOUZA, Herberth Alves de. VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA PLANTA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Palmas, Palmas-To, 2020.

SOUZA, Ozair; FEDERIZZI, Mauri; COELHO, Bruna; THEODORO, Wagner; WISBECK, Elisabeth. BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS GERADOS NA BANANICULTURA E SUA VALORIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS. Campina Grande, Pb: Agriambi, v. 14, n. 4, 14 out. 2009.

TRANSRESÍDUOS AMBIENTAL S.A. (Nova Andradina-Ms) (org.). 44º Relatório Técnico Operacional. Nova Andradina: Transresíduos Ambiental S/A, 2023. 23 p.