

CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA SENAI: CENTRO DE TECNOLOGIA DA
INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL

FELIPE MOUTINHO DE MELO

**Avaliação econômica da instalação de uma usina termoeletrica de resíduos sólidos
urbanos**

Rio de Janeiro
2021

Felipe Moutinho de Melo

**Avaliação econômica da instalação de uma usina termoeletrica de resíduos sólidos
urbanos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

Orientador(a): Alex Vazzoler

Rio de Janeiro

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Felipe Moutinho de Melo.

Avaliação econômica da instalação de uma usina termoeletrica utilizando resíduos sólidos urbanos/ Felipe Moutinho de Melo. Rio de Janeiro: Faculdade SENAI CETIQT, 2021

nº. f. : il.

Orientador: Alex Vazzoler

Monografia para Graduação a ser submetida à Comissão Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Química, da Faculdade SENAI CETIQT, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

1. Avaliação econômica. 2.Gestão de resíduos sólidos. 3. Energia renovável. 4. I. Título.

Felipe Moutinho de Melo

Avaliação econômica da instalação de uma usina termoeletrica de resíduos sólidos urbanos

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

Aprovada em 7 de dezembro de 2021:

Aprovado por:

Alex Vazzoler, Dsc., SENAI/CETIQT

Banca Examinadora:

Fernanda Neuman, Msc., SENAI/CETIQT

Tanise Flores

Tanise Mori Flores, Msc., SENAI/CETIQT

Michel Reiche

Michelle Reiche, Msc., SENAI/CETIQT

* As assinaturas foram geradas eletronicamente no site <https://www.assinaturagratis.com/>, e encontram-se no final do documento.

Rio de Janeiro

Ano 2021

Dedico este trabalho a cada uma das pessoas que, ao longo dessa caminhada me apoiaram e confortaram. Meu diploma leva o nome de todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço também ao meu pai. Pelo exemplo, pelas palavras de afago, por me ouvir, pelo empenho e pela dedicação ao ensinar matemática a um garoto de 13 anos todos os finais de semana.

Agradeço a minha mãe, pelos conselhos duros, porém verdadeiros, pelo abraço ao fim do dia, pelo exemplo e por, acima de tudo, nunca ter me deixado desistir, não estaria aqui se não fosse você.

Agradeço a todos os meus amigos, porém, em especial, a Clarice e Thiago que, durante diversas vezes foram meus pés quando eu não queria caminhar e minhas mãos quando eu não queria escrever.

Agradeço a Fernanda Neumann, minha orientadora da vida e amiga, eu e esse trabalho somos produtos de cada uma de nossas conversas e de cada uma de suas broncas.

Agradeço a todos os meus professores e mestres sem os quais, esse trabalho seria impossível.

Agradeço a minha namorada, Iasmin, que, ao longo de toda essa jornada, esteve comigo nas vitórias e nas derrotas.

Agradeço ao meu orientador, Alex Vazzoler, pela orientação e confiança, muito obrigado.

Por fim, agradeço a cada um que esteve nessa longa jornada de 7 anos, muito obrigado.

*Caminhante, não há caminho,
o caminho se faz ao caminhar.
Antônio Machado (Cantares)*

RESUMO

A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é tema de debate global. Diversas soluções vêm sendo vislumbradas ao longo dos anos. Contudo, a opção de incineração dos resíduos para geração de energia, já bastante estabelecida, vêm se mostrando bem promissora devido à escala do consumo e elevado crescimento da população. Este trabalho se propôs a realizar um estudo de viabilidade econômica da implementação de uma termoelétrica de resíduos sólidos urbanos na cidade do Rio de Janeiro. Com isso, foi realizado um amplo estudo das especificações de resíduos frente a legislação brasileira sobre destinação adequada, direitos e deveres bem como classificação de resíduos. A proposta de custos e receitas aqui apresentada foi elaborada com base nas análises de estudos anteriores e, a fim de recriá-los dada a nova realidade, dados econômicos atuais. Os projetos foram postos a avaliação de três cenários financeiros para validação da viabilidade econômica, alterando-se custos fixos e variáveis. Realizada a validação, dois desses cenários foram considerados aprovados. Posteriormente, foi analisado o impacto do aumento da taxa básica de juros nacional (SELIC) frente a taxa interna de retorno dos cenários aprovados, encontrando, assim, um valor limite para os juros em que o projeto seria viável. Ao final, foi realizada uma análise quantitativa de riscos comparando dados históricos da SELIC com o valor limite dos juros. Assim, foi realizada uma análise quantitativa dos riscos reais associados a implementação do projeto.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, resíduos sólidos urbanos, cenários econômicos.

ABSTRACT

The proper management of urban solid waste is a topic of global debate. Several solutions have been envisioned over the years. However, the option of incinerating waste for energy generation, already well established, has shown itself to be very promising due to the scale of consumption and high population growth. This work proposed to carry out an economic feasibility study for the implementation of a solid urban waste thermoelectric plant in the city of Rio de Janeiro. Thus, an extensive study of waste specifications was carried out in view of the Brazilian legislation on proper disposal, rights and duties, as well as waste classification. The cost and revenue proposal presented here was prepared based on analyzes of previous studies and current economic data in order to recreate them given the new reality. The projects were submitted to the evaluation of three financial scenarios to validate their economic feasibility, changing fixed and variable costs. After validation, two of these scenarios were considered valid and, therefore, advanced in the analysis. Subsequently, the impact of the increase in the national basic interest rate (SELIC) was analyzed against the internal rate of return of the approved scenarios, thus finding a limit value for the interest at which the project would be viable. At the end, a quantitative risk analysis was carried out, comparing historical SELIC data with the interest limit value. Thus, a quantitative risk analysis was carried out, in which it was possible to determine the real risk associated with the company's implementation.

Keywords: Economic viability, urban solid waste, economical scenarios.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	GRAU DE RECICLAGEM DOS PRINCIPAIS PAÍSES.....	23
FIGURA 2	RESÍDUOS PLÁSTICOS E SUAS PRINCIPAIS DESTINAÇÕES	24
FIGURA 3	PRODUÇÃO ANUAL DE BIOGÁS EM NORMAL METRO CÚBICO	26
FIGURA 4	COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS DO RIO DE JANEIRO	28
FIGURA 5	GRAVIMETRIA DOS RESÍDUOS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO	35
FIGURA 6	ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA ACUMULADO PARA O CENÁRIO 1	43
FIGURA 7	ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA ACUMULADO PARA O CENÁRIO 2	45
	ANÁLISE DO FLUXO DE CAIXA ACUMULADO PARA O CENÁRIO 3	48
FIGURA 8		
FIGURA 9	TIR X JUROS, CENÁRIO 1.....	51
FIGURA 10	TIR X JUROS, CENÁRIO 2.....	51
FIGURA 11	TIR X JUROS, CENÁRIO 2SÉRIE HISTÓRIA DA TAXA	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	DESTINAÇÕES DE RESÍDUOS URBANOS.....	15
TABELA 2	COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE PAÍSES DESENVOLVIDOS EM COMPARAÇÃO COM O BRASIL	21
TABELA 3	ECONOMIA DE ENERGIA PARA CADA MATERIAL DO PROCESSO DE RECICLAGEM FRENTE AO PROCESSO DO MATERIAL VIRGEM	22
TABELA 4	COMPARAÇÃO DOS SERVIÇOS DE COLETA DE RSU.....	28
TABELA 5	AVANÇOS NA GESTÃO DE RSU NO SUDESTE.....	29
TABELA 6	DETALHAMENTO DOS INVESTIMENTOS INICIAIS PARA A INSTALAÇÃO DA PLANTA	38
TABELA 7	APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	39
TABELA 8	RESUMO DOS CENÁRIOS.....	42
TABELA 9	ANÁLISES PARA O CENÁRIO 1.....	44
TABELA 10	ANÁLISE PARA O CENÁRIO 2.....	46
TABELA 11	ANÁLISE PARA O CENÁRIO 3.....	47
TABELA 12	ALOCAÇÃO DOS RECURSOS.....	49
TABELA 13	RESUMO DOS RESULTADOS.....	50

TABELA 14 PREÇO ENERGIA ELÉTRICA E VARIAÇÃO FRENTE AO IGP-M..... 54

TABELA 15 RESUMO DOS RESULTADOS..... 55

TABELA 16 RESUMO GERAL DO PROJETO..... 56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais
ANEEL	Agência nacional de energia elétrica
EPE	Empresa de pesquisa energética
EVTE	Avaliação técnico econômica
FEL	<i>Front end loading</i>
KPI	<i>Key performance index</i>
RSU	Resíduos sólidos urbanos
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
TIR	Taxa interna de retorno
VPL	Valor presente líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

FC_T	Fluxo de caixa acumulado
I	Taxa de juros para um período
K	Ordem 10^3 de uma unidade
R	Investimentos realizados
T	Tempo

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1OBJETIVO GERAL	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 DELIMITAÇÃO	17
2. CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO	18
2.2 GESTÃO DE RESÍDUOS	21
2.3 IMPACTO ECONÔMICO DA DESTINAÇÃO ADEQUADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	27
2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA (EVTE)	30
2.4.1 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)	30
2.4.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	31
2.4.3 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	32
2.5 GESTÃO DE PROJETOS	32
3. CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 LEVANTAMENTO INFORMATIVO	34
3.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	34
3.1.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DA PLANTA	35
3.2 AVALIAÇÃO	36
3.2.1 TMA	36
3.2.2 OPEX	36
3.2.3 CAPEX	37
3.2.4 FLUXO DE CAIXA PROJETADO E DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	38
4. CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 ANÁLISE FINANCEIRA	42
4.1.1 FLUXO DE CAIXA E PROJEÇÕES	42
4.1.1.1CENÁRIO 1	43
4.1.1.2CENÁRIO 2	45

4.1.1.3CENÁRIO 3	47
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS CENÁRIOS.....	48
4.3 ANÁLISE DO PROJETO PELA METODOLOGIA FEL	49
4.3.1 PRÉ-FEL	49
4.3.2 VISUALIZAÇÃO	50
4.3.3 <i>ESTAGE-GATE 1</i>	50
4.3.4 FEL 1	52
4.3.4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA	52
4.3.5 CRONOGRAMA DESCRITIVO DO PROCESSO E DOS CUSTOS	55
5. CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E SUGESTÕES FUTURAS	56
5.1 CONCLUSÃO	56
5.2 SUGESTÕES FUTURAS	58

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos representam um problema social, ambiental e econômico. Grande parte da população não tem acesso a um serviço de coleta público e, quando há este serviço, a parcela majoritária destes resíduos é destinada a locais não apropriados (vulgos “lixões”). Em 2018 foram geradas cerca de 79 milhões de toneladas de lixo no Brasil a Tabela 1 apresenta as principais destinações dos resíduos urbanos no Brasil (ABRELPE, 2018).

Tabela 1: Destinações de resíduos urbanos

Classificação	Percentual	Milhões de Toneladas
Aterros sanitários	37%	29,548
Lixões e análogos	54%	42,822
Não coletado	8%	6,3
Total	100%	79

Fonte: adaptado de ABRELPE (2018)

Uma alternativa avaliada para esses cenários seria a privatização do serviço público, majoritário no Brasil, de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). A privatização de serviços públicos pode aumentar a eficiência (custo por tonelada coletada, t/R\$) e/ou a efetividade (percentual da população com acesso ao serviço) promovidos pela competição no mercado. Nesse modelo, o Estado passaria a ser o agente de fiscalização e regulação, e as empresas privadas as fornecedoras de tais serviços. Deve-se evidenciar o fato de o Estado não se ausentar nesse modelo, apenas mudar de função. Dessa maneira, empresas seriam os agentes de mercado e o Estado agiria como um agente regulador que estabeleceria práticas e regramento (BATLEY, 1996).

A gestão de RSU está definida no Brasil pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), implementada pela lei nº. 12.305, de 2 agosto de 2010. Segundo a PNRS, resíduos sólidos urbanos compreende rejeitos domésticos originários de atividades urbanas e/ou de limpeza de vias públicas, varrição e outros serviços de limpeza urbana.

A PNRS tem como alguns de seus objetivos a articulação entre as diferentes esferas do poder público, e sua interação com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica, e financeira, para a gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Por fim, a legislação previamente apresentada define como um de seus fatores para a resolução do problema de destinação dos resíduos sólidos, o desenvolvimento de Parcerias Público Privadas (PPP). Deve-se evidenciar o ponto de que o serviço não foi “privatizado”, está é uma concessão pública. Similar ao que é realizado com o tratamento de água em diversos estados, inclusive o que é feito com os meios de tele e radio comunicação.

Por meio deste trabalho é proposto o desenvolvimento de uma análise econômica de um projeto de gestão de RSU, com base em dados de outros trabalhos realizados e de projetos já implementadas. Os valores nesse projeto serão corrigidos utilizando juros e correções atuais para que haja aderência a realidade.

Uma avaliação econômica verifica se determinado produto poderá atingir rentabilidade satisfatória em termos dos custos operacionais (*operational expenditure, OPEX*) e de capital (*capital expenditure, CAPEX*). Dessa maneira, uma análise de viabilidade econômica começa na identificação de uma necessidade do mercado. Por conseguinte, é iniciada uma avaliação econômica preliminar de mercado para a avaliação de alguns fatores como a aceitação do produto pelo mercado, fatores logísticos, disponibilidade de matéria prima, dentre outros fatores (VAZZOLER, 2017).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Realizar uma análise econômica do projeto de implantação de uma usina termoeletrica de resíduos sólidos urbanos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver um estudo de mercado para avaliar a viabilidade econômica de um projeto de uma indústria termoeletrica;
- Estimar os custos fixos e variáveis desse projeto;
- Avaliar a viabilidade em diversos cenários econômicos;
- Quantificar os riscos envolvidos no projeto através da metodologia FEL.

1.3. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho pretende avaliar algumas opções de gestão para os resíduos escolhendo a mais promissora, verificando a viabilidade econômica e descrevendo o impacto positivo causado. A cidade do Rio de Janeiro foi escolhida por ser a quarta melhor cidade em gestão de RSU apesar de descartar inadequadamente 10 milhões de toneladas de lixo todos os anos. (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO, 2020)

Segundo o texto da política nacional dos resíduos sólidos, todos os lixões deveriam estar fechados até 2014. Em 2021 ainda 40% dos resíduos têm essa destinação. Entre eufemismos e dados conflitantes, a incapacidade absoluta do Estado brasileiro em gerir esse serviço fundamental, a iniciativa privada se apresenta como uma possível alternativa a esse problema crônico. Segundo Battley, a opção que o estado do Recife realizou por uma gestão integrada, tornou esse um exemplo a se copiar, não só no Brasil, bem como no mundo, de como gerir resíduos de maneira eficiente.

Assim, o presente trabalho pretende vislumbrar soluções menos abordadas no Brasil, com ampla utilização internacional e que se devidamente aplicadas poderiam causar um largo impacto positivo. Integrando outras soluções, como no estado do Recife acredita-se ser possível alcançar patamares ótimos para a solução desse problema.

1.4. DELIMITAÇÃO

Este trabalho se delimita ao desenvolvimento de uma análise econômica para um projeto de implementação de uma termoeletrica de resíduos sólidos urbanos. Avaliar cenários

econômicos em que esse projeto poderia ser sujeito. Realizar a análise de riscos através da metodologia FEL para uma possível implementação de um projeto como esse.

2. CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO

Resíduos sólidos são resultados de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de varrição e que se encontrem no estado sólido ou semissólido. Dessa forma, ficam incluídos nessa definição lodos residuais do tratamento de águas, líquidos particulados cujas características tornem técnica e/ou economicamente inviável o lançamento em corpos da água, ou no sistema de esgoto. Sendo classificados conforme a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto 2010, política nacional de resíduos sólidos (PNRS), quanto a periculosidade e origem. (BRASIL, 2010)

Estão classificados no tópico de periculosidade, resíduos que devido as suas propriedades químicas, físicas ou biológicas seja um agente tóxico, teratogênico (causa alterações em fetos ou embriões), mutagênico, carcinogênico, eco tóxico ou apresentar letalidade em testes ratos ou coelhos seja por inalação, ingestão ou contato com a pele. (ABNT, 2004)

Conforme a PNRS, os resíduos sólidos perigosos são classificados segundo a norma vigente que se traduz por meio da norma brasileira (NBR) 10.004, escrita pela Associação Brasileira de normas técnicas (ABNT)

Classe I ou perigosos – são classificados como resíduos perigosos todo aquele que devido as suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, delimitas pela ABNT NBR 10004, apresentam risco a vida ou ao meio ambiente.

Classe II (não perigosos) – todos os resíduos que, por suas condições químicas, físicas e biológicas, não apresentam risco a vida ou ao meio ambiente, sendo discriminados nos tópicos abaixo.

Classe II A (Não inertes) – todos os resíduos não abordados nas classificações I e II B.

Classe II B (inertes) – São classificados como inertes aqueles resíduos que não apresentam risco a vida ou à natureza e que não apresentam solubilidade a água acima dos padrões determinados.

Os limites para cada uma das propriedades abordadas bem como os métodos e metodologias de medição, são abordados nas normas ABNT NBR 10004, ABNT NBR 10006 e ABNT NBR 10007.

Existem diversas classificações de resíduos quanto a origem sendo, algumas delas, determinadas por órgãos governamentais, outras são determinadas por órgãos não governamentais, a fim de suprir alguma necessidade específica de certa atividade. Neste trabalho serão utilizadas as classificações fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), no manual de gestão integradas de resíduos sólidos. Dessa forma, os resíduos seriam divididos quanto a origem em 5 categorias sendo elas: Lixo doméstico ou residencial, lixo comercial, lixo público, lixo domiciliar especial e lixo de fontes especiais, tendo os dois últimos outras subdivisões (IBAM, 2001).

- a) Lixo doméstico ou residencial são todos os resíduos gerados em atividades domésticas diárias não excetuando nenhum tipo de edificação como prédios e condomínios;
- b) Lixo comercial são resíduos gerados por meio de atividades comerciais podendo ser subdivididos entre pequenos e grandes geradores sendo o primeiro limitado a produção de até 120 litros diários e o segundo toda atividade comercial que produza acima desse volume;
- c) Lixo público são todos os resíduos produzidos naturalmente como folhas, poeira bem como aqueles descartados irregularmente pela população;
- d) Resíduos sólidos urbanos são todos aqueles discriminados nos tópicos “a” e “c”;
- e) Lixo domiciliar especial estão inclusos os seguintes (RIO DE JANEIRO, 2021):
 - Entulhos de obras estando aqui inclusos todos os resíduos produzidos pela construção civil e suas atividades incluindo a preparação de terrenos para as mesmas;
 - Pilhas e baterias são objetos que possuem a capacidade de converter energia química em elétrica e, em sua maioria contêm metais corrosivos sendo todos esses objetos classificados como perigosos;

- Lâmpadas fluorescentes estão listadas aqui devido ao material granular presente em seu interior e contendo mercúrio. Dessa forma, as lâmpadas fluorescentes também estão classificadas como perigosos;
 - Pneus são classificados como especiais, primeiramente, devido ao seu formato o qual favorece o acúmulo de água e proliferação de mosquitos. Além desse fato, há também grande dificuldade tecnológica para a disposição deste, uma vez que, o mesmo não é degradado na natureza e, quando levado a aterros sanitários poderá causar instabilidade estrutural no aterro devido ao seu formato, e a sua incineração gerará gases tóxicos e partículas suspensas.
- f) Lixos de fontes especiais estão aqui discriminados lixos que em seu manuseio, coleta, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final necessitam de tratamento especial:
- Lixo industrial é todo aquele resíduo produzido por meio da atividade industrial podendo ser classificados como perigosos, inertes ou não inertes devido a vasta gama de atividades indústrias existentes. Para efeito da classificação desses adota-se a ABNT NBR 10.004.
 - Lixo radioativo é todo o resíduo que devido a suas características atômica emite radiação ionizante acima do limite permitido. Para fins dessas classificações e do manuseio e acondicionamento do mesmo, segue-se o previsto pela comissão nacional nuclear (CNEN).
 - Resíduos de portos, aeroportos e terminais ferroviários são todos aqueles resíduos produzidos nessas atividades e estão discriminados como especiais devido a sua capacidade de transmissão de doenças erradicadas no país.
 - Lixo agrícola, é todo o resíduo de embalagens de fertilizantes químicos, pesticidas. Devido as características desses produtos essas embalagens estão classificadas como perigosos e necessitam de manuseio especial;
 - Resíduos de serviços da saúde são todos os resíduos gerados nos serviços destinados a manutenção da saúde e são classificados pela ABNT NBR 12.808. (IBAM, 2001)

Os resíduos sólidos, por característica, são compostos por diversas categorias de materiais como orgânicos, vidros, plásticos, etc. e essas composições variam de acordo com

características econômicas, sociais e geográficas (WORLD BLANK GROUP, 20201). Assim, um bom indicador dessa composição seria análise gravimétrica a fim de se determinar as porcentagens de seus componentes. Conforme a Tabela 2, pode-se observar a composição dos resíduos no Brasil frente a outros países mais desenvolvidos.

Tabela 2: Composição dos resíduos de países desenvolvidos em comparação com o Brasil

Classificação	Brasil	Alemanha	Holanda	EUA
Orgânico	65%	61,2%	50,3%	35,6%
Vidro	3%	10,4%	14,5%	8,2%
Metal	4%	3,8%	6,7%	8,7%
Plástico	3%	5,8%	6%	6,5%
Papel	25%	18,8%	22,5%	41%

Fonte: Adaptado de IBAM (2001)

É importante ressaltar que a caracterização dos resíduos fornece dois aspectos centrais para a validação desse projeto. Primeiro a validação de alguns métodos de reaproveitamento de resíduo em detrimento de outros, segundo, frente a quantidade de resíduos produzidos, a validação econômica do projeto.

Resíduos sólidos, por característica, são compostos por diversos materiais em várias proporções. Essas proporções podem variar de acordo com aspectos econômicos, sociais, geográficos, climáticos etc. Portanto, os resíduos sólidos são analisados através de ferramentas estatísticas podendo haver variações mesmo dentro dos valores estipulados (IBAM, 2001).

2.2. Gestão de resíduos

A definição de gestão de resíduos é, de maneira resumida, o conjunto de atividades entre a disposição do resíduo e a destinação final do mesmo. Dessa forma pode-se descrever uma trajetória do resíduo em que ele é descartado, coletado, transportado, acondicionado e destinado. Toda e qualquer ação para melhorar a eficiência desse processo pode ser chamada de gestão de resíduos desde o descarte até a destinação (BRASIL, 2010).

A destinação adequada, estabelecida pela lei 12.305 de 2010, determina como finalidade da atividade da gestão de resíduos a “destinação final ambientalmente adequada” e

define por destinação adequada os processos de compostagem, reciclagem, reutilização, e reaproveitamento energético. (BRASIL, 2010)

A gestão de resíduos sólidos tem por sua vez a missão de gerir de maneira eficiente todas os processos referentes a trajetória dos resíduos bem como a garantir que tais resíduos foram destinados de maneira adequada. Nesse contexto, a gestão de resíduos ocorre através de duas linhas de ação. A primeira ocorre por meio da redução da produção de resíduos e a segunda no controle dos processos que envolvem os resíduos já produzidos (CCOCHACHI et al., 2017).

2.2.1. Reciclagem

Existem algumas maneiras de se gerir os resíduos sólidos, sendo a mais eficiente, reduzir a produção dos mesmos. Esse tipo de atuação se dá através de dois principais modelos sendo o primeiro, o aumento da vida útil dos produtos, e o segundo a mudança do entendimento do que é rejeito e da redução dos descartes (CCOCHACHI et al., 2017).

Secundariamente a esses, são consideradas destinações adequadas, para materiais não biodegradáveis, a reciclagem. A reciclagem se define pelo reaproveitamento de materiais descartados como matérias prima na produção de novos objetos. Esse processo permite que se reduzam os custos através da diminuição do consumo de energia para a produção dos mesmos. A extração de metais através da mineração, por exemplo, é um processo altamente custoso em termos de energia, etapa que não se faz necessária na reciclagem desses metais. As economias dos principais recicláveis podem ser observadas na Tabela 3 (The Economist, 2007).

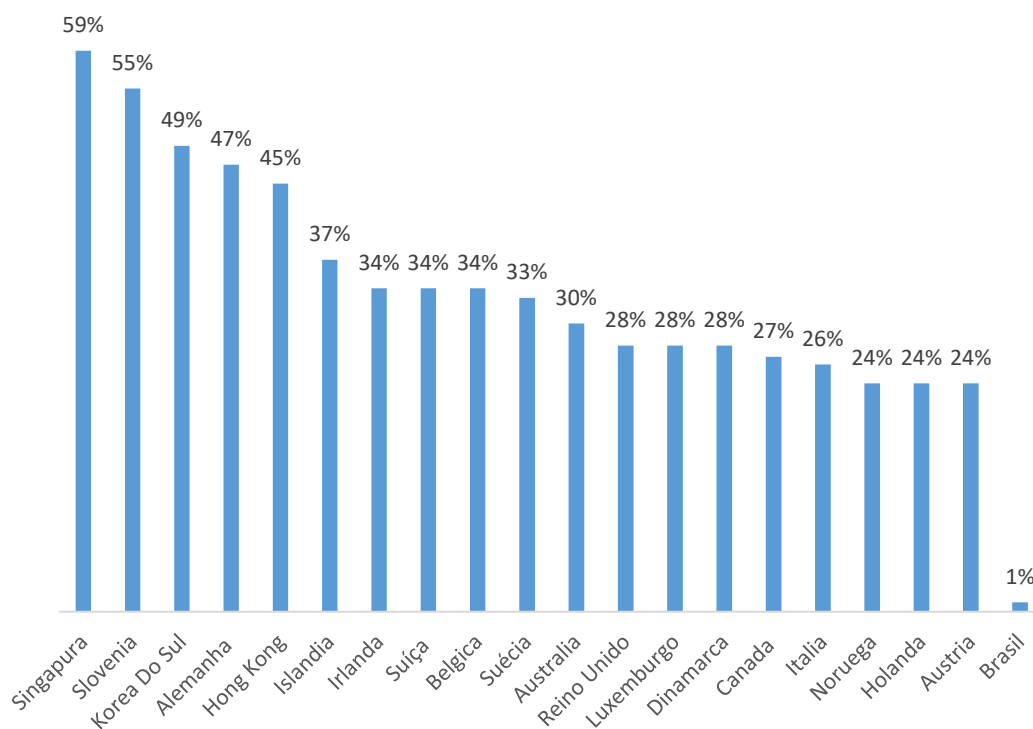
Tabela 3: Economia de energia para cada material do processo de reciclagem frente ao processo do material virgem

Material	Energia economizada
Alumínio	95%
Plásticos	60%
Vidro	30%
Aço	60%
Papel	40%

Fonte: adaptado de The Economist (2007)

Devido a esses aspectos apresentados, a reciclagem vem se apresentando como política pública necessária para a redução das emissões bem como para empresas privadas na gestão de suas correntes de resíduos. Dessa maneira, a reciclagem seria, não só um processo de melhoria da eficiência, mas também importante fator na redução do impacto ambiental da atividade econômica. A Figura 1 mostra os principais os indicadores de reciclagem (mecânica ou reaproveitamento energético) dos países que mais reciclam no mundo em comparação com o Brasil. (ABRELPE, 2019).

Figura 1: Grau de reciclagem dos principais países



(WORLD BANK GROUP, 2021)

Análogo a reciclagem, os materiais descartados podem ser destinados a processos de reutilização. Para esse tipo de destinação, o material é destinado a mesma finalidade para a qual foi inicialmente posto no mercado. Como exemplo, desse estão as garrafas reutilizáveis. Na prática, enquanto um material tiver um valor de mercado, uma utilidade e um preço é muito difícil chamá-lo de rejeito e, por isso, não necessariamente entra dentro das estatísticas de resíduos. Contudo, as ferramentas que envolvem a reutilização constituem alguns dos processos mais fundamentais para a gestão dos resíduos sólidos.

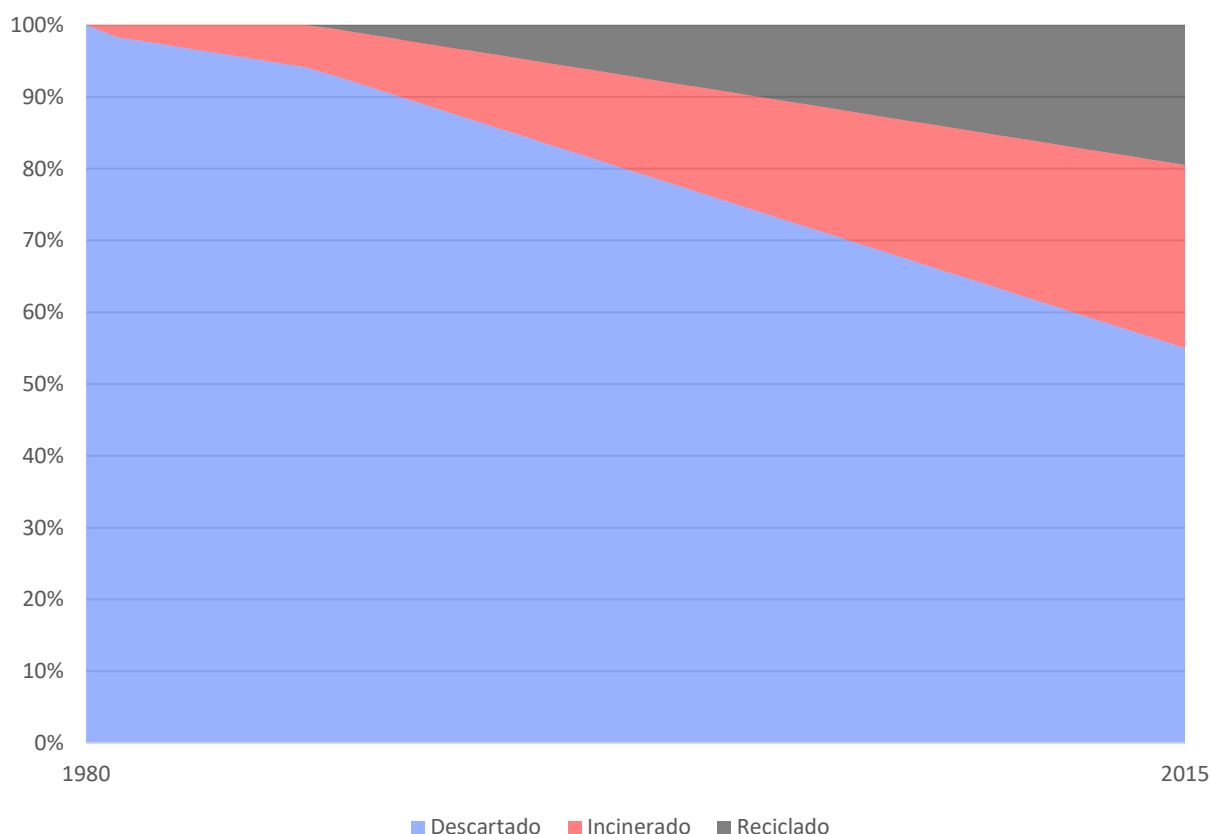
Um importante processo para a reusabilidade de produtos é a implementação de sistemas de logística reversa. Tal processo constitui mecanismos logísticos para que possa ser feita a coleta e reutilização adequada dos materiais. Dessa maneira, a logística reversa necessita de importantes ferramentas de gestão para que se possam controlar os índices de reaproveitamento, bem como controlar o capital investido.

2.2.2. Aproveitamento energético

Amplamente utilizado, o reaproveitamento energético dos resíduos sólidos vem se mostrando como uma alternativa bastante interessante para a gestão de resíduos sólidos, tanto para políticas públicas como para a iniciativa privada. O conceito de reaproveitamento se vale da ideia de recuperar a energia gasta no processo de produção do material através da decomposição térmica. Com o volume crescente de pessoas e, mais ainda, do consumo tornou-se quase inviável o processamento de todos os resíduos produzidos anualmente. Conforme demonstrado na .

Figura 2, mesmo com os grandes incrementos de reciclagem e incineração ao longo e, 30 anos, ainda 55% dos resíduos plásticos produzidos no mundo são descartados sem reciclagem ou reaproveitamento energético. Assim, para alguns casos em que o poder calorífico dos resíduos é superior a 2000 kcal/kg, o reaproveitamento energético se mostra como solução viável para se abarcar parte do volume de resíduos descartado (Empresa de Pesquisa Energética, 2008).

Figura 2: resíduos plásticos e suas principais destinações



Fonte: adaptado de geyer, r et. al. (2017)

Segundo SOARES (2017) o reaproveitamento energético ainda se apresenta muito insipido no Brasil. Apesar de esse tipo de tecnologia não produzir condições para uma expansão da produção energética nacional é ainda uma alternativa muito válida tendo em vista o baixo custo da energia produzida e o espaço muito reduzido para o processamento de resíduos. (SOARES, 2017)

Dessa forma, para a conjuntura da gestão dos resíduos no Brasil, apresentada na Tabela 1, é plausível dizer que uma solução que pudesse gerir grandes volumes de resíduos em pequenos espaços de tempo seria considerada ótima para a resolução do problema.

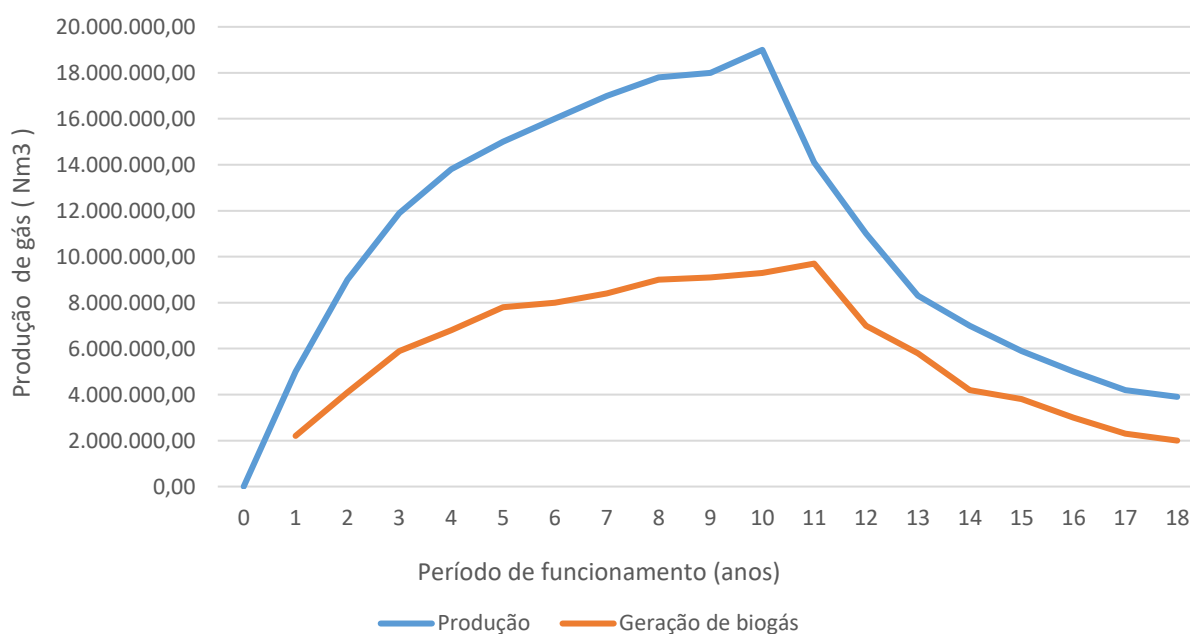
Assim, portanto, essa foi a opção escolhida para o presente trabalho pelos motivos apresentados acima. Ainda é uma solução pouco utilizada e pela eficiência de se resolver o problema dado. Integração de soluções, segundo Battley (1996), seria o caminho.

2.2.3. Aterro sanitário

Outra possibilidade amplamente utilizada e discutida seria a implementação de um aterro sanitário. Esse modelo consiste em um projeto de engenharia destinado ao controle do adequado das emissões de gases do lixo bem como controle dos efluentes líquidos gerados. Dessa maneira, haveria um processo de recuperação dos gases produzidos pela fermentação dos resíduos para que, através da queima dos mesmos fosse produzida energia (Empresa de Pesquisa Energética, 2008).

A Figura 3 demonstra o ciclo e vida de um aterro até o seu encerramento, sendo 11 anos de preenchimento e mais 7 anos de funcionamento até a desativação para a cidade de Campo Grande (EPE, 2008).

Figura 3: produção anual de biogás em normal metro cúbico



Fonte: adaptado de EPE (2008)

Da mesma forma, ocorre a geração por meio da digestão anaeróbica com algumas ressalvas. Primeiramente, é necessária a separação de resíduos não digeríveis o que aumenta substancialmente a vida do aterro, uma vez que os resíduos digeríveis correspondem a 35% do volume. Outro fato relevante, seria o aumento da produção de gás por tonelada de resíduos depositada podendo alcançar níveis de geração de energia de 139 KWh/ton e 3,4 MW de potência. Um fator relevante sobre esse é que, dependendo do quão misturados chegam os

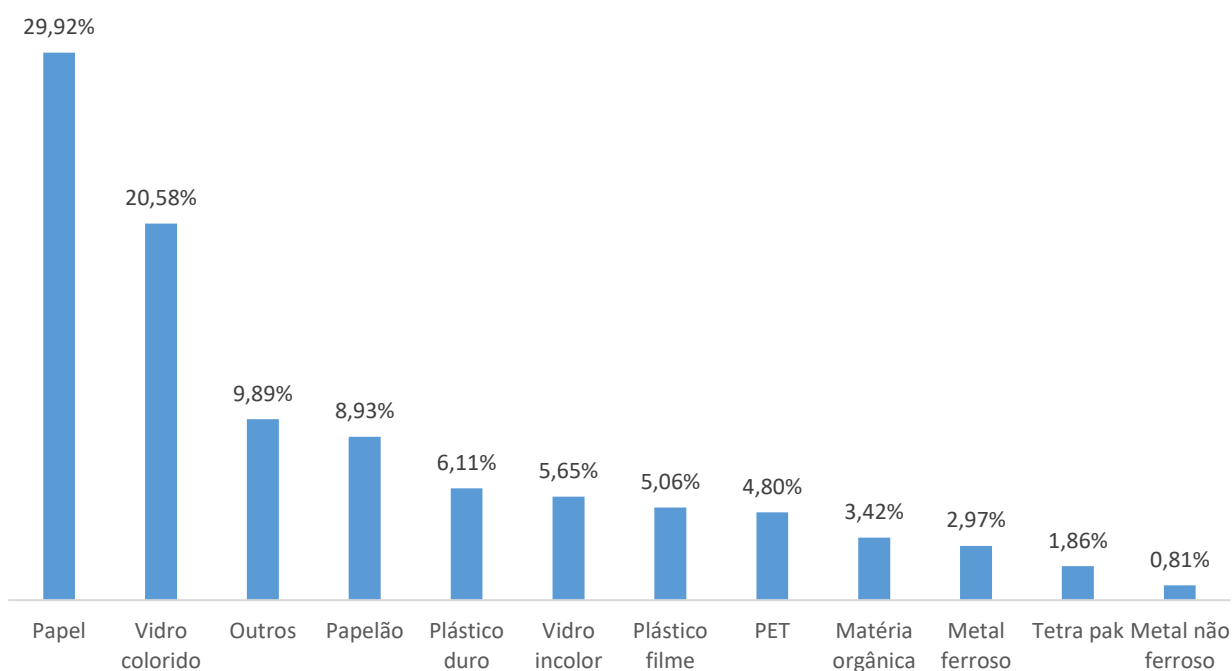
resíduos o processo de separação pode se fazer muito caro, inviabilizando a operação. (Empresa de Pesquisa Energética, 2008)

Nesse ponto, faz-se relevante ressaltar que existe um equilíbrio técnico entre as alternativas selecionadas para um projeto de gestão de resíduos sólidos. Em caso sejam selecionadas alternativas de reciclagem e reaproveitamento energético existe a possibilidade de que se retirando os plásticos e papéis o poder calorífico caia para abaixo do limite técnico, inviabilizando uma das possibilidades. Assim como a escolha de se aterrar impossibilita, por exemplo, a retirada do papel para a reciclagem, pois isso reduz significativamente a quantidade de gás gerado. No caso da digestão anaeróbica seria possível a separação dos resíduos e a aplicação de algum processo paralelo como reciclagem ou reaproveitamento energético, porém, como dito anteriormente, há a dependência da viabilidade econômica para a separação dos resíduos (Empresa de Pesquisa Energética, 2008).

2.3. Impacto econômico da destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos

O impacto econômico da implementação de uma projeto de gestão de resíduos sólidos pode variar muito de acordo com as condições dos resíduos produzidos, bem como com a quantidade e qualidade. Para isso são necessários estudos locais da produção e caracterização dos resíduos no local da instalação da planta. Conforme dito anteriormente, o presente trabalho se delimita à região do Rio de Janeiro. A caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos produzidos está discriminada conforme a Figura 4.

Figura 4: Composição gravimétrica dos resíduos do Rio de Janeiro



Fonte: Rio de Janeiro, 2015

Além disso, foram também determinadas as quantidades de resíduos sólidos urbanos produzidos no Rio de Janeiro. Estima-se que na cidade a coleta de resíduos custe em torno de R\$ 8,03/hab. por mês. Esses números evidenciam a falta de eficiência do setor em comparação a outras regiões onde o custo chega a ser 46% menor, conforme evidenciado na Tabela 4. Este fato se deve a um planejamento mais eficiente da gestão dos RSU (ABRELPE, 2019).

Tabela 4: Comparação dos serviços de coleta de RSU

	Sudeste	Sul
Eficiência da coleta (milhões de R\$)	5.263	1.318
Percentual descartado inapropriadamente	27,3%	29,4%
Custo per capita (R\$/mês)	5,0	3,69

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2019)

A Tabela 5 demonstra as quantidades de resíduos coletadas na região sudeste ao longo dos anos. Observa-se primeiramente que, conforme os dados apresentados, há uma discrepância muito grande entre as quantidades geradas e o que foi adequadamente destinado. Além disso, nota-se também o avanço quase nulo com relação a destinação adequada dos resíduos na região sudeste. Estes fatos indicam, primeiramente, um problema ambiental muito amplo, mas também, uma oportunidade, uma vez que todo esse resíduo poderia gerar energia. Para um poder calorífico inferior estimado de 2824,38 Kcal/Kg de RSU e um aproveitamento de 20% dessa energia, há um desperdício de todos os anos de $1,59 \times 10^9$ Kcal de energia abandonados (CCOCHACHI et. al., 2017).

Tabela 5: Avanços na gestão de RSU no Sudeste

	2017	2018	2019
Geração de RSU (t/ano)	38.614.810	39.442.995	38.682.055
Geração per capita (Kg/hab/dia)	1,217	1,232	1,208
Coleta de RSU (tonelada/ano)	37.865.465	38.681.605	37.366.865
Destinação inadequada (t/ano)	10.450.868	10.676.123	10.560.180
Não coletada (t)	749.345	761.390	714.814

(Fonte: adaptado de ABRELPE, 2019)

Desde a implementação da PNRS, em 2010, metas ambiciosas foram traçadas para o avanço do desenvolvimento sustentável no país. Em 2021 muito pouco foi feito. Dados governamentais são difusos e discrepantes, mas mesmo esses mostram a dura realidade do tema ambiental no Brasil (RIO DE JANEIRO, 2021) Muito embora seja fundamental o papel do Estado no avanço desse tipo de pauta a iniciativa privada é, talvez, o ator mais interessado em abarcar a responsabilidade pelo desenvolvimento desse setor. Com a grande quantidade de resíduos descartados e inadequadamente, há uma oportunidade ímpar de se coletar uma

grande quantidade de resíduo a um preço muito baixo e, com o manejo adequado, gerar energia através de projeto e planejamento (Battley, 1996).

2.4. Estudo de viabilidade técnica e econômica (EVTE)

Todo projeto parte da estruturação de uma ideia. Uma vez estruturada são determinadas(s) a(s) alternativa(s) para o desenvolvimento desta. Assim, um projeto pode ter alternativas exclusiva, concomitantes ou complementares. Nesse sentido, alternativas exclusivas são aquelas únicas que em um projeto haveria apenas uma solução ou o fim do projeto. Concomitantes são as alternativas que ocorrem em paralelo sendo que a descontinuidade de uma não implica necessariamente na descontinuidade de outra. As complementares são aquelas que frente a uma diversidade de alternativas são escolhidas as melhores em cada etapa e que se complementam entre si, podendo ou não haver dependência (VAZZOLER, 2017).

A análise dessas alternativas constitui a avaliação econômica. Dos diversos métodos utilizados para realizar essa avaliação alguns dos mais relevantes para este trabalho são o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), tempo de *payback*, índice de lucratividade (IL) e Taxa mínima de atratividade (TMA) (VAZZOLER, 2017).

2.4.1. Taxa mínima de atratividade (TMA)

Em linhas gerais, a taxa mínima de atratividade é o retorno percentual mínimo que uma empresa ou pessoa espera ter ao realizar um investimento. A TMA é, portanto, um parâmetro subjetivo que pode ser afetado por parâmetros objetivos. Fatores como custo de oportunidade, inflação são objetivo e tem um valor determinado, por outro lado liquidez, risco do empreendimento são fatores que afetam a TMA, embora, não tenha um valor definido. (VAZZOLER, 2017)

2.4.2. Valor presente líquido (VPL)

Valor presente líquido é uma das ferramentas mais relevantes na avaliação de investimentos. Ela representa a relevância de retornos futuros no dia presente, dada uma certa taxa de juros chamada de taxa de atratividade. Dessa forma é possível avaliar a expectativa de retornos futuros, no dia de hoje frente a uma determinada taxa de desconto (KASSAI, 2000). Traduzindo em uma equação matemática:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (2.4.2.1)$$

Em que, “ FC_t ” é o fluxo de caixa acumulado (entradas e saídas), “ i ” é a taxa de juros composta e “ t ” é o período do montante do fluxo de caixa e “ n ” é o período total e tempo para o somatório. Usualmente, as duas últimas grandezas serão expressas em ano.

O VPL permite analisar o valor do dinheiro através do tempo. Por exemplo, em comparação a 2020, 1 real hoje poderia comprar apenas 87% das coisas que compraria há um ano, apesar de se tratar do mesmo 1 real. Em termos comparativos esse um real poderia ser admitido como 0,87 centavos. Utilizando essa ferramenta, é possível projetar o fluxo de caixa e torná-lo comparável ao valor atual (BACEN, 2021).

Dessa forma, um investimento será considerado “quitado” pelo fluxo de caixa descontado (O fluxo de caixa dividido pela taxa de juros) quando o valor de VPL atingir zero. Esse intervalo de tempo será conhecido como tempo de recuperação do investimento ou tempo de *payback*.

A relevância desse cálculo está na mudança de preços e valores ao longo do tempo, a moeda perde valor, os preços mudam, o câmbio muda e, portanto, seria leviano comparar retornos futuros em valores atuais sem corrigi-los (KASSAI, 2000).

2.4.3. Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é uma das ferramentas mais relevantes na avaliação da viabilidade de investimentos. Esse parâmetro assume implicitamente que todos os fluxos de caixa, trazidos a valor presente, são reinvestidos na empresa. O resultado do cálculo desse parâmetro é, frente a uma determinada taxa mínima de atratividade, a viabilidade ou não desse projeto (VAZZOLER, 2017). Em termos matemáticos temos que:

$$P + \sum_{t=0}^n \frac{R}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{FC}{(1+i)^t} \quad (2.4.3.1)$$

A TIR permite trazer a termos percentuais para a comparação de fluxo de caixa, sem descartar as desvalorizações temporais apontadas na VPL. Caso fossem gastos 100 reais e se recebesse 120 reais por esse investimento no mesmo dia o seu retorno seria de 20%. Caso esse investimento de 100 reais tivesse sido realizado nesse mesmo dia um ano atrás, o retorno real seria de 17% para os mesmos 20 reais. Dessa forma, tal qual a VPL a TIR permite tratar valores futuros em condições atuais. (BACEN, 2021)

Dessa forma, a TIR representa fator fundamental, pois traz a termos percentuais, o fluxo de caixa corrigido para que possa ser comparado com ao TMA determinada.

2.5. Gestão de projetos

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de uma avaliação econômica de um projeto de engenharia. Ele é, portanto, em primeira linha uma avaliação de fatores econômicos que garantam a sustentabilidade de um negócio no médio e longo prazo e, em segunda linha, uma proposta de melhoria de um setor tão negligenciando.

Anteriormente foram avaliados os aspectos que envolvem a proposta de valor do projeto, ou seja, como uma apresentação e descrição do problema e uma breve descrição das

alternativas de solução do mesmo. Em consequente, foram apresentados os parâmetros para a avaliação financeira do projeto.

Para fins da gestão do projeto de engenharia apresentado nesse trabalho será utilizada a metodologia *front-end-loading* (FEL). Essa metodologia consiste em uma ferramenta de gestão de riscos através de indicadores econômicos e técnicos normalmente utilizada para setores de capital intensivo. Os indicadores econômicos são avaliados no que se chama gerenciamento do trabalho, no qual são avaliados os planos de custos alinhados a proposta do projeto. Já os indicadores técnicos são avaliados através de documentos de engenharia como diagramas de fluxo de processos, diagramas de instrumentação e processo, plantas baixas no que se chama gerenciamento técnico (VAZZOLER, 2017).

Dessa maneira, utilizando esses dois aspectos, cria-se um indicador chave de desempenho (*key performace indicator* - KPI) para poder mensurar a aderência do projeto as expectativas estabelecidas ao início do projeto. Assim são reduzidos os riscos do investimento, reduzidas as mudanças ao longo das etapas e mensurar a aderência das necessidades do negócio ao empreendimento realizado (VAZZOLER, 2017).

3. CAPÍTULO 3 – Materiais e métodos

A metodologia foi dividida em 3 macro etapas. Dessa forma, espera-se obter um estudo as com informações e dados necessários para a análise de viabilidade econômica. As três macros etapas principais são o levantamento informativo de dados financeiros e econômicos, os cálculos econômicos e a análise de riscos pela metodologia FEL. Dessa maneira, as análises macroeconômicas buscam entender a conjuntura econômica nacional estadual, municipal ou de mercado. As análises microeconômicas têm foco no retorno interno do projeto envolvendo, principalmente, custos fixos e variáveis.

O levantamento informativo se deu pela aquisição de informações de outras experiências teóricas ou práticas da instalação de projetos similares. Dessa forma, pretende-se obter os dados necessários para as análises seguintes.

A análise econômica avaliará os aspectos financeiros internos do projeto. Aqui serão avaliados o OPEX, CAPEX, TMA, VPL e TIR sendo principalmente englobados os custos de

mão de obra energia, combustíveis, impostos e valores de equipamentos, instalações e veículos. O mote deste trabalho não é propriamente a produção desses dados. Logo, serão utilizadas informações de outros trabalhos e essas serão apresentados, catalogados e atualizadas nas subseções a seguir.

Ao final dessas duas análises serão obtidos os principais dados para a tomada de decisão ao longo das etapas do desenvolvimento de um projeto. Com isso serão iniciadas as análises de risco da metodologia FEL. Os dados serão expostos e, posteriormente, utilizados nas análises das etapas e serão estipulados KPIs e seus limites aceitáveis baseados nos resultados da análise macroeconômica.

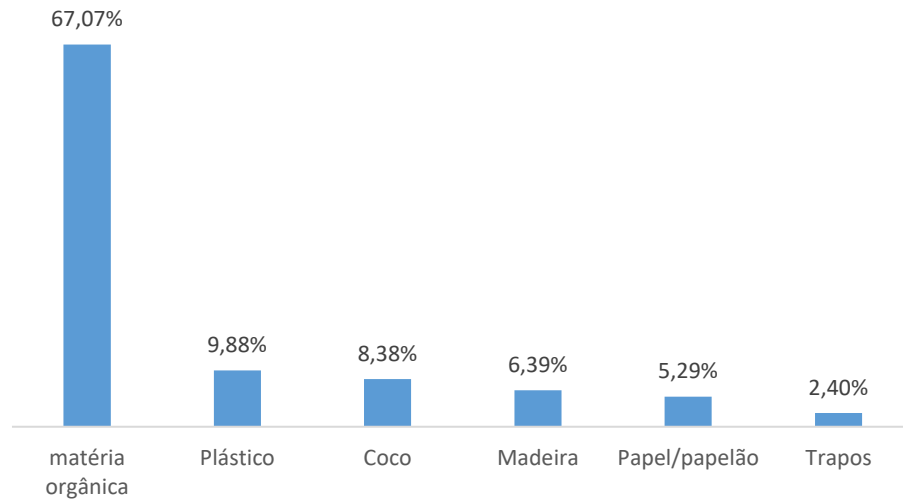
3.1. Levantamento informativo

3.1.1. Caracterização dos resíduos

Os primeiros dados a serem determinados são as características físicas dos resíduos na cidade do Rio de Janeiro, sendo gravimetria, teor de umidade e poder calorífico.

Segundo as análises realizadas por SOARES (2011) os RSUs da cidade do Rio de Janeiro podem ser descritos conforme a Figura 5 e contêm aproximadamente 57% em teor de umidade.

Figura 5: gravimetria dos resíduos da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: adaptado de Souza 2020

O poder calorífico inferior dos RSUs na cidade do Rio de Janeiro foi determinado por SOARES (2011) através do método DIN CEN/TS 15.400 (2006), como sendo 3030,34 Kcal/Kg.

3.1.2. Estimativa da geração da planta

Admitindo-se uma planta com capacidade de processamento de 1000Kg/h e um poder calorífico de 3003,34 Kcal/Kg é possível estimar o potencial de recuperação energética tendo o aproveitamento energético médio de uma caldeira comercial através da equação (ALVES; SOUZA, 2020):

$$Erp = LHV * W_{dry} * n$$

Sendo:

“**Erp**” o potencial de recuperação de energia;

“**W_{dry}**” é a massa seca do resíduo;

“**LHV**” potencial calorífico inferior;

“n” a eficiência do processo.

Uma vez determinada a recuperação de energia é possível estimar a receita do projeto multiplicando o tempo de operação médio de uma indústria em um ano, o preço da tarifa de energia e o **Erp**. (ALVES, SOUZA, 2020).

3.2. Avaliação microeconômica

3.2.1. TMA

A TMA traduz a real expectativa do investidor sob o negócio. Entende-se que uma TMA prudente para um investimento de capital intensivo deve ser pautada principalmente pela inflação do ano. A última inflação calculada pelo Banco Central, dos últimos 12 meses, de 8,59% (BACEN, 2021). Dessa maneira, para um investidor descapitalizado a TMA é 5% acima da inflação, ou seja, 13,59%.

3.2.2. OPEX

Segundo a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) o custo médio do MWh residencial no Rio de Janeiro estava em R\$ 612,00 no dia 13/11/2019. Esta data foi escolhida, pois não seria uma representação real dos valores referentes à data atual devido à crise hídrica. (ANEL, 2019)

Para os dados de receitas e avaliação do custo foram utilizados os dados calculados pelo Compromisso empresarial pela reciclagem (CEMPRE) e para a determinação do preço do Kg dos resíduos recicláveis em 2019, o valor do lixo orgânico foi considerado irrelevante.

Em posse desses dados e da gravimetria informada na Figura 5 é possível estimar os custos variáveis, admitindo-se que a matéria-prima representa de 50% a 70% dos custos de um processo. Segundo o CEMPRE, cada quilo de lixo separado custa R\$ 0,24. Admitindo-se

que a matéria-prima representa 70% dos custos do processo temos então que os custos operacionais, fora matéria prima, somam de R\$ 0,1/Kg de resíduo processado.

Conforme informado anteriormente o poder calorífico médio dos resíduos coletados no Rio de Janeiro é de 3003,34 Kcal/Kg, dessa maneira, temos que (SOARES, 2020):

$$Erp = LHV * W_{dry} * n$$

$$Erp = 1 * 3003,34 * 0,2$$

$$Erp = 600,6680 \text{ Kcal} = 0,698451 \text{ KW para cada Kg de resíduo}$$

$$1\text{kw} = 860\text{Kcal}$$

Logo o valor potencial por Kg de resíduo processado, aliado com o valor da ANEL para o valor médio do KWh de R\$ 0,61 perfaz que cada Kg gere R\$ 0,43.

São admitidas, então, as seguintes premissas:

Na primeira hipótese, os resíduos seriam coletados ou entregues, fazendo com que o custo por Kg de resíduo processado fosse R\$ 0,1.

Na segunda hipótese, será admitido um custo intermediário em que seja realizada a coleta do resíduo. Nesse caso o investimento inicial será aumentado de 10% e o custo pelo Kg de resíduo processado será de R\$ 0,14/Kg.

Na terceira hipótese, será admitida a compra do resíduo pelo preço de R\$ 0,1/Kg, totalizando um custo de R\$ 0,2/Kg.

Para os três cenários será admitida a mesma TMA, tendo em vista que as previsões do boletim FOCUS (BACEN, 2021) apontam para a redução progressiva da inflação para os próximos anos.

3.2.3. CAPEX

Os custos fixos para a implementação de uma planta de geração de energia por incineração de resíduos foram antes determinados por ALVES e SOUZA (2020) em orçamento fornecido pela empresa LUFTECH. Na Tabela 6 estão apresentados os dados

obtidos por ALVES e SOUZA (2020) corrigidos pela inflação do período de 12,29% (IBGE, 2021).

Tabela 6: Detalhamento dos investimentos iniciais para a instalação da planta

Investimento	Valor investido
Planta de incineração	R\$ 3.434.220,64
Sistema de cogeração de energia (caldeira, turbina e gerador)	R\$ 1.417.498,88
Área para instalação	R\$ 21.066,89
Custo total	R\$ 4.872.786,41
Custo adicional do cenário 2	R\$ 5.360.065,05

Fonte: adaptado de ALVES; SOUZA, 2020.

3.2.4. Fluxo de caixa projetado e descrição dos cenários

Os cenários apresentados na sessão 3.2.2 foram sumarizados na Tabela 7 nas 3 primeiras linhas. O fluxo de caixa projetado anual foi calculado com base na capacidade da planta de 10.000 Kg/dia de resíduos. Multiplicou-se o custo operacional (R\$/Kg) por esse valor para se obter os custos diários. E o rendimento da energia (R\$/Kg) pelos mesmos 10.000 Kg/dia. Ao final, a subtração desses dois valores gerou o fluxo de caixa projetado anual.

Tabela 7: Apresentação dos cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
TMA	13,59%	13,59%	13,59%
Custo operacional	R\$ 0,1/Kg	R\$ 0,14/Kg	R\$ 0,2/Kg
Preço da energia	R\$ 0,43/Kg	R\$ 0,43/Kg	R\$ 0,43/Kg
Fluxo de caixa projetado anual	R\$ 1.188.000,00	R\$ 1.044.000,00	R\$828.000,00

Fonte: elaboração própria

Para o primeiro cenário, admite-se a manutenção da inflação pelos próximos anos e que seja realizada a entrega dos resíduos, dessa maneira há os custos logístico e operacional mais baixos.

Para o segundo cenário, admite-se a manutenção da inflação e que os resíduos sejam coletados pela própria empresa. Dessa maneira, teríamos o custo inicial mais elevado e o de operação intermediário.

Para o terceiro cenário, admite-se a manutenção da inflação e que os resíduos sejam comprados por preços intermediários, admitindo-se que a massa de resíduos misturados seria comprada por valor inferior.

Vale ressaltar que cada um desses cenários apresenta uma possibilidade, não havendo maneira de se calcular a probabilidade de que estes venham a se tornar realidade.

Conforme dito anteriormente, o Brasil apresenta uma demanda ociosa por uma gestão adequada dos RSUs o que favoreceria a compra de resíduos a preços mais baixos. Por outro lado, a crescente consciência por questões ambientais torna a possibilidade de venda dos resíduos separadamente uma realidade possível (SOUZA, 2020).

3.3. Metodologia FEL

A metodologia FEL se baseia em 5 macro etapas e, ao final de cada uma delas há um ponto de validação chamado de *gate* ou portão. Nesse *gate*, é realizada a decisão através da medição dos e comparação dos KPIs. É definido se o projeto continua, retorna a etapa anterior para revalidação de alguma informação ou é cancelado. Nos tópicos apresentados a seguir serão explicadas cada uma dessas etapas, bem como seus respectivos aspectos analisados.

- Pré-FEL nessa etapa ocorre o que se pode chamar pré-projeto. É definido o projeto conceitualmente e delimitado através do escopo, determinados os recursos a serem alocados e selecionado o modelo de gestão. Dessa maneira, nessa etapa, o projeto é iniciado, não havendo KPIs a serem analisados, a não ser a aderência do projeto aos objetivos do projeto. Fatores citados anteriormente poderiam ser KPIs relevantes na execução desse projeto, como os investimentos realizados na instalação de reaproveitamento energético da empresa de pesquisa energética, citada anteriormente.
- Visualização: etapa que ocorre ainda dentro da pré-FEL. Aqui ocorrem os primeiros controles de riscos. São levantados cenários e custos, identificadas oportunidades, mapeados os riscos e definidos os objetivos. Sendo assim, alguns dados apresentados no capítulo anterior podem corroborar as análises referentes a essa etapa. A exemplo a inabilidade da prefeitura do Rio de Janeiro em dar uma finalidade adequada aos resíduos recolhidos na cidade poderia ser vista como uma oportunidade e, ao mesmo tempo a análise retrospectiva desse cenário poderia ser entendida como um controle de riscos iniciais.
- FEL 1: etapa essencialmente de estudo conceitual. Dessa maneira são determinados os primeiros cronogramas, os custos são refinados, a localização é analisada bem como a sustentabilidade, são realizados os primeiros *layouts* conceituais e a primeira análise quantitativa de riscos. Nessa etapa ocorre a primeira avaliação de *stage-gate* (portão), podendo aqui o projeto ser abandonado. Essa gestão de riscos através dos portões é fundamental. Uma falha fatal pode representar a quebra das finanças de uma empresa. Aqui, 25% das ideias são

abandonadas e os custos estão mais refinados. Dados referentes a esta etapa foram apresentados na seção anterior como a localização da empresa bem como uma avaliação conceitual da sustentabilidade do projeto.

- FEL 2: são ainda mais refinados os dados econômicos do projeto sendo selecionada uma entre as opções determinadas nas etapas anteriores. Aqui são realizadas as primeiras etapas que envolvem efetivamente as competências de engenharia química como os diagramas de fluxo de processos, os primeiros orçamentos de equipamentos e utilidades, o planejamento de implementação e as primeiras análises de perigos de processo, trabalho e higiene. São também revisados os riscos determinados em etapas anteriores frente às novas variáveis e dificuldades encontradas. Assim, o projeto passa pelo segundo portão sendo 50% dos projetos abandonados.
- FEL 3: aqui, são apresentados os documentos de engenharia detalhados, descrição dos equipamentos chave, plano de compras, plano de execução, P&ID e a estimativa final de custos. Aqui ocorre a terceira avaliação de portão em que os custos devem estar dentro de uma margem de erro de 10%.

Assim, segundo o projeto proposto nesse trabalho se apresentará uma avaliação técnica e econômica da instalação de uma projeto de gestão de resíduos sólidos urbanos utilizando a metodologia FEL. Serão apresentados os riscos, custos, fontes de receita, previsão de receitas, planejamento de fluxograma de processos, determinação do escopo. Tratando-se de projeto conceitual não será realizada a etapa de FEL 3. (VAZZOLER, 2017).

4. CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise financeira

4.1.1. Fluxo de caixa e projeções

Determinados os cenários e apresentadas as condições da sessão anterior iniciam-se aqui as análises da viabilidade econômica dos cenários. Uma vez terminadas serão realizadas as análises da metodologia FEL e, na próxima sessão, a análise definitiva da viabilidade de abertura deste projeto. Na Tabela 8, estão previamente apresentados os resultados de cada um dos cenários.

Tabela 8: Resumo dos cenários

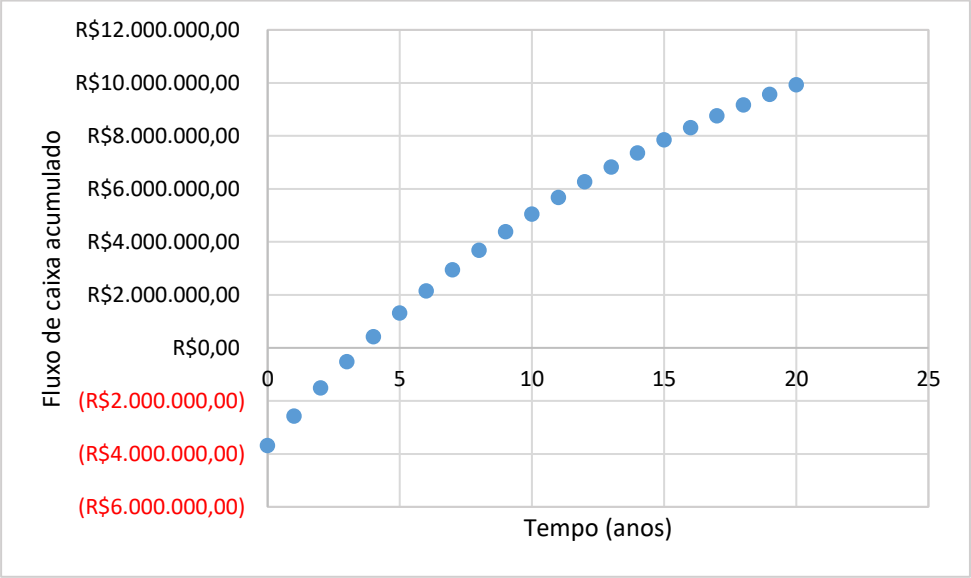
	TIR	Payback	Índice de lucratividade
Cenário 1	25%	4,52 Anos	44,27%
Cenário 2	18%	5,59 Anos	15,25%
Cenário 3	13%	6,42 Anos	0,55%

Fonte: elaboração própria

Os resultados apresentados nas tabelas 9, 10 e 11 foram utilizados para calcular os índices da tabela 8 e apresentados graficamente nas figuras Figura 6, Figura 7.

4.1.1.1. Cenário 1

Figura 6: Análise do fluxo de caixa acumulado para o cenário 1



Fonte: elaboração própria

Tabela 9: Análises para o cenário 1

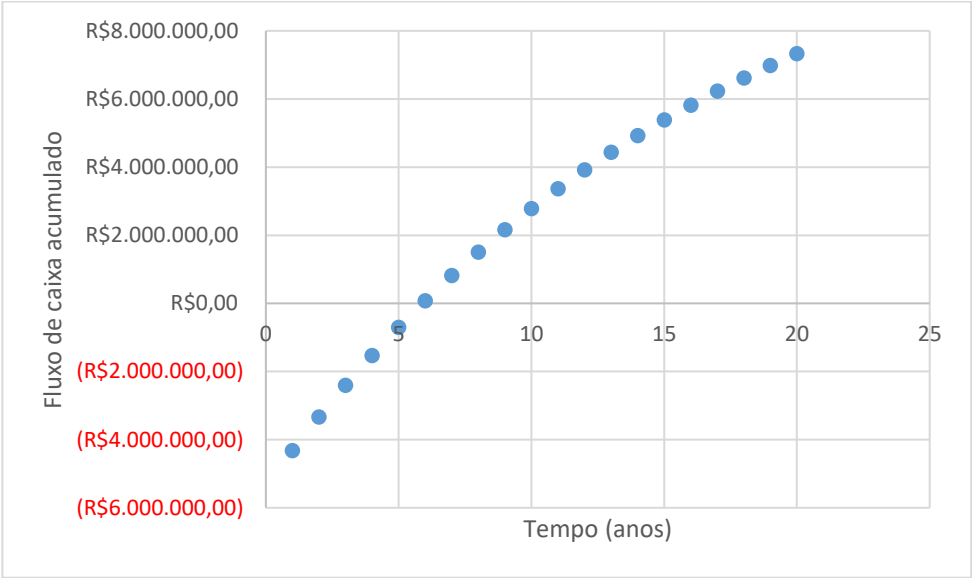
Tempo (anos)	Fluxo de caixa simples	VPL	Caixa acumulado
1	R\$ 1.188.000,00	R\$1.188.000,00	-R\$3.684.786,41
2	R\$ 1.188.000,00	R\$1.120.754,72	-R\$2.564.031,69
3	R\$ 1.188.000,00	R\$1.057.315,77	-R\$1.506.715,92
4	R\$ 1.188.000,00	R\$997.467,71	-R\$509.248,21
5	R\$ 1.188.000,00	R\$941.007,27	R\$431.759,06
6	R\$ 1.188.000,00	R\$887.742,71	R\$1.319.501,77
7	R\$ 1.188.000,00	R\$837.493,12	R\$2.156.994,89
8	R\$ 1.188.000,00	R\$790.087,85	R\$2.947.082,74
9	R\$ 1.188.000,00	R\$745.365,90	R\$3.692.448,64
10	R\$ 1.188.000,00	R\$703.175,37	R\$4.395.624,01
11	R\$ 1.188.000,00	R\$663.372,99	R\$5.058.997,01
12	R\$ 1.188.000,00	R\$625.823,58	R\$5.684.820,59
13	R\$ 1.188.000,00	R\$590.399,60	R\$6.275.220,19
14	R\$ 1.188.000,00	R\$556.980,76	R\$6.832.200,95
15	R\$ 1.188.000,00	R\$525.453,55	R\$7.357.654,50
16	R\$ 1.188.000,00	R\$495.710,89	R\$7.853.365,39
17	R\$ 1.188.000,00	R\$467.651,79	R\$8.321.017,17
18	R\$ 1.188.000,00	R\$441.180,93	R\$8.762.198,10
19	R\$ 1.188.000,00	R\$416.208,42	R\$9.178.406,53
20	R\$ 1.188.000,00	R\$392.649,46	R\$9.571.055,98

Fonte: Elaboração própria

Para o primeiro cenário pode-se observar um *tempo de payback* de 4,52 anos, resultado da interpolação do último caixa acumulado negativo com o primeiro positivo da Tabela 8. O *payback* apresentado nesse cenário pode ser considerado curto, tendo em vista que o *tempo de payback* normal de investimento intensivo costuma ser próximo dos 15 anos (VAZZOLER, 2017). Outro ponto interessante é a TIR, apresentada na Tabela 8, de 25%, 84% maior que a TMA determinada. Considerando que esse seria o cenário mais favorável dentre os três esses resultados são extremamente positivos para o desenvolvimento do projeto. Essa análise será abordada na próxima subseção e servirá de apoio para a tomada de decisão da FEL.

4.1.1.2. Cenário 2

Figura 7: Análise do fluxo de caixa acumulado para o cenário 2



Fonte: elaboração própria

Tabela 10: Análise para o cenário 2

Tempo (anos)	Fluxo de caixa simples	VPL	Caixa acumulado
1	R\$ 1.044.000,00	R\$ 1.044.000,00	- R\$ 4.316.065,05
2	R\$ 1.044.000,00	R\$ 984.905,66	- R\$ 3.331.159,39
3	R\$ 1.044.000,00	R\$ 929.156,28	- R\$ 2.402.003,11
4	R\$ 1.044.000,00	R\$ 876.562,53	- R\$ 1.525.440,57
5	R\$ 1.044.000,00	R\$ 826.945,78	- R\$ 698.494,79
6	R\$ 1.044.000,00	R\$ 780.137,53	R\$ 81.642,74
7	R\$ 1.044.000,00	R\$ 735.978,80	R\$ 817.621,55
8	R\$ 1.044.000,00	R\$ 694.319,63	R\$ 1.511.941,17
9	R\$ 1.044.000,00	R\$ 655.018,52	R\$ 2.166.959,69
10	R\$ 1.044.000,00	R\$ 617.942,00	R\$ 2.784.901,68
11	R\$ 1.044.000,00	R\$ 582.964,15	R\$ 3.367.865,83
12	R\$ 1.044.000,00	R\$ 549.966,18	R\$ 3.917.832,01
13	R\$ 1.044.000,00	R\$ 518.836,02	R\$ 4.436.668,02
14	R\$ 1.044.000,00	R\$ 489.467,94	R\$ 4.926.135,96
15	R\$ 1.044.000,00	R\$ 461.762,21	R\$ 5.387.898,17
16	R\$ 1.044.000,00	R\$ 435.624,72	R\$ 5.823.522,89
17	R\$ 1.044.000,00	R\$ 410.966,72	R\$ 6.234.489,61
18	R\$ 1.044.000,00	R\$ 387.704,45	R\$ 6.622.194,07
19	R\$ 1.044.000,00	R\$ 365.758,92	R\$ 6.987.952,98
20	R\$ 1.044.000,00	R\$ 345.055,58	R\$ 7.333.008,57

Fonte: elaboração própria

Para o segundo cenário observa-se um tempo de *payback* de 5,59 anos, resultado da interpolação do último caixa acumulado negativo com o primeiro positivo da Tabela 10 . O resultado demonstra o impacto do aumento de custos fixos e variáveis na viabilidade do investimento, tendo seu *payback* aumentado em 24% em comparação ao cenário 1. A TIR, apresentada na Tabela 8, também apresentou uma redução frente ao cenário 1. Um aumento de 10% no investimento inicial e 40% do custo operacional provocou uma redução de 28% na TIR, continuando 32% acima da TMA

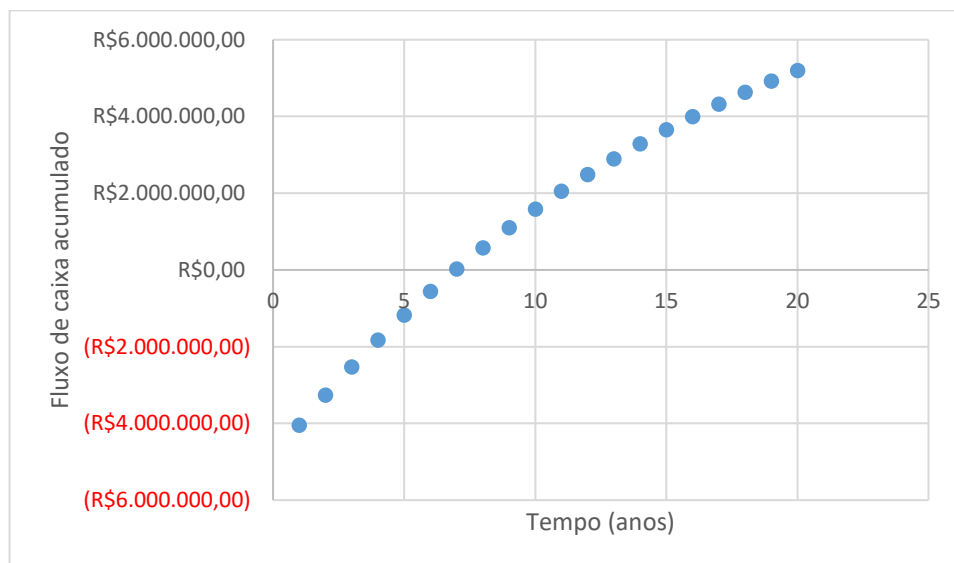
4.1.1.3. Cenário 3

Tabela 11: Análise para o cenário 3

Tempo (anos)	Fluxo de caixa simples	VPL	Caixa acumulado
1	R\$ 828.000,00	R\$ 828.000,00	- R\$ 4.044.786,41
2	R\$ 828.000,00	R\$ 781.132,08	- R\$ 3.263.654,33
3	R\$ 828.000,00	R\$ 736.917,05	- R\$ 2.526.737,28
4	R\$ 828.000,00	R\$ 695.204,77	- R\$ 1.831.532,52
5	R\$ 828.000,00	R\$ 655.853,55	- R\$ 1.175.678,96
6	R\$ 828.000,00	R\$ 618.729,77	- R\$ 556.949,20
7	R\$ 828.000,00	R\$ 583.707,33	R\$ 26.758,13
8	R\$ 828.000,00	R\$ 550.667,29	R\$ 577.425,42
9	R\$ 828.000,00	R\$ 519.497,44	R\$ 1.096.922,87
10	R\$ 828.000,00	R\$ 490.091,93	R\$ 1.587.014,79
11	R\$ 828.000,00	R\$ 462.350,88	R\$ 2.049.365,67
12	R\$ 828.000,00	R\$ 436.180,07	R\$ 2.485.545,74
13	R\$ 828.000,00	R\$ 411.490,63	R\$ 2.897.036,37
14	R\$ 828.000,00	R\$ 388.198,71	R\$ 3.285.235,08
15	R\$ 828.000,00	R\$ 366.225,20	R\$ 3.651.460,28
16	R\$ 828.000,00	R\$ 345.495,47	R\$ 3.996.955,75
17	R\$ 828.000,00	R\$ 325.939,12	R\$ 4.322.894,87
18	R\$ 828.000,00	R\$ 307.489,74	R\$ 4.630.384,61
19	R\$ 828.000,00	R\$ 290.084,66	R\$ 4.920.469,27
20	R\$ 828.000,00	R\$ 273.664,77	R\$ 5.194.134,05

Fonte: Elaboração própria

Figura 8: Análise do fluxo de caixa acumulado para o cenário 3



Fonte: elaboração própria

No terceiro cenário já observamos um *payback* de 6,42 anos, resultado da interpolação do último caixa acumulado negativo com o primeiro positivo da Tabela 10. O aumento de 100% do custo operacional provocou a redução da TIR, apresentada na Tabela 8, para valores abaixo da TMA determinada.

4.2. Análise dos resultados dos cenários

As análises apresentadas nas subseções acima demonstram o impacto do aumento do custo operacional e capital na viabilidade econômica do projeto. As figuras Figura 6, Figura 7 e Figura 8 demonstram a tendência do fluxo de caixa acumulado para cada um dos cenários e o impacto no mesmo ao longo dos anos. O cenário 3 foi considerado inválido, visto que apresentou a TIR inferior à TMA. Os dois primeiros cenários serão analisados posteriormente na sessão seguinte para a verificação do risco na metodologia FEL.

4.3. Análise do projeto pela metodologia FEL

Os dados aqui apresentados já foram abordados nas subseções anteriores. Neste capítulo, eles apenas serão sumarizados e organizados na metodologia FEL. Dessa maneira, espera-se simular o que seria um projeto real, dentro das limitações deste trabalho.

4.3.1. Pré-FEL

A análise inicia-se pela determinação do escopo e da alocação dos recursos. Será, portanto, um projeto de geração de energia pela combustão dos resíduos (termoelétrica). Pretende-se alocar os recursos na seguinte proporção:

Tabela 12: Alocação dos recursos

Alocação	Percentual alocado
Equipamentos e bens	90%
Projeto e startup	10%

Fonte: adaptado de ALVES; SOUZA, 2020

Determinadas a alocação dos recursos financeiros na Tabela 12, as receitas e despesas na Tabela 7 serão indicados os KPIs que estabelecerão a continuação do projeto, bem como seus limites. O primeiro KPI a ser analisado seria o custo do projeto, limitado a no máximo 10% do custo total da instalação. Preferencialmente, esse custo seria acompanhado ao longo do projeto para a avaliação do mesmo. O segundo KPI a ser acompanhado seria o preço da energia, baseado nos valores determinados na análise realizada no capítulo 3, caso haja uma tendência de queda o projeto será parado. O terceiro KPI seria a variação dos juros e caso houvesse uma elevação exacerbada, alcançando valores na casa dos 17%, o projeto seria inviabilizado em todos os cenários.

4.3.2. Visualização

Os resultados apresentados na Tabela 13 são o resumo das informações aferidas ao longo das subseções anteriores. A TMA foi determinada pela taxa de juros avaliada. Os custos operacionais calculados com base no preço dos resíduos. O preço da energia com base nas tarifas de energia da região analisada e no rendimento avaliado no processo. Os fluxos de caixa e os custos fixos foram baseados nas conclusões de ALVES; SOUZA, 2020.

Tabela 13: Resumo dos resultados

	Cenário 1	Cenário 2
TMA	13,59%	13,59%
Custo operacional	R\$ 0,1/Kg	R\$ 0,14/Kg
Preço da energia	R\$ 0,43/Kg	R\$ 0,43/Kg
Fluxo de caixa projetado anual	R\$ 1.188.000,00	R\$ 1.044.000,00
Custos total	R\$ 4.872.786,41	R\$ 5.338.998,16

Fonte: Elaboração própria

4.3.3. Estage-gate 1

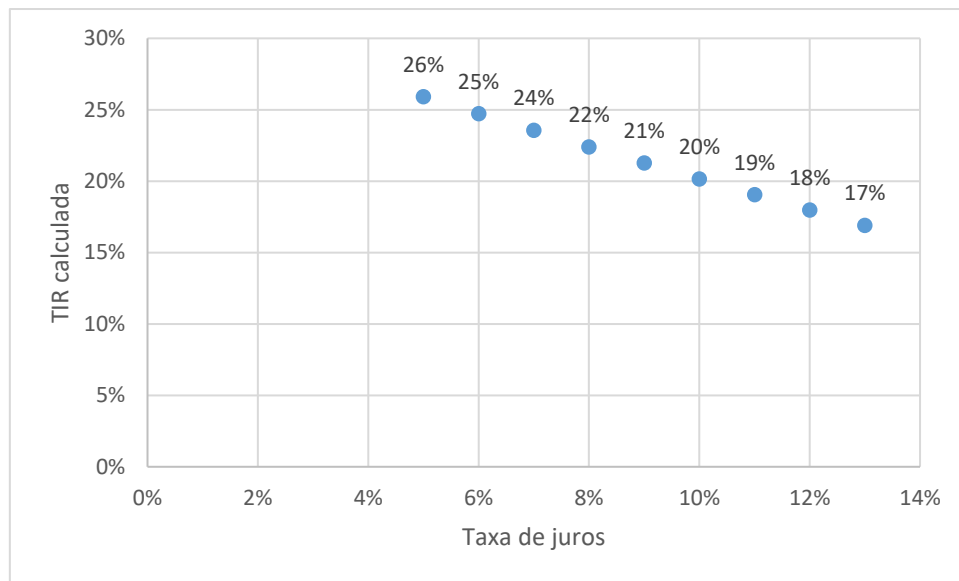
Visualizados os cenários apresentados, são determinadas as primeiras análises de riscos. Os riscos serão avaliados com relação aos KPIs apresentados.

O primeiro cenário seria o elevado custo de instalação do projeto. Assim os valores de R\$ 6.800.000,00 para primeiro cenário e R\$ 6.300.000,00 para o segundo cenário tornariam a TIR inferior a TMA.

O segundo seria um cenário de subida dos juros. Dessa forma os juros por si próprio não representa um problema, porém, seu impacto na TIR sim. Conforme indicado nas figuras Figura 9 e

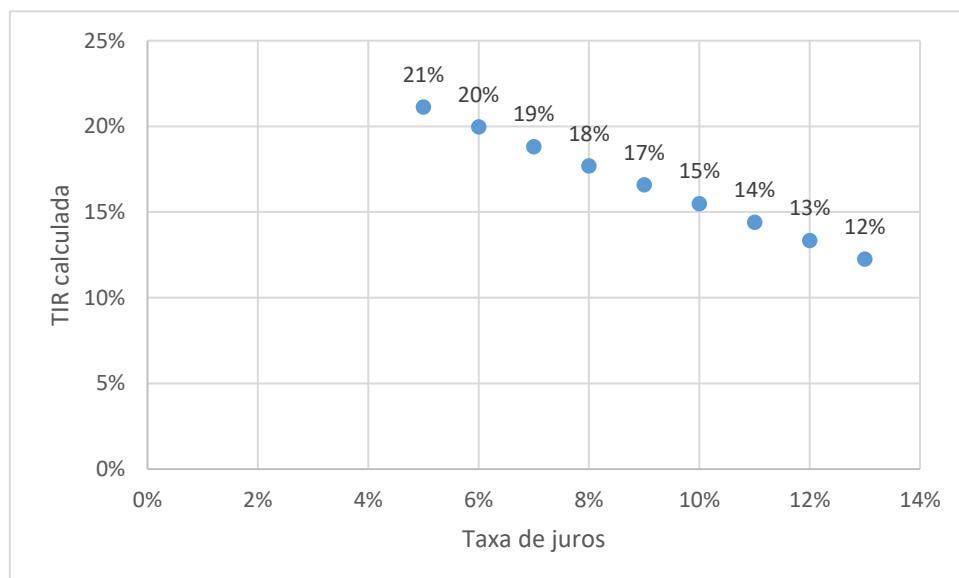
Figura 10, haveria um limite máximo de juros de 17% e 12% para o primeiro e segundo cenários, respectivamente. Assim, para a presente data (01/11/2021), ambos os cenários seriam viáveis. As expectativas do boletim FOCUS são de aumento de juros até o final do ano, assim há também um risco. (BACEN, 2021)

Figura 9: TIR x juros, cenário 1



Fonte: Elaboração própria

Figura 10: TIR x juros, cenário 2



Fonte: Elaboração própria

Uma subida nos custos de processamento desses resíduos acarretaria uma redução substancial da viabilidade do projeto o que, além de torná-lo arriscado, facilmente inviabilizaria o mesmo.

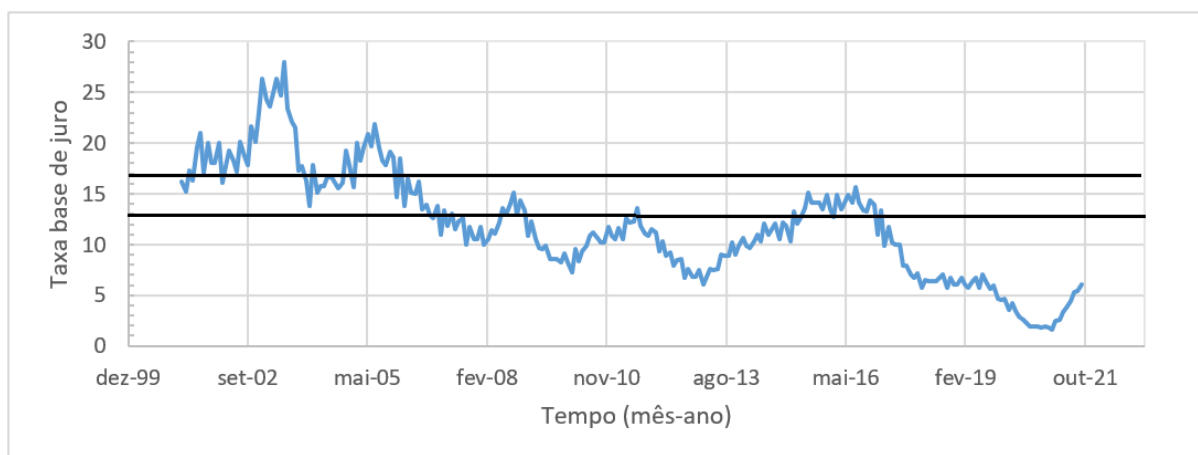
Dados os resultados dos dois cenários trazidos a essa análise, entendem-se que ambos poderiam ser levados à etapa de FEL 1. Contudo, o cenário dois estaria sujeito a ressalvas, visto que a tendência do aumento de juros, aliada a um aumento inesperado dos custos poderia acarretar a inviabilização do projeto. Essa ressalva foi levada em consideração na análise da FEL 1.

4.3.4. FEL 1

4.3.4.1. Análise quantitativa dos riscos

O primeiro risco a ser abordado seria a elevação dos juros, visto que a subida abrupta poderia inviabilizar o projeto. Para uma análise quantitativa foi realizada uma avaliação histórica da taxa básica de juros brasileira, SELIC, dos últimos 20 anos. Dessa forma, pode-se analisar quantitativamente as vezes esse fator esteve acima dos valores máximos estabelecidos na etapa anterior.

Figura 11: Série história da taxa SELIC



(BACEN, 2021)

Conforme demonstrado na Figura 11, a taxa de juros básica no Brasil se manteve na grande maioria do tempo acima dos 10%, apesar da queda no ano de 2020. As duas linhas apresentadas no gráfico representam os limites para que o projeto siga atrativo sendo a superior para o cenário 1 e a inferior para o cenário 2. Assim sendo, podemos verificar que historicamente as taxas de juros não atingem patamares arriscados para o cenário 1 desde 2006. Entretanto, para o cenário 2 a taxa de juros básica esteve acima do limite em 46% dos dados históricos, o que representa um risco sério (BACEN, 2021).

Outro fator relevante para a análise do risco associado aos juros é a política monetária internacional. A expansão monetária internacional pode causar um aumento da inflação e, conseqüentemente, uma atuação do Banco Central, através dos juros, para controlá-la. Justamente o que vem ocorrendo hoje, devido à expansão monetária norte-americana para o controle da pandemia da COVID-19, as taxas de juros globais vêm subindo. Dessa forma, o momento vem se mostrando bastante inoportuno, pois a perspectiva é de que os juros continuem subindo (VILELA, 2020).

O segundo fator de risco seria o preço da energia que, atualmente, é controlado pela ANEEL. Esse cenário, portanto, poderia inviabilizar tanto caso houvesse a necessidade de aumento dos custos do projeto ou pela redução do preço pela ANEEL. (ANEEL, 2021). Entretanto, de acordo com a

Tabela 14 os preços acompanham as variações do mercado e, eventualmente, até ultrapassam as expectativas. Logo, pela análise histórica entende-se que o risco da não correção dos preços seria pequeno. Contudo, há um risco devido à imprevisibilidade das necessidades produtivas. Caso o custo operacional se eleve muito o projeto ficaria totalmente inviabilizado (ANEL, 2021; IBGE, 2021).

Tabela 14: Preço energia elétrica e variação frente ao IGP-M

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Preço médio MWh (R\$)	256,8545	218,93023	224,55864	340,89273	393,21267	393,0423	425,3077
Variação do preço		-14,76%	2,57%	51,81%	15,35%	-0,04%	8,21%
IGP-M		5,1%	3,69%	10,54%	7,17%	-0,52%	7,54%

Fonte: adaptado de ANEL (2021)

Esse fato, portanto, apresenta um risco menor, não sendo considerado fator impeditivo para a continuidade do projeto.

4.3.5. Cronograma descritivo do processo e dos custos

Conforme discriminado na sessão da 4.3.1, os custos para o projeto foram estabelecidos em 10% do total. Ficam então os índices e valores calculados e descritos ao longo do presente trabalho sumarizados Tabela 15.

Tabela 15: Resumo dos resultados

	Cenário 1	Cenário 2
TMA	13,59%	13,59%
Custo operacional	R\$ 0,1/Kg	R\$ 0,14/Kg
Preço da energia	R\$ 0,43/Kg	R\$ 0,43/Kg
Fluxo de caixa projetado anual	R\$ 1.188.000,00	R\$ 1.044.000,00
TIR	25%	18%
<i>Payback</i>	4,52 anos	5,59 anos
Índice de lucratividade	44,27%	15,25%
Custos instalação	R\$ 4.872.786,41	R\$ 5.338.998,16
Custos projeto	R\$ 438.550,78	R\$ 480.509,83

Fonte: elaboração própria

Foi realizado uma simulação de custos para um projeto de bem como a simulação de um calendário para um projeto de 6 meses, descrito na Tabela 16.

Tabela 16: Resumo geral do projeto para o cenário 1

	TOTAL (R\$)	Meses 1 e 2	Meses 3 e 4	Meses 5 e 6
1. PESSOAL	213.119,96	83.687,29	101.648,52	27.784,16
2. MATERIAIS DE CONSUMO	253.500,00	58.500,00	91.000,00	104.000,00
3. PASSAGENS E DIÁRIAS	-	-	-	-
4. LOCOMOÇÃO	-	-	-	-
5. SERVIÇOS DE TERCEIROS	-	-	-	-
6. USO DE EQUIPAMENTOS	-	-	-	-
7. SOFTWARE, EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES	-	-	-	-
8. OUTRAS DESPESAS	-	-	-	-
Total	466.619,96	142.187,29	192.648,52	131.784,16

Fonte: Elaboração própria

Assim, estão apresentados todos os fatores que seriam requeridos nas etapas da metodologia FEL para a avaliação do risco de um projeto.

5. CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E SUGESTÕES FUTURAS

5.1. CONCLUSÃO

De início, é razoável dizer que os cenários de custos apresentados aqui são, majoritariamente pessimistas em seus custos. Por outro lado, a realidade do país tem mudado muito nos últimos anos e os cenários para o empreendedorismo são cada vez mais favoráveis. Dito isso, as análises aqui apresentadas demonstraram-se muito favoráveis principalmente em dois pontos.

Conforme descrito em sessões anteriores, os resultados financeiros são bastante promissores. Um *payback* de 5 a 6 anos e uma TIR relevante demonstra que soluções ambientalmente corretas podem ter grande potencial econômico. É necessário que sejam avaliadas cada vez mais soluções, pois há oportunidade para diversas iniciativas.

O segundo ponto é que, os KPIs para dois cenários se apresentaram bastante positivos. Desta maneira, acredita-se que avanços tecnológicos e políticos tornem iniciativas como essa ainda mais rentáveis.

Além disso, o trabalho apresenta como solução para o problema dos resíduos um tópico não muito discutido na sociedade civil. De fato, o reaproveitamento energético dos resíduos pode ser uma solução ainda mais relevante. Contudo, o problema dos resíduos é multifatorial e existem uma gama de soluções desenvolvidas e uma quantidade ainda maior que nem sequer foram imaginadas (WORLD BANK GROUP, 2020).

Entretanto, as soluções apresentadas neste trabalho se limitam a análise de alguns cenários. Existem uma variedade de soluções sendo desenvolvidas, como as apresentadas em relatórios como o *waste 2.0*. Cada vez soluções mais inovadoras estão sendo desenvolvidas para a resolução deste e de outros problemas. (WORLD BANK GROUP, 2020)

No presente trabalho foi realizada a simulação da implementação de um projeto para a instalação de um projeto de gestão de uma termoeletrica de resíduos sólidos. Foi realizada a análise de dados trabalhos anteriores, a fim de retratar a atualidade financeira do país.

No início, foi realizada uma ampla análise acerca da legislação e da atual situação legal e estrutural da gestão de resíduos sólidos no Brasil.

Foram levantados os dados financeiros para implementação da planta e calculados seus custos, *Payback*, *TIR* e índice de lucratividade para diferentes cenários. Posteriormente, cada um desses cenários foi analisado frente a TMA determinada.

No final, após todas as análises aqui realizadas, entende-se que o investimento seria válido dadas algumas condições.

Primeiramente, os juros no Brasil devem apresentar uma tendência de queda relevante de forma que investimentos de capital intensivo não sejam prejudicados pela amortização dos mesmos. Para os patamares atuais o projeto ainda seria viável, porém, há uma forte tendência de elevação dos juros atualmente.

Segundo o preço da energia controlado pela ANEEL, conforme dito na sessão 3.2.2 apresenta um ponto sério de risco. Atualmente o preço da energia na região sudeste está quase 50% acima do preço utilizado nas análises. Porém, continua uma incógnita até quando será reajustado de maneira a se cobrirem os custos

Dessa forma, entende-se que o investimento seria viável especialmente pela tendência de aumento do preço da energia. Entretanto, deve-se prosseguir tal projeto com precaução. O histórico de juros altos no Brasil é recente e a tendência é de aumento.

Dito isso, conclui-se que, o cenário 1 seria o mais viável apresentando valores muito superiores a TMA determinada. O cenário 2 também foi analisado com viável, porém apresenta um risco associado à elevação dos juros, que esteve acima dos valores limites em grande parte do tempo em que foi catalogado.

5.2. SUGESTÕES FUTURAS

Ao longo do trabalho notou-se uma grande inconsistência com relação aos dados apresentados por diversos órgãos do governo tal qual de agências não governamentais e órgãos internacionais. Dessa maneira, um estudo que contribuiria bastante para a solidez de trabalhos como este seria um levantamento bibliográfico de tais informações e validação das mesmas.

Outra possibilidade seria a simulação computacional desse processo para serem validados os dados em outras hipóteses. Por exemplo, a possibilidade de utilização de uma unidade de pirólise (degradação térmica controlada na ausência de oxigênio).

REFERÊNCIAS

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Aproveitamento Energético Dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande.**, 2008.

Ccochachi, Beatriz, et al. **ANÁLISE DA VIBILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO de ENERGIA a PARTIR DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE de SÃO PAULO.** 2017.

Pongrácz, Eva, and Veikko J. Pohjola. **Re-Defining Waste, the Concept of Ownership and the Role of Waste Management.”** *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 40, no. 2004

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos Da Cidade Do Rio de Janeiro.** 2015.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. **Production, use, and fate of all plastics ever made.** 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMNISTRAÇÃO MUNICIAPAL. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** 2001.

BATLEY, Richard. **Public-Private Relationships and Performance in Service Provision.** *Urban Studies*, 1996.

VAZZOLER, Alex. **Introdução ao estudo das viabilidades técnica e econômica de processos químicos Estimativas de custo para projetos conceituais e anteprojetos.** 2017.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **diagnóstico preliminar de resíduos sólidos da cidade do rio de janeiro 2015.**

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL.** 2018.

WORLD BANK GROUP. **WHAT A WASTE 2.0: AGLOBAL SNAPSHOT OF SOLID WASTE MANAGEMENT TO 2050.** 2018.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2010

ANEEL – Agência Nacional de Energia elétrica, **Tarifas de energia elétrica residencial**, 2020. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>>, acesso em: 3 de outubro de 2021.

ALVES, Herberth; SOUZA, D, **VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA PLANTA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA PEQUENOS MUNICÍPIOS**, [s.l.: s.n.], 2020.

CCOCHACHI, Beatriz *et al*, **ANÁLISE DA VIBILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE SÃO PAULO**, [s.l.: s.n.], 2017.

DE SOUZA, Erika, **ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E PODER CALORÍFICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMNISTRAÇÃO MUNICIAPL, **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**, [s.l.: s.n.], 2001.

PONGRÁCZ, Eva; POHJOLA, Veikko J., **Re-defining waste, the concept of ownership and the role of waste management**, *Resources, Conservation and Recycling*, v. 40, n. 2, p. 141–153, 2004.

SOARES, E., **ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E PODER CALORÍFICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**, [s.l.: s.n., s.d.]. 2011

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE, **Dados históricos da Inflação no plano real**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>>. Acesso em 03 de outubro de 2021

KASSAI, J. R.; KASSAI, S.; SANTOS, A. dos; ASSAF NETO, A. **Retorno de Investimento: Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 256 p

BANCO CENTRAL - BACEN, **FOCUS relatório de mercado**. 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>>, acesso em: 11 de outubro de 202

VILELA, Gabriel; FREITAS, Resende; DAMASCENO, Aderbal, **Ciclo Financeiro Global: O Impacto da Aversão ao Risco Global e Política Monetária Estadunidense nas Economias Emergentes**, [s.l.: s.n.], 2020.

WORLD BANK GROUP, **What a waste: A global snapshot of solid waste management to 2050**, 2021

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, **Plano municipal de gestão integrada dos resíduos sólidos – PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro**, 2021

SOARES, F.; MIYAMARU, E.; MARINS, G. **Desempenho ambiental da destinação e do tratamento de resíduos sólidos urbanos com reaproveitamento energético por meio da avaliação do ciclo de vida na central de tratamento de resíduos – Caieiras**; 2017



Datas e horários baseados no fuso horário (GMT -3:00) em Brasília, Brasil
Sincronizado com o NTP.br e Observatório Nacional (ON)
Certificado de assinatura gerado em 12/12/2021 às 12:52:29 (GMT -3:00)

TCC - Felipe Moutinho de Melo VF - analise .pdf

 ID única do documento: #793dbabd-3217-46d0-8292-3fbb24f7df83

Hash do documento original (SHA256): 4b44d7cc1bd3a1167a6c9c84c55e0c7f1282ff6c496b5018f276386f628f3ac2

Este Log é exclusivo ao documento número #793dbabd-3217-46d0-8292-3fbb24f7df83 e deve ser considerado parte do mesmo, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso.

Assinaturas (4)

- ✓ **Fernanda Neumann (Participante)**
Assinou em 12/12/2021 às 13:56:38 (GMT -3:00)
- ✓ **Alex Vazzoler (Participante)**
Assinou em 12/12/2021 às 12:53:18 (GMT -3:00)
- ✓ **Michelle Reich (Participante)**
Assinou em 13/12/2021 às 11:27:16 (GMT -3:00)
- ✓ **Tanise Mori Flores (Participante)**
Assinou em 13/12/2021 às 11:23:54 (GMT -3:00)

Histórico completo

Data e hora

12/12/2021 às 13:56:38
(GMT -3:00)

Evento

Fernanda Neumann (Autenticação: e-mail FNeumann@cetiqt.senai.br; IP: 201.17.98.10) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

12/12/2021 às 12:52:30
(GMT -3:00)

Alex Vazzoler solicitou as assinaturas.



Data e hora

Evento

12/12/2021 às 12:53:18
(GMT -3:00)

Alex Vazzoler (Autenticação: e-mail vazzoleralex@hotmail.com; IP: 177.54.100.191) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

13/12/2021 às 11:23:54
(GMT -3:00)

Tanise Mori Flores (Autenticação: e-mail tmflores@cetiqt.senai.br; IP: 201.17.125.155) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

13/12/2021 às 11:27:16
(GMT -3:00)

Michelle Reich (Autenticação: e-mail mreich@cetiqt.senai.br; IP: 152.237.73.2) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

13/12/2021 às 11:27:20
(GMT -3:00)

Documento assinado por todos os participantes.