

KAREN DOS REIS MASCARO

**Análise da viabilidade econômico-financeira de uma usina de recuperação energética
de resíduos sólidos por meio do método valor presente líquido**

Karen dos Reis Mascaro

**Análise da viabilidade econômico-financeira de uma usina de recuperação energética
de resíduos sólidos por meio do método valor presente líquido**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof Me. Antonio dos Reis de Faria Neto

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins

M395a	Mascaro, Karen dos Reis Análise da viabilidade econômico-financeira de uma usina de recuperação energética de resíduos sólidos por meio do método valor presente líquido / Karen dos Reis Mascaro – Guaratinguetá, 2019. 48 f : il. Bibliografia: f. 42-44 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019. Orientador: Me. Antonio dos Reis de Faria Neto Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins 1. Resíduos sólidos. 2. Viabilidade econômica. 3. Monte Carlo, Método de. I. Título. CDU 628.54
-------	--

Luciana Máximo

Bibliotecária CRB-8/3595

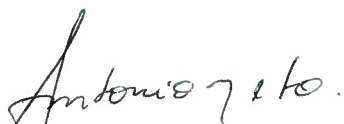
KAREN DOS REIS MASCARO

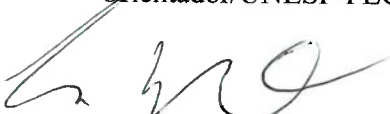
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

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

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Me. ANTONIO DOS REIS DE FARIA NETO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Me. FRANCISCO HENRIQUE CAPPI DE FREITAS
UNESP-FEG


Prof. Me. EVERTON COELHO DE MEDEIROS
UNESP-FEG

Novembro de 2019

DADOS CURRICULARES

KAREN DOS REIS MASCARO

NASCIMENTO	17.07.1992 – Caçapava / SP
FILIAÇÃO	Carmelo Mascaro Ana Maria Mendes dos Reis Mascaro
2011/2019	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Guaratinguetá

dedico este trabalho de modo especial, aos
meus pais e à minha irmã *Kelly*.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos;

ao meu orientador, Prof. Me. Antonio dos Reis de Faria Neto por sua empatia pelo meu momento de dificuldade, e ao Prof. Dr. Marcelo Sampaio por fazer essa ponte. Sem o seu apoio e disponibilidade este estudo aqui apresentado seria praticamente impossível;

aos meus pais *Carmelo* e *Ana Maria* e à minha irmã *Kelly*, que sempre me apoiaram em todos os aspectos da vida;

à minha segunda família da República Repatinhas, que foram essenciais nessa jornada;

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar;

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

Em 2017, o Brasil produziu 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Deste total, 6,8 milhões não foram coletados. Da parcela coletada, 42,3 milhões de toneladas foram dispostas em aterros sanitários e as 29,3 milhões de toneladas restantes foram despejadas em locais inadequados (lixões ou aterros controlados), que não possuem os cuidados necessários para a proteção do meio ambiente. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma Usina de Recuperação Energética (URE) de resíduos sólidos por meio do método Valor Presente Líquido (VPL). Para isso, foi feita a modelagem da taxa de desconto do cálculo do VPL de forma estocástica. A distribuição de probabilidades das variáveis aleatórias Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), risco de mercado (r_m) e taxa livre de risco (r_f) foi determinada pelo teste de aderência, com o uso do software *ARENA Input Analyzer*. A previsão de frequência do VPL foi então calculada a partir da Simulação Monte Carlo com o auxílio do software Crystal Ball® (um suplemento do Excel), gerando vários cenários possíveis. O projeto se mostrou viável em 90,76% dos cenários. Comparado ao caso base, houve um aumento de 43% na viabilidade. Quando comparado à análise de viabilidade de outros projetos nos quais a taxa de desconto foi considerada determinística, o presente trabalho também apresenta uma viabilidade maior.

PALAVRAS-CHAVE: Valor Presente Líquido (VPL). Recuperação energética. Resíduos sólidos urbanos. Simulação Monte Carlo.

ABSTRACT

In 2017, Brazil produced 78,4 million tons of solid waste. Of this amount, 6,8 million was not collected. Of the part that was collected, 42,3 million tons were disposed in sanitary landfills and the 29,3 million left were disposed in inadequate locations (open dumps and controlled landfills), that don't have the necessary caution for environmental protection.

In this context, the aim of this work is to evaluate the economic and financial viability of a Waste to Energy power plant using the Net Present Value (NPV) method. For this purpose, the NPV discount rate was modeled stochastically. The probability distribution of the random variables settlement price of differences (SPD), risk premium of the reference market (r_m) and risk-free assets rate of return (r_f) was defined by a fit test. The test was made using the software ARENA *Input Analyzer*. The VPL frequency forecast was calculated using the Monte Carlo Simulation with the Microsoft Excel add-in Crystal Ball®, generating multiple possible scenarios. The project is viable in 90,76% of the scenarios. Compared to the base case, there was an improvement of 43% in viability. When compared to other evaluation projects, which the discount rate was considered deterministic, this work still presents a higher viability.

KEYWORDS: Net Present Value (NPV). Energy recovery. Municipal solid waste. Monte Carlo simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Geração de RSU no Brasil.....	15
Figura 2 – Coleta de RSU no Brasil.....	15
Figura 3 – Disposição final dos RSU coletados no Brasil (t/ano).....	15
Figura 4 – Componentes do sistema de tratamento e manuseio de resíduos sólidos.....	17
Figura 5 – Geração de Resíduos per capita.....	19
Figura 6 – Geração de Resíduos por Região.....	20
Figura 7 – Projeção da Geração de Resíduos Global.....	20
Figura 8 – Composição Global dos Resíduos.....	21
Figura 9 – Tratamento e disposição dos resíduos globais.....	21
Figura 10 – Visão Geral do Processo.....	23
Figura 11 – Arquivo .txt dos dados da variável estocástica.....	27
Figura 12 – Abertura de um novo arquivo.....	27
Figura 13 – Novo arquivo aberto.....	27
Figura 14 – Seleção do arquivo de dados.....	28
Figura 15 – Histograma dos dados.....	28
Figura 16 – Ajuste da distribuição ao histograma.....	29
Figura 17 – Informações estatísticas.....	29
Figura 18 – Salvar o arquivo.....	30
Figura 19 – Pressuposto.....	30
Figura 20 – Definição do pressuposto.....	31
Figura 21 – Galeria de distribuição.....	31
Figura 22 – Parâmetros da distribuição.....	32
Figura 23 – Previsão.....	32
Figura 24 – Definição da previsão.....	32
Figura 25 – Nome do gráfico de previsão.....	33
Figura 26 – Execução da simulação.....	33
Figura 27 – Previsão do VPL.....	33
Figura 28 – Modelagem da variável PLD.....	37
Figura 29 – Modelagem da variável r_f	37
Figura 30 – Modelagem da variável r_m	38
Figura 31 – Previsão para o VPL.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores para cálculo da taxa de juros do financiamento.....	35
Tabela 2 – Distribuição de probabilidades e parâmetros das variáveis aleatórias.....	38
Tabela 3 – Taxas de desconto e probabilidades da viabilidade econômica dos projetos.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
FCA	Fluxo de Caixa do Acionista
GNS	Gás Natural Sintético
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
P2G	<i>Power to Gas</i>
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAC	Sistema de Amortização Constante
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
Suasa	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TLP	Taxa de Longo Prazo
URE	Usina de Recuperação Energética
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

β	beta desalavancado global
r_b	risco Brasil
r_{desc}	taxa de desconto
r_m	risco de mercado
r_f	taxa livre de risco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	MOTIVAÇÃO.....	14
1.2	OBJETIVO.....	16
1.2.1	Objetivo geral.....	16
1.2.2	Objetivo específico.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	ATERROS SANITÁRIOS.....	17
2.2	ATERROS CONTROLADOS.....	18
2.3	LIXÕES.....	18
2.4	CENÁRIO DO RSU NO MUNDO.....	18
2.5	USINAS DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA.....	22
2.6	INDICADORES.....	23
2.6.1	Fluxo de caixa do acionista.....	23
2.6.2	Riscos associados.....	24
2.6.3	Sistema de Amortização Constante (SAC).....	24
2.6.4	Método Valor Presente Líquido (VPL).....	25
3	METODOLOGIA.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1	FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA.....	34
4.1.1	Despesas financeiras.....	34
4.1.2	Amortização.....	35
4.2	MODELAGEM DA TAXA DE DESCONTO.....	35
4.3	MODELAGEM DAS VARIÁVEIS ESTOCÁSTICAS.....	36
4.3.1	Preço de liquidação das diferenças.....	36
4.3.2	Taxa livre de risco.....	37
4.3.3	Risco de mercado.....	37
4.4	PREVISÃO DO VPL.....	38
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDICE A – TABELA SAC.....	44
	APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA.....	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

A sociedade vem se direcionando a favor do consumismo, diminuindo os recursos naturais e produzindo uma quantidade maior de lixo a cada ano. Muitos desses recursos naturais são finitos (por exemplo, o petróleo) e o consumo desenfreado demanda mais e mais recursos para a manutenção deste processo. Além disso, os resíduos sólidos produzidos deste consumo exacerbado são ainda destinados de forma inapropriada, prejudicando ainda mais o meio ambiente (SEBRAE, 2012).

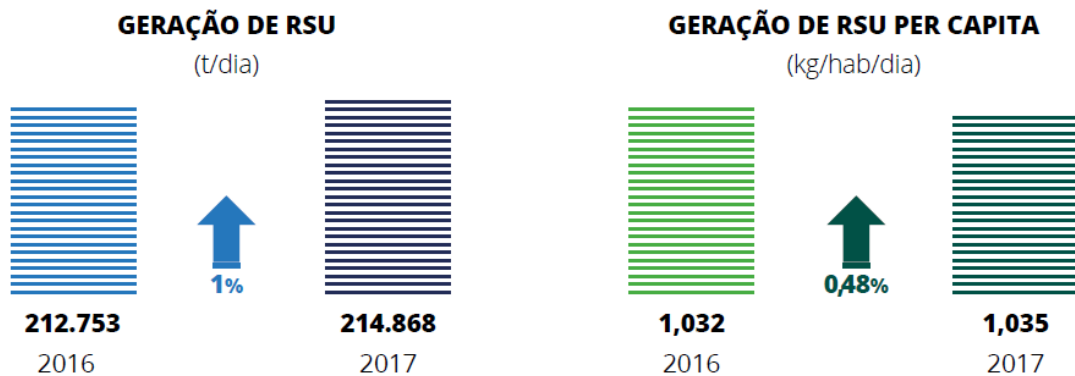
O Art 3º, inciso VII da Lei Nº 12.305, estabelece que:

“Destinação final ambientalmente adequada : destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação, e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.”

Com base na lei citada anteriormente, os resíduos sólidos podem ter um destino adequado, reduzindo o espaço ocupado nos aterros sanitários, além de agregar valor econômico, seja gerando emprego e renda através da reciclagem, produção de adubo ou geração de energia (SEBRAE, 2012).

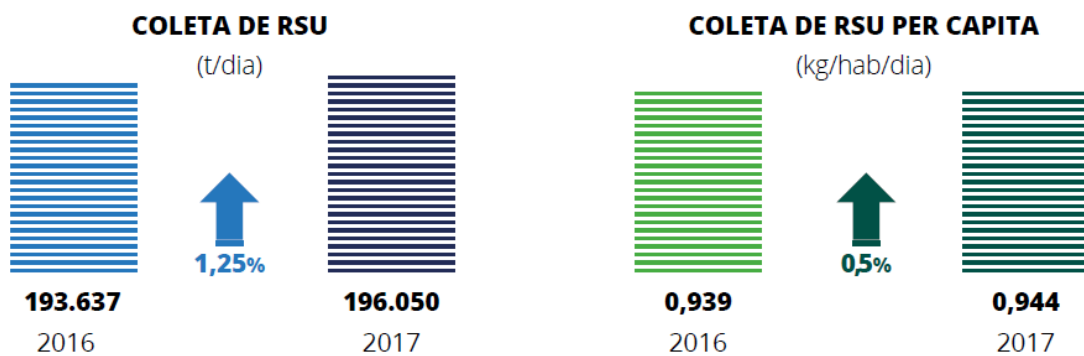
O Brasil gerou um total de 78,4 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em 2017, deste total foram coletados 71,6 milhões de toneladas. Isso significa que 6,8 milhões (mais de 8% do total) não foram coletados. 42,3 milhões de toneladas de RSU (59,1% do coletado) foram dispostos em aterros sanitários, sem mudanças significativas em relação ao ano anterior. As 29,3 milhões de toneladas restantes (40,9%) foram despejadas em locais inadequados, como lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2017). Estes dados são ilustrados na forma de gráficos apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

Figura 1 – Geração de RSU no Brasil



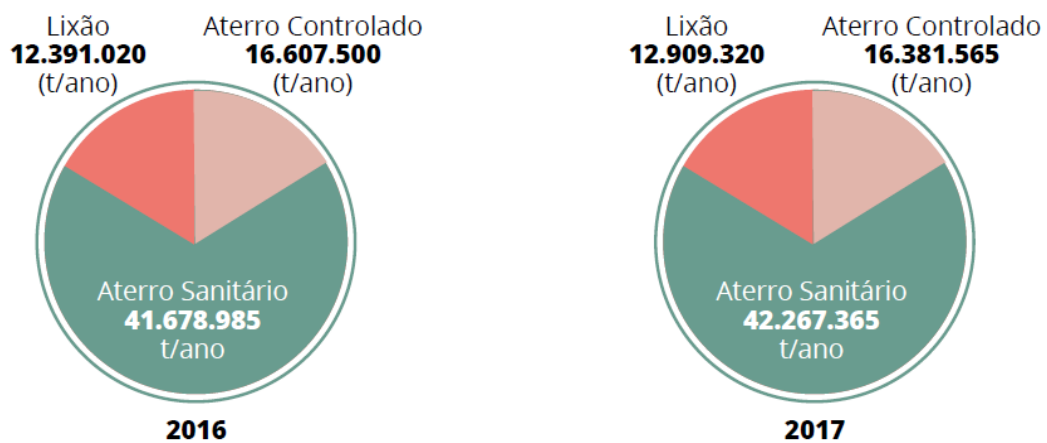
Fonte: Pesquisa ABRELPE / IBGE (2017).

Figura 2 – Coleta de RSU no Brasil



Fonte: Pesquisa ABRELPE / IBGE (2017).

Figura 3 – Disposição final dos RSU coletados no Brasil (t/ano)



Fonte: ABRELPE (2017).

Diante deste cenário alarmante sobre os RSU, o reaproveitamento energético dos resíduos se mostra muito importante e necessário.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é mostrar o cenário dos RSU no Brasil e no mundo e a partir disso verificar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma Usina de Recuperação Energética (URE) de resíduos sólidos.

1.2.2 Objetivo específico

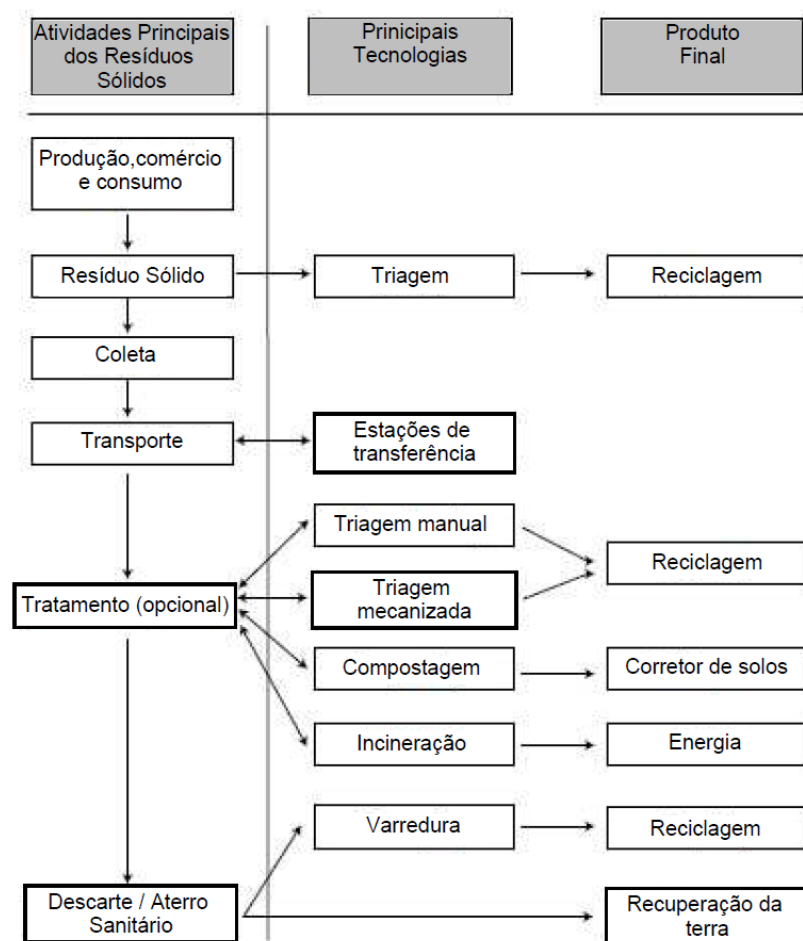
O objetivo específico do trabalho é:

- Utilizar o método Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa do acionista de forma estocástica, para avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma URE.
- Modelar as variáveis preço de liquidação das diferenças (PLD), taxa livre de risco (r_f) e risco de mercado (r_m) com o uso da distribuição de probabilidades.
- Determinar as probabilidades de cada variável estocástica.
- Aplicar Simulação Monte Carlo para gerar cenários possíveis e analisar as viabilidades.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Resíduo sólido é definido como material descartado resultante da atividade humana. Já o rejeito é o resíduo sólido que não tem mais possibilidade de tratamento e recuperação por processos tecnológicos e não tem alternativa senão a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2012). A Figura 4 mostra um fluxograma com as tecnologias de tratamento e manuseio dos resíduos sólidos.

Figura 4 – Componentes do sistema de tratamento e manuseio de resíduos sólidos



Fonte: Adaptado de Banco Mundial (1999).

2.1 ATERROS SANITÁRIOS

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada seguindo normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e tem como finalidade assegurar a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao

meio ambiente. O aterro sanitário emite o biogás de aterro, efluentes líquidos (lixiviados) e resíduos mineralizados (húmus) (VAN ELK, SEGALA, 2007).

O projeto de um aterro sanitário deve possuir uma série de itens como: elementos de captação, armazenamento e tratamento dos lixiviados e biogás, além de sistemas de impermeabilização superior e inferior, monitoramento ambiental e geotécnico, exigência de células especiais para resíduos de serviços de saúde e manual de operação do aterro. É necessário também definir o uso futuro da área do aterro após o término das atividades (VAN ELK, SEGALA, 2007).

2.2 ATERROS CONTROLADOS

O aterro controlado é intermediário ao aterro sanitário e ao lixão. É uma forma inadequada de disposição dos resíduos e rejeitos, pois o único cuidado é o recobrimento do lixo com terra (BRASIL, 2012).

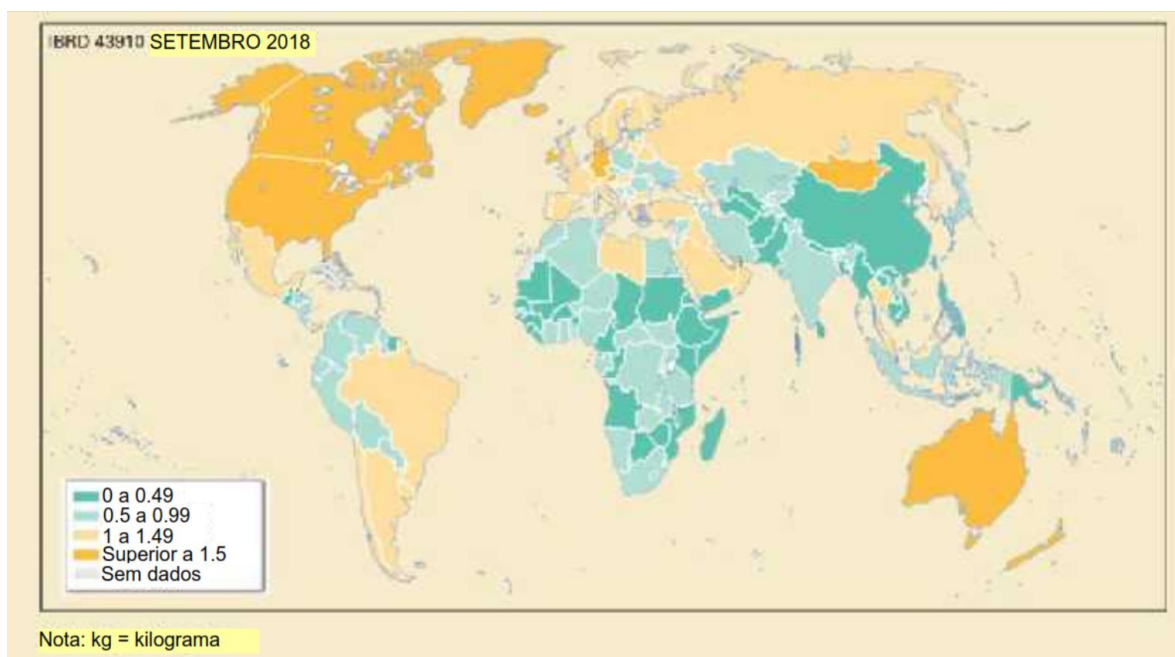
2.3 LIXÕES

O lixão também é uma forma inadequada de disposição dos resíduos e rejeitos, pois este material é disposto em solo em espaço aberto sem qualquer controle ou tratamento (BRASIL, 2012).

2.4 CENÁRIO DO RSU NO MUNDO

Cidades e países estão se desenvolvendo rapidamente sem sistemas adequados para gerir o aumento da produção de resíduos. A Figura 5 mostra a geração de resíduo mundial per capita em 2018.

Figura 5. Geração de Resíduos per capita



Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2018).

Estima-se que 1,6 bilhões de toneladas de equivalente de CO₂ de gases de efeito estufa foram gerados da gestão de resíduos sólidos em 2016. Isso equivale a cerca de 5% da emissão global (BANCO MUNDIAL, 2018).

A rápida urbanização e o crescimento populacional criam grandes centros populacionais, dificultando a coleta e a disponibilidade de espaço para a disposição e tratamento dos resíduos. (BANCO MUNDIAL, 2018).

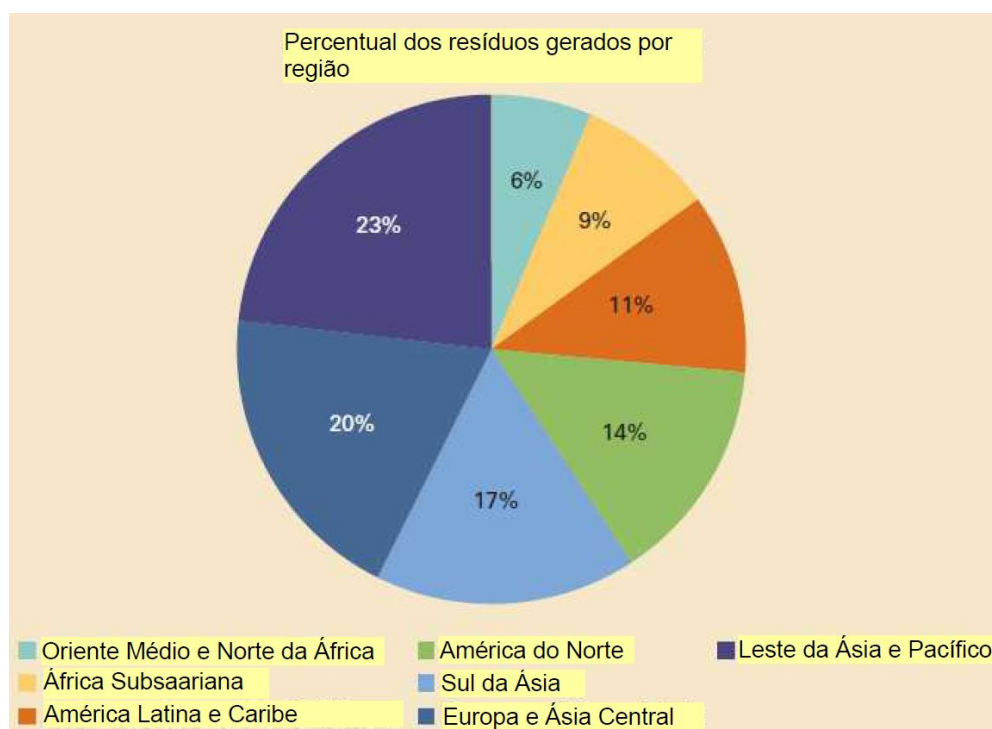
A gestão de resíduos sólidos é onerosa e frequentemente administrada por autoridades locais com recursos limitados e capacidade de planejamento, gestão de contratos, e monitoramento operacional também limitado. Estes fatores fazem da gestão de resíduos um tema complexo. Compreender quanto lixo é gerado, bem como o tipo de lixo permite aos governos locais, selecionar métodos de gestão de resíduos apropriados e fazer o planejamento para demandas futuras. (BANCO MUNDIAL, 2018).

São geradas 2,01 bilhões de toneladas de RSU anualmente no mundo, como mostra a Figura 7. Deste total, ao menos 33% não possuem tratamento ambientalmente adequado. A nível mundial, a média de geração de resíduos per capita por dia é de 0,74 kg, mas abrange uma margem de 0,11 a 4,54 kg. Países alta renda geram cerca de 34% (683 milhões de toneladas) de resíduos do total mundial, apesar de serem somente 16% da população mundial (BANCO MUNDIAL, 2018). A Figura 6 mostra o percentual de resíduos gerados

por região. A Figura 9 mostra as formas de tratamento e disposição dos resíduos globalmente.

A composição dos resíduos, como apresentado na Figura 8, varia entre os níveis de renda, o que demonstra padrões diversificados de consumo. (BANCO MUNDIAL, 2018).

Figura 6. Geração de Resíduos por Região



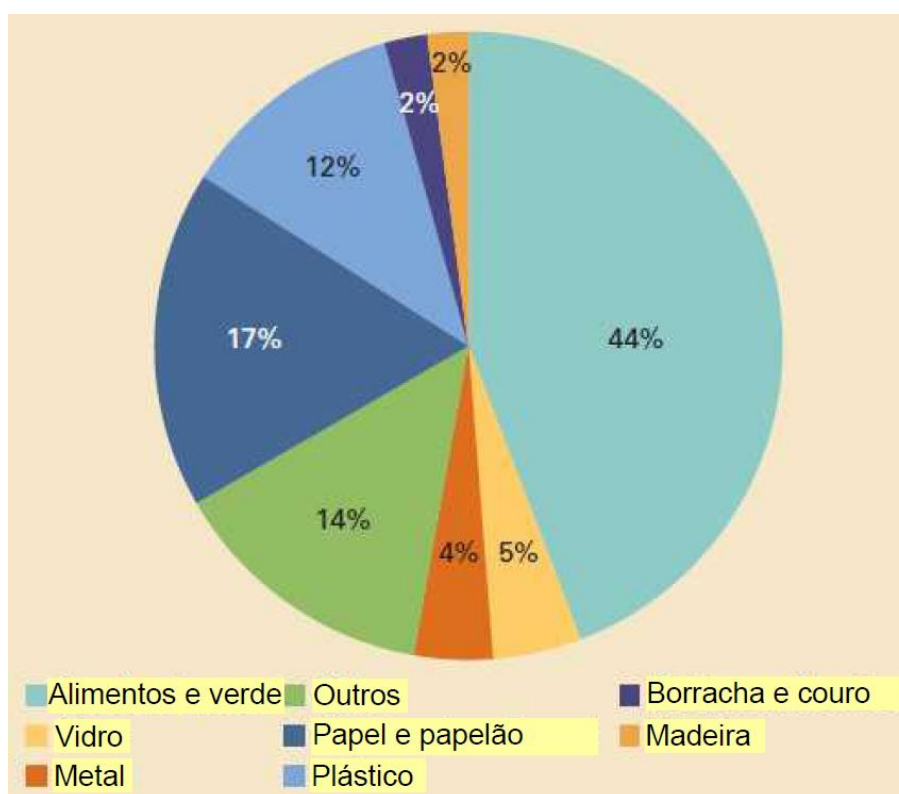
Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2018).

Figura 7. Projeção da Geração de Resíduos Global



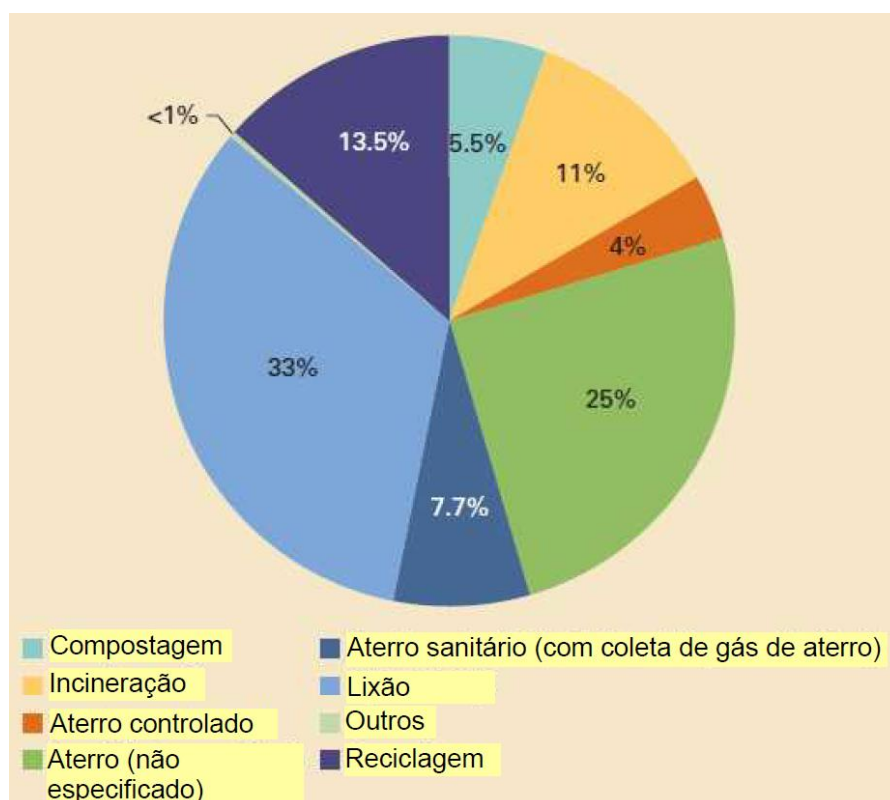
Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2018).

Figura 8. Composição Global dos Resíduos



Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2018).

Figura 9. Tratamento e disposição dos resíduos globais



Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2018).

2.5 USINAS DE RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

De acordo com o Art. 2º, Portaria Interministerial nº 274:

Usina de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos – URE: qualquer unidade dedicada ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação de energia térmica gerada pela combustão, com vistas à redução de volume e periculosidade, preferencialmente associados à geração de energia térmica ou elétrica. (BRASIL, 2019, p.57)

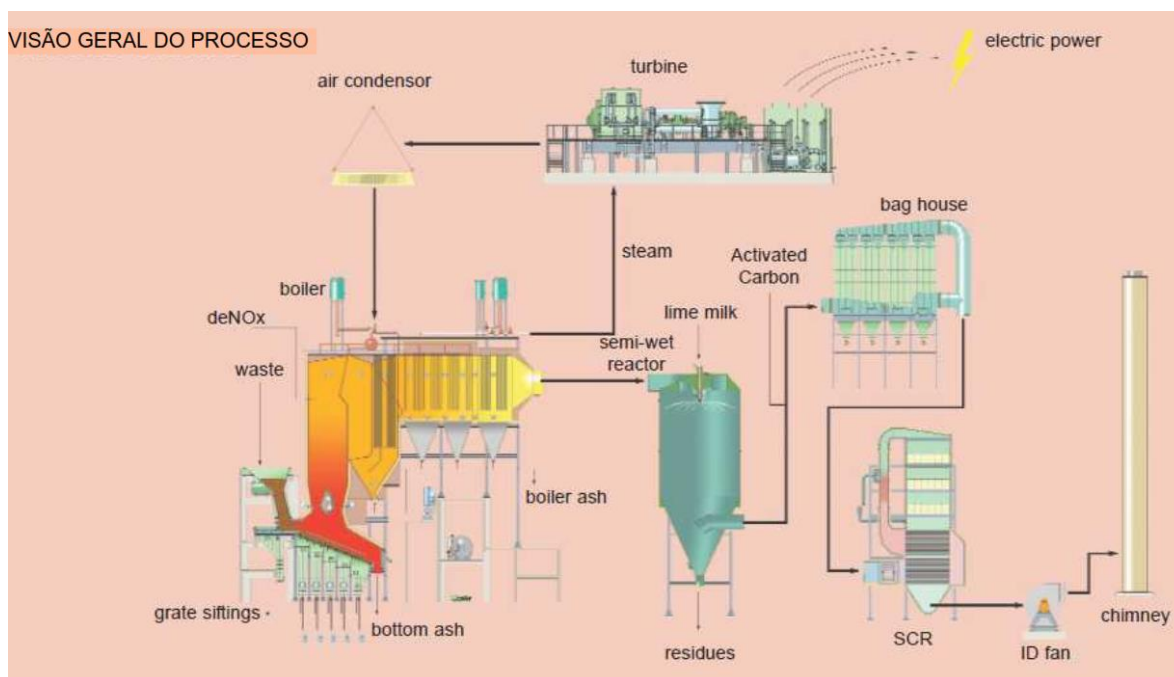
Segundo o Art. 4º da Portaria Interministerial nº 274, é necessária a comprovação da viabilidade técnica, ambiental e econômico-financeira da recuperação energética dos resíduos sólidos, bem como um programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos.

Segundo a empresa de Cingapura Keppel Seghers, o processo de tratamento térmico dos resíduos em uma URE segue as etapas abaixo:

1. O resíduo é depositado em um silo. Um guindaste pega o lixo e o deposita no funil de alimentação. O resíduo desce em uma rampa de alimentação até a grelha.
2. O movimento das grelhas revolve a massa de resíduos, permitindo que o resíduo queime completamente.
3. As cinzas passam do descarregador de cinzas para um sistema de manuseio das cinzas, que extrai metal para reciclagem. O restante das cinzas de fundo é recuperado e pode ser utilizado na construção civil.
4. Os gases de exaustão produtos da combustão passam por uma caldeira onde a água quente se transforma em vapor.
5. Um turbo gerador utiliza o vapor para produzir energia elétrica. O calor e o vapor também podem ser utilizados em processos industriais ou no aquecimento residencial próximo à usina.
6. Os gases da caldeira passam por um extenso processo de limpeza que inclui um filtro onde as partículas são filtradas. Os gases limpos são então liberados para a atmosfera pela chaminé.

A Figura 10 mostra como é o processo de tratamento térmico dos resíduos.

Figura 10. Visão Geral do Processo



Fonte: Adaptado de Keppel Seghers (2019).

2.6 INDICADORES

2.6.1 Fluxo de caixa do acionista

As despesas financeiras (*Capital Expenditure* – custo de capital) não são subtraídas da receita no período que elas são adquiridas. As despesas financeiras são distribuídas por diversos períodos e deduzidas como despesa em cada período. Elas são chamadas de depreciação se o ativo for tangível (máquinas industriais, por exemplo) e amortização se o ativo for intangível (patente, software, por exemplo) (DAMODARAN, 2014).

O valor de um projeto para uma empresa pode ser calculado descontando o fluxo de caixa esperado a uma taxa que reflita o risco desse fluxo de caixa. Esta análise pode ser feita tanto do ponto de vista somente dos investidores em fundos próprios, quanto da empresa como um todo (DAMODARAN, 2014). Neste trabalho, a análise será feita do ponto de vista do acionista.

Segundo Damodaran (2014), o Fluxo de caixa do acionista (FCA) é o fluxo de caixa residual após o pagamento das despesas operacionais, juros, tributos e quaisquer outras despesas de capital necessárias, descontado pelo custo de capital próprio.

2.6.2 Riscos associados

O cálculo da variância ou desvio-padrão dos retornos é uma forma comum de medir o risco de um ativo ou carteira. Essas medidas representam a variabilidade dos retornos, ou seja, quanto maior a dispersão, maior é o risco (BORDEAUX-RÊGO et al, 2010).

Risco de mercado (sistemático ou não diversificável) é o risco que não pode ser reduzido por meio da diversificação. Ele é associado a fatores que afetam todos os ativos no mercado. Estes fatores podem ser o crescimento ou recessão econômica, inflação, variação do câmbio, dentre outros (BORDEAUX-RÊGO et al, 2010). O índice considerado como risco de mercado neste trabalho é explicitado no item 4.3.3 dos resultados e discussão.

Quanto maior o risco associado a um ativo, maior será o seu retorno. Com base nesse conceito, define-se o prêmio de risco relacionado a um ativo como a diferença entre esse ativo e o de um ativo livre de risco (títulos da dívida pública federal, por exemplo) (BORDEAUX-RÊGO et al, 2010).

O modelo CAPM aplicado ao Brasil utiliza o prêmio de risco para o mercado americano em dólares e o β para ativos americanos, adicionando-se o prêmio de risco país (risco Brasil) (BORDEAUX-RÊGO et al, 2010). O risco Brasil deve considerar as barreiras de ajuste dos mercados financeiros, como os custos de transação e informação, controle de capitais, riscos de moratória e controles cambiais (FRANKEL, 1991)

2.6.3 Sistema de Amortização Constante (SAC)

No sistema de amortização constante (conhecido no Brasil como Tabela SAC), como o próprio nome é autoexplicativo, as amortizações do saldo devedor são constantes em todas as parcelas. Portanto, o valor da amortização de cada período é o valor financiado, dividido pelo número total de parcelas definido pela Equação 1 (SANTOS, 2013).

$$A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_n = A = \frac{S_0}{n} \quad (1)$$

Onde:

- A_t , $t = 1, 2, \dots, n$ é o valor da amortização em cada período;
- S_0 é o saldo devedor inicial (valor financiado);

- n é o número de períodos;

A soma das amortizações é o valor financiado S_0 . O valor financiado decresce com o passar do tempo, pois em cada amortização é pago o mesmo valor $\frac{S_0}{n}$. Assim, como o saldo devedor do período seguinte é menor, os juros (não a taxa de juros) caem continuamente até o final do prazo, ao mesmo tempo em que as prestações também caem. A prestação do financiamento é a soma da amortização com os juros (SANTOS, 2013).

2.6.4 Método Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL de um projeto é a soma dos valores presentes de cada fluxo de caixa, tanto positivos como negativos, durante a vida do projeto. Uma vez definido o VPL, a tomada de decisão é simples, pois a taxa interna de retorno já está no valor presente (DAMODARAN, 2014):

- Se $VPL > 0$, então aceitar o projeto
- Se $VPL < 0$, então rejeitar o projeto

O método VPL tem como fatores de avaliação as compensações do fluxo de caixa, benefícios futuros e valores futuros em termos do valor presente equivalente. Desta forma, é possível quantificar a liquidez do saldo que determina a essência das compensações econômicas e financeiras (HELFERT, 2000)

O VPL é o Valor Presente dos fluxos de caixa futuros descontados do Valor Presente do custo do investimento. O VPL pode ser calculado pela Equação 2 (ROSS, WESTERFELD, JAFFE, 2015)

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r_{desc})^n} \quad (2)$$

Onde:

- FC_0 é o fluxo de caixa inicial, negativo pois representa o investimento;
- FC_t é o fluxo de caixa no período t ;
- n é o número de períodos;
- r_{desc} é a taxa de desconto;

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi feito um estudo de caso com aplicação de modelagem e simulação. Segundo Chung (2004), modelagem e simulação é o uso de um modelo matemático computadorizado no processo de criação e experimentação de um sistema físico. Chung (2004) também define um sistema como um conjunto de componentes que interagem entre si e que recebem variáveis de entrada e fornecem variáveis de saída com algum objetivo.

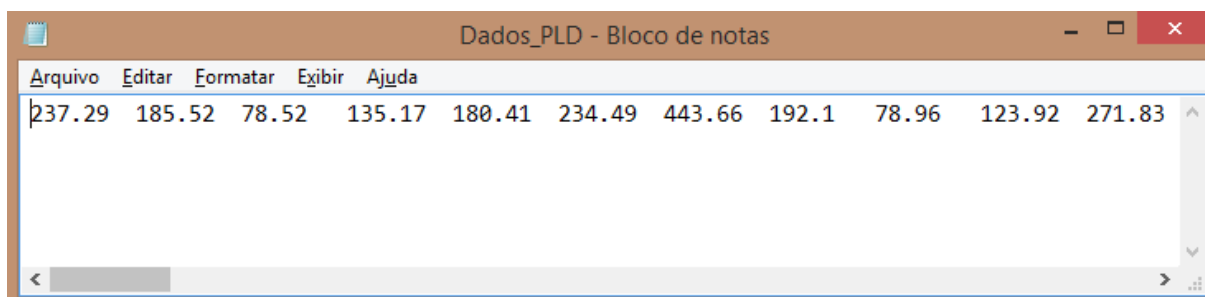
Para a análise da viabilidade do projeto, foi feito o fluxo de caixa do acionista para um período de 25 anos, a partir do fluxo de caixa de projeto do caso base de Ferreira (2017). Para a composição do fluxo de caixa do acionista foram calculadas as despesas financeiras e a amortização com o uso do Sistema de Amortização Constante, comumente conhecido como Tabela SAC. Os juros do credor para o cálculo das despesas financeiras foram calculados com base no Guia do Financiamento do BNDES para operações diretas (BNDES, 2019). O percentual de capital próprio e capital de terceiros (financiamento) é de 50%/50% do investimento inicial.

A taxa de desconto para o cálculo do Valor Presente Líquido foi modelada segundo o Modelo de Precificação de Ativos Financeiros (CAPM), no qual as variáveis estocásticas (que assumem valores diversos dentro de uma determinada distribuição de probabilidades) são o risco de mercado (r_m), a taxa livre de risco (r_f) e o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), o preço da energia elétrica. Já as variáveis determinísticas (que assumem um único valor) são o risco sistemático do setor relativo ao mercado como um todo (β) e o Risco Brasil (r_b).

A distribuição de probabilidades das três variáveis estocásticas foi definida por meio do teste de aderência, com o auxílio do software ARENA *Input Analyzer*. As Figuras 11 a 18 apresentam um passo a passo de como o software foi utilizado.

Os dados das variáveis coletados foram inseridos em um arquivo de extensão *.txt* do Bloco de Notas separados por um espaço em branco. Os dados podem ser escritos em linhas ou colunas, desde que estejam em sua ordem original. Neste caso, os dados foram dispostos em linha. Não devem ser utilizadas vírgulas.

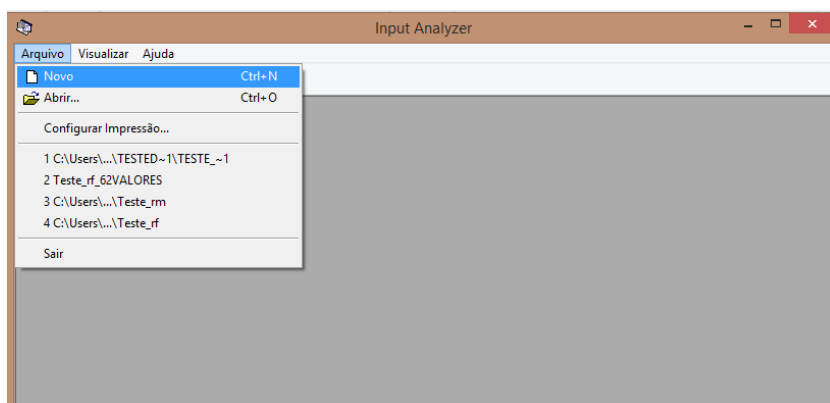
Figura 11 – Arquivo .txt dos dados da variável estocástica



Fonte: Próprio autor.

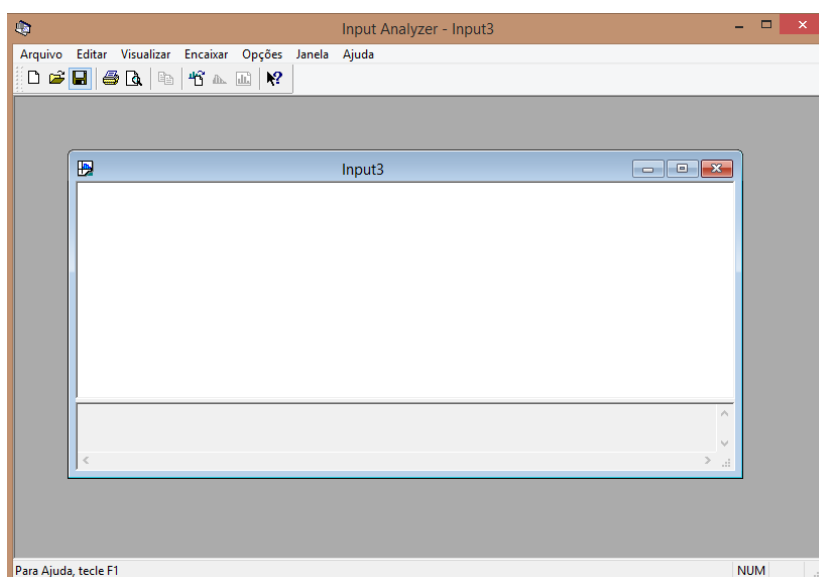
Abra o software e no Menu selecione Arquivo e Novo.

Figura 12 – Abertura de um novo arquivo



Fonte: Próprio autor.

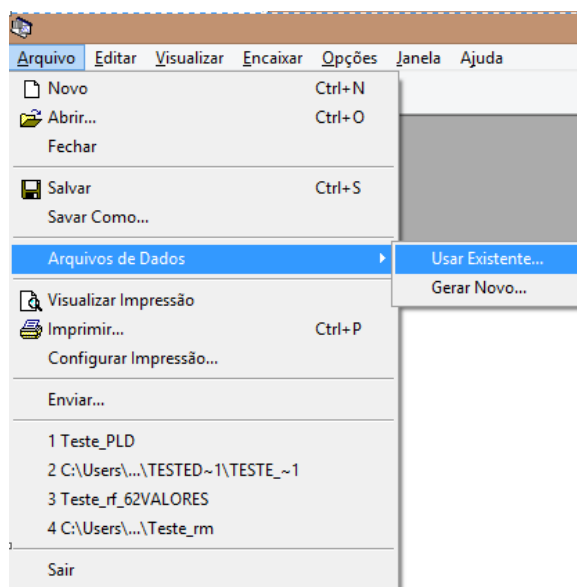
Figura 13 – Novo arquivo aberto



Fonte: Próprio autor.

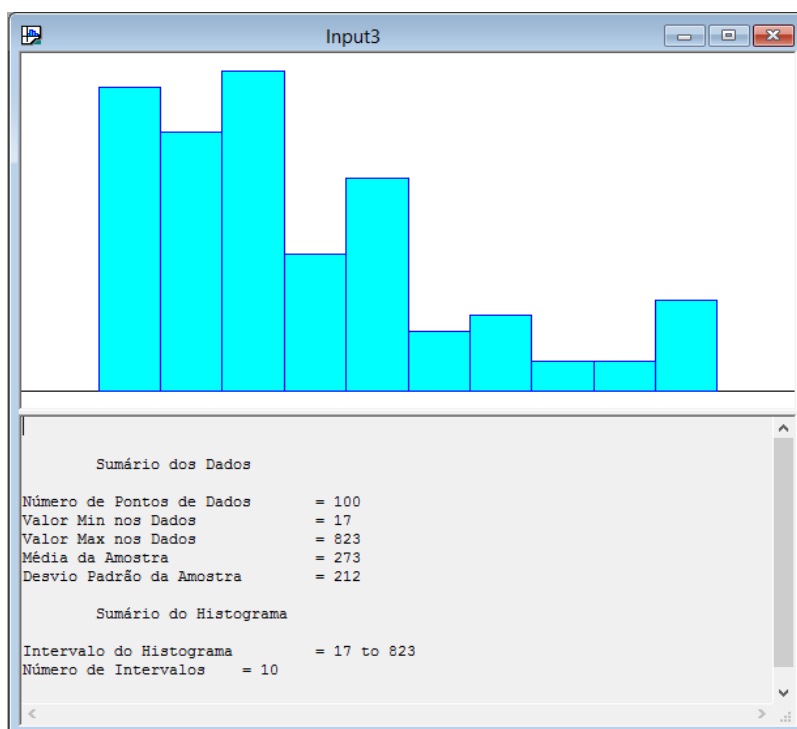
No Menu selecione Arquivo, Arquivos de Dados, Usar Existente e selecione o arquivo do Bloco de Notas com os dados. Após carregar o arquivo, será gerado um histograma com um sumário dos dados.

Figura 14 – Seleção do arquivo de dados



Fonte: Próprio autor.

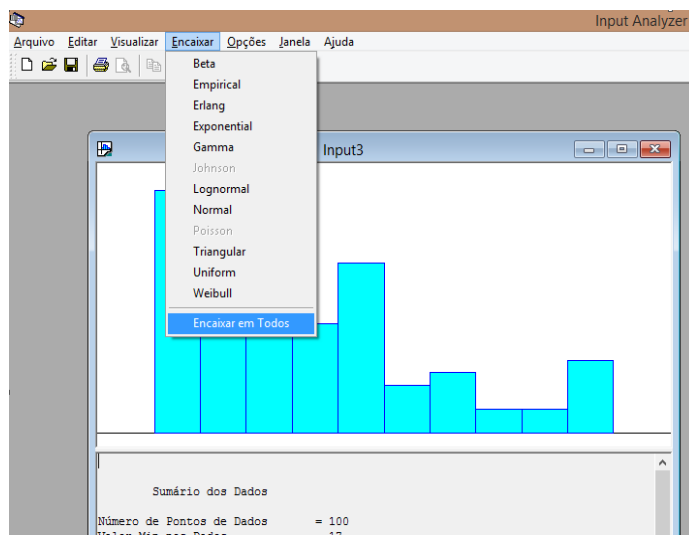
Figura 15 – Histograma dos dados



Fonte: Próprio autor.

Novamente, no Menu selecione Encaixar, Encaixar em Todos e então será plotada a curva da distribuição que melhor se enquadra no histograma dos dados.

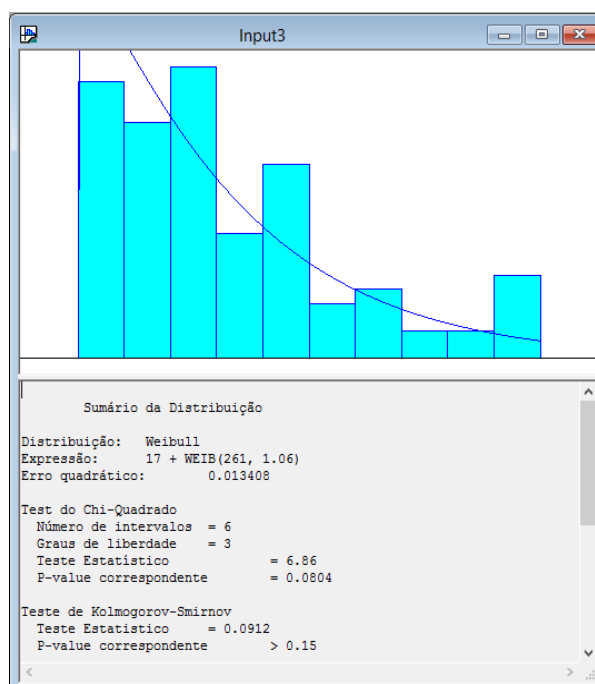
Figura 16 – Ajuste da distribuição ao histograma



Fonte: Próprio autor.

Também são fornecidas informações estatísticas da distribuição e dos testes estatísticos de aderência de Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov (K-S).

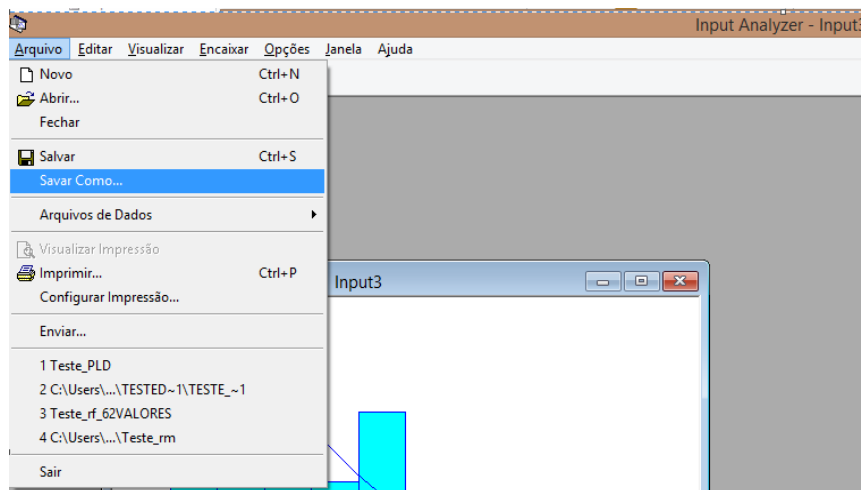
Figura 17 – Informações estatísticas



Fonte: Próprio autor.

Para salvar o arquivo selecione Arquivo, Salvar Como.

Figura 18 – Salvar o arquivo



Fonte: Próprio autor.

Uma vez definidas as distribuições de probabilidades, seguiu-se com a Simulação de Monte Carlo para os valores do VPL. A simulação foi feita com o auxílio do Crystal Ball®, um suplemento (*add-in*) do Excel. As Figuras 19 a 27 apresentam um passo a passo de como utilizar o suplemento para realizar a Simulação de Monte Carlo.

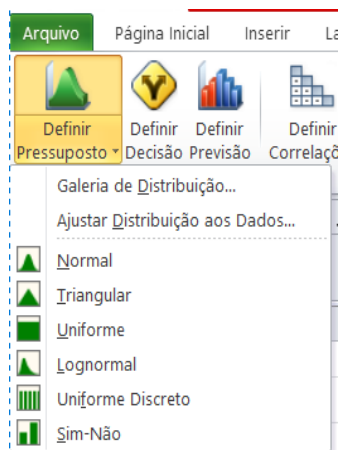
Para efetuar a simulação, primeiro o VPL é equacionado a partir do fluxo de caixa do acionista. Depois, é preciso definir os pressupostos. Pressupostos são as variáveis estocásticas. Selecionar a célula do pressuposto e Definir Pressuposto na aba Crystal Ball®.

Figura 19 – Pressuposto

PLD **RS 273,00** **/MWh**

Fonte: Próprio autor.

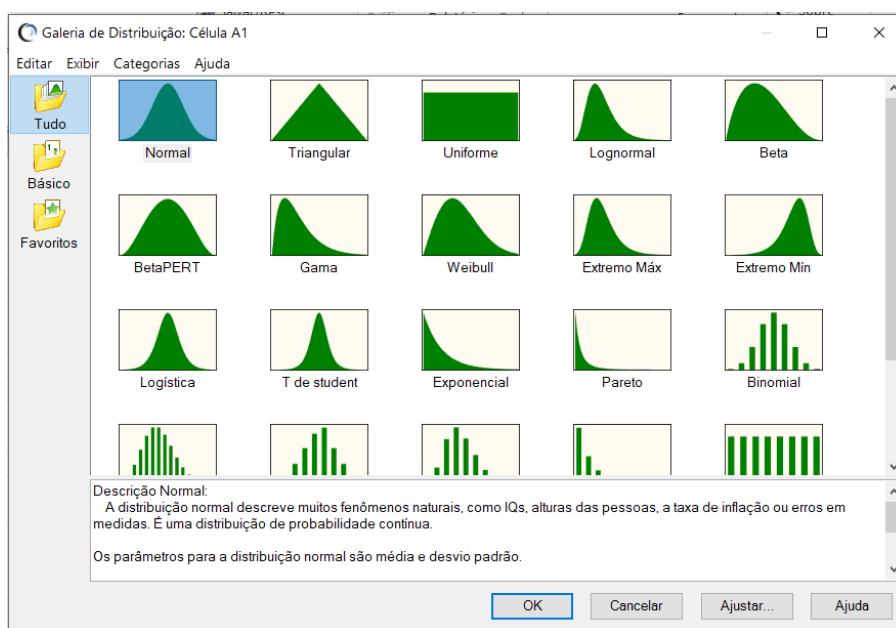
Figura 20 – Definição do pressuposto



Fonte: Próprio autor.

Se a distribuição desejada não estiver disponível, selecione Galeria de Distribuição.

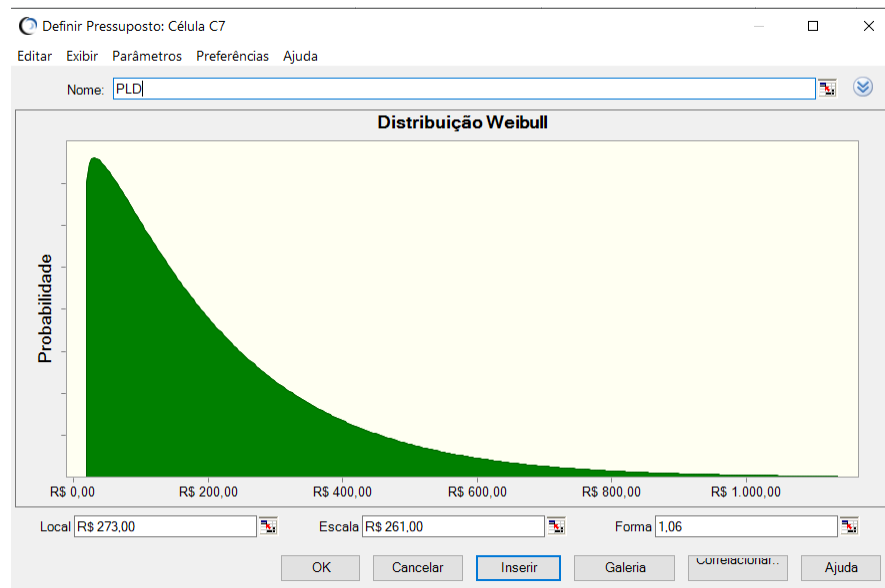
Figura 21 – Galeria de distribuição



Fonte: Próprio autor.

Estabelecer os parâmetros da distribuição escolhida e clicar em Inserir. Após finalizado este passo, a célula fica na coloração verde, como na Figura 19. Significa que o pressuposto foi definido. O mesmo procedimento foi feito para as outras duas variáveis estocásticas.

Figura 22 – Parâmetros da distribuição



Fonte: Próprio autor.

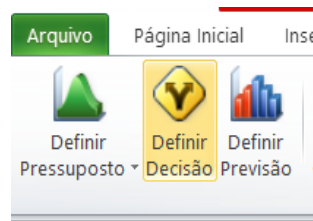
A célula correspondente ao VPL é selecionada e então se clica em Definir Previsão também na aba Crystal Ball®.

Figura 23 – Previsão

VPL= R\$ 167.466.712,37

Fonte: Próprio autor.

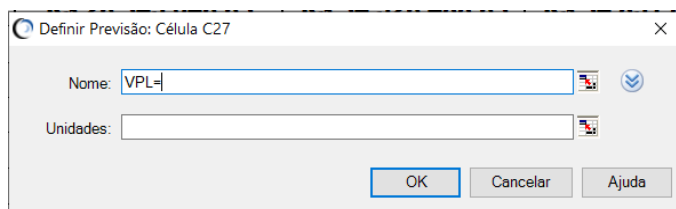
Figura 24 – Definição da previsão



Fonte: Próprio autor.

Escolher o nome do gráfico de previsão a ser gerado. Clicar em OK. Após definida a previsão, a célula fica na coloração turquesa como na Figura 23.

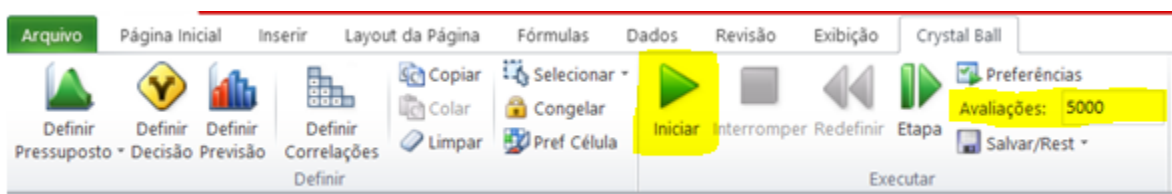
Figura 25 – Nome do gráfico de previsão



Fonte: Próprio autor

Definir o número de cenários possíveis (simulações) e preencher o número de avaliações na aba Ball. Clicar em Iniciar para começar a simulação.

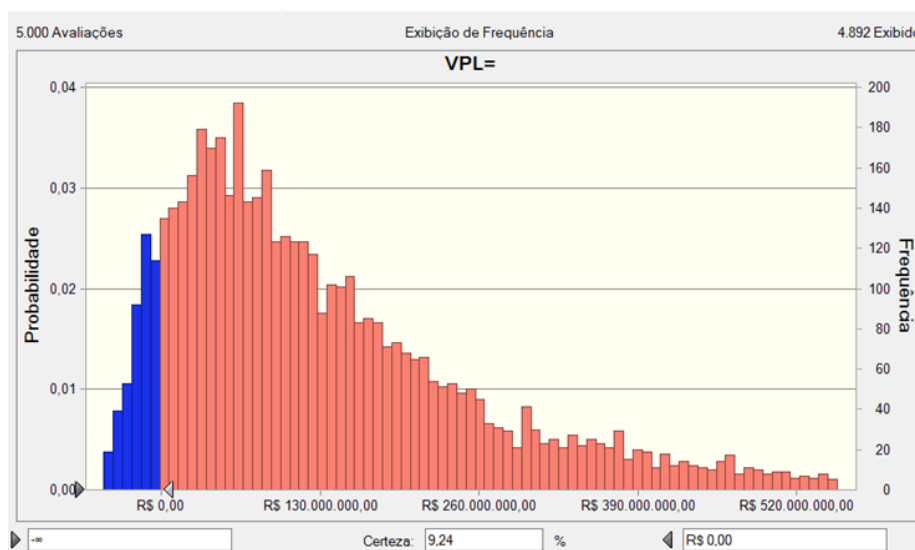
Figura 26 – Execução da simulação



Fonte: Próprio autor.

O gráfico de previsão do VPL é então gerado.

Figura 27 – Previsão do VPL



Fonte: Crystal Ball® (2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA

4.1.1 Despesas Financeiras

O cálculo da taxa de juros do credor foi calculado conforme a Equação 3, como descrito no item 3 da metodologia.

$$taxa\ de\ juros = (fator\ custo * fator\ taxa) - 1 \quad (3)$$

O fator custo é dado pela Equação 4:

$$fator\ custo = 1 + custo\ financeiro \quad (4)$$

O custo financeiro do BNDES é dado pela Taxa de Longo Prazo (TLP) em contratos de financiamento estabelecidos a partir de 01/01/2018, em substituição à antiga Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP). A TLP é dada pela Equação 5, na qual o IPCA é o Índice de Preços ao Consumidor Amplo. (Guia do Financiamento BNDES, 2019).

$$TLP = IPCA + 2,03\% \quad (5)$$

Considerou-se o IPCA de 3,43% referente a agosto de 2019 (Banco Central, 2019).

O fator taxa do BNDES é dado pela Equação 6.

$$fator\ taxa = 1 + taxa\ do\ BNDES \quad (6)$$

A taxa do BNDES considera a remuneração e o risco de crédito do BNDES. Para a remuneração foi utilizada a taxa de 1,3% a.a. (BNDES, 2019) e um risco de crédito de 1,5% a.a. (BNDES, 2005). Isso resulta em um fator taxa do BNDES de 1,028. Assim, a taxa de juros do credor é de 8,41%. A Tabela 1 contém a síntese dos valores utilizados no cálculo da taxa de juros do BNDES.

Tabela 1 – Valores para cálculo da taxa de juros do financiamento

Taxas do BNDES	Valor
IPCA	3,43%
TLP (Custo financeiro)	5,46%
Fator Custo	1,0546
Remuneração do BNDES	1,3%
Risco de Crédito	1,5%
Taxa do BNDES	2,8%
Fator Taxa	1,028
Taxa de Juros do BNDES	8,41%

Fonte: Próprio autor.

4.1.2 Amortização

A amortização constante foi calculada dividindo-se o valor financiado (50% do investimento total) pelos 25 anos considerados na análise.

4.2 MODELAGEM DA TAXA DE DESCONTO

Para o investimento do projeto em questão foi utilizada uma taxa de 50% de capital próprio e 50% de financiamento pelo BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social) conforme descrito no item 3 da metodologia.

A taxa de desconto apropriada para o cálculo do VPL é o custo de capital próprio calculado usando o *Capital Asset Pricing Model* - Modelo de precificação de ativos financeiros (CAPM) (DAMODARAN, 2014). No Brasil, a ANEEL calcula o custo de capital próprio para empresas de geração de energia aplicando o modelo CAPM ao mercado americano, fazendo o ajuste de risco relevante para o mercado brasileiro. A taxa de desconto para os ativos do setor energético é dada por (7) (ANEEL, 2014).

$$r_{desc} = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f) + r_b \quad (7)$$

Onde:

- r_f é a taxa livre de risco
- β é o beta desalavancado global
- r_m é o risco de mercado associado ao mercado de ações americano
- r_b é o risco Brasil

As variáveis aleatórias são o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) utilizado no cálculo do fluxo de caixa, a taxa livre de risco, o risco de mercado, beta desalavancado e o risco Brasil. O PLD, r_f e r_m são estocásticas e β e r_b são determinísticos, conforme descrito no item 3 da metodologia. A variável dependente é o VPL.

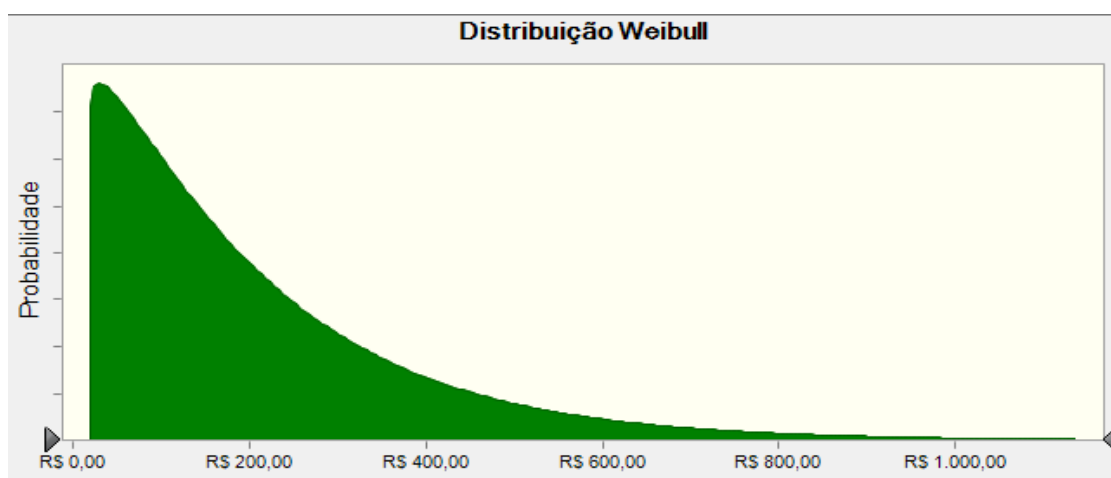
4.3 MODELAGEM DAS VARIÁVEIS ESTOCÁSTICAS

Um processo estocástico descreve a evolução probabilística do valor de uma variável no tempo, e pode ser um conjunto de variáveis aleatórias ou séries temporais. (DOMINGUES, 2003). Para definir a distribuição de probabilidades das variáveis estocásticas foi realizado o teste de aderência com o auxílio do software *ARENA Input Analyzer*, conforme descrito no item 3 da metodologia. Assim, cada uma das três variáveis estocásticas assumiram as seguintes distribuições de probabilidades a seguir.

4.3.1 Preço de liquidação das diferenças

O PLD é o preço da energia elétrica em R\$/MWh no mercado de curto prazo. Foram considerados os valores do PLD mensal médio para a região sudeste, no período de maio de 2011 a agosto de 2019. Estes dados foram retirados do site da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. A variável PLD apresentou aderência à distribuição de probabilidades de Weibull, com parâmetro de forma e escala iguais a 1,06 e 261, respectivamente, como mostra a Figura 28.

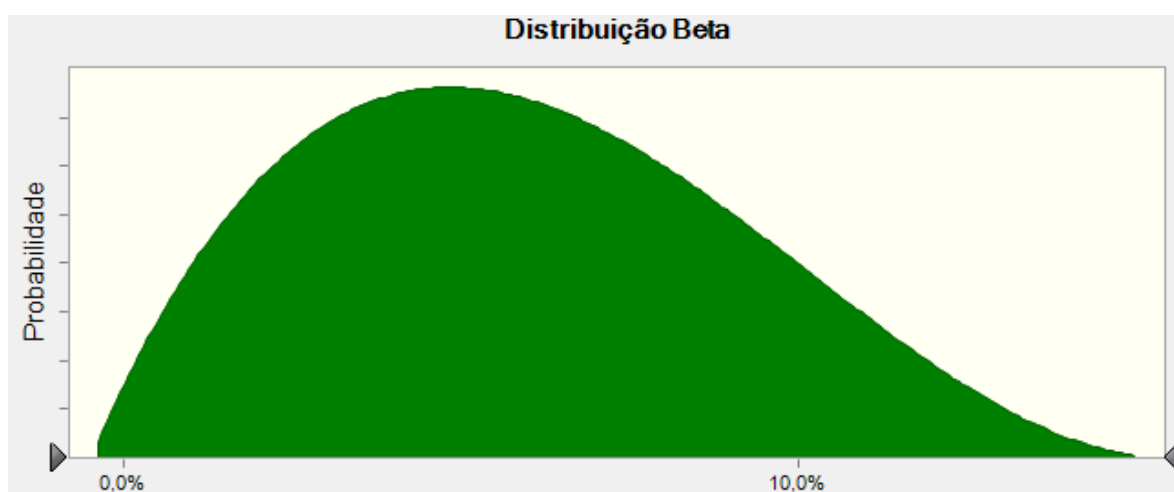
Figura 28 – Modelagem da variável PLD



Fonte: Crystal Ball® (2019).

4.3.2 Taxa livre de risco

Neste estudo foi considerado como taxa livre de risco, o tesouro americano. Os dados foram retirados do site oficial do Tesouro Americano. Foram utilizados os dados anuais de 1962 a 2019. A variável r_f apresentou aderência à distribuição de probabilidades Beta, com parâmetro de forma α de 1,13 e β de 2,28, como mostra a Figura 29. Os valores mínimo e máximo são de 0,47% e 14,8%.

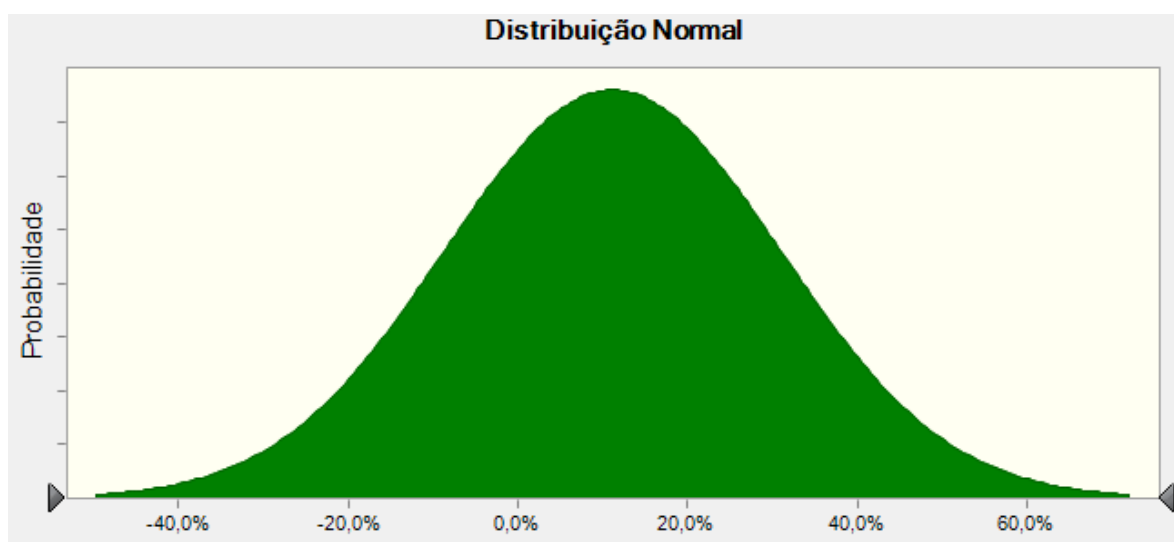
Figura 29 – Modelagem da variável r_f 

Fonte: Crystal Ball® (2019).

4.3.3 Risco de mercado

Como risco de mercado, foi considerado o risco para o mercado de ações americano. Foram utilizados os dados anuais de 1926 a 2019 do indicador S&P500. Os dados foram retirados do site oficial do Standard&Poors. A variável r_m apresentou aderência à distribuição de probabilidades Normal, com valor mínimo de -43,5%, máximo de 54,5%, média 11,2% e desvio-padrão de 19,8%, como mostra a Figura 30. A Tabela 2 contém a síntese das distribuições de probabilidades e parâmetros das variáveis aleatórias.

Figura 30 – Modelagem da variável r_m



Fonte: Crystal Ball® (2019).

Tabela 2 – Distribuição de probabilidades e parâmetros das variáveis aleatórias

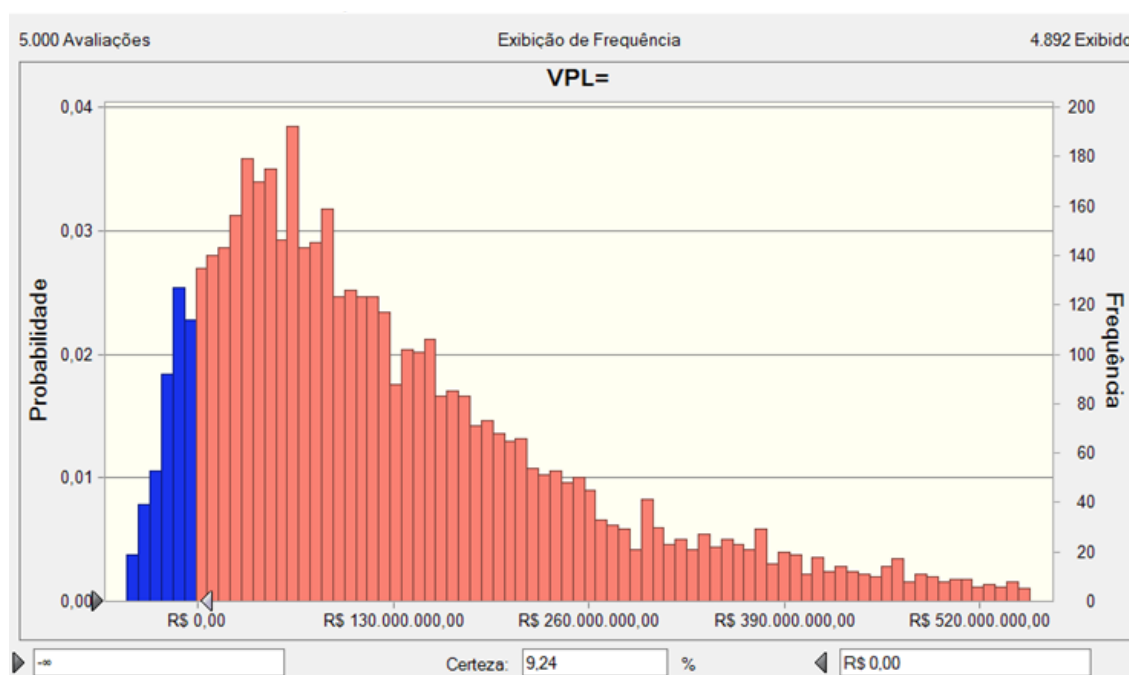
Variável Aleatória	Distribuição	Valor Mínimo	Valor Máximo	μ	σ	A (forma)	B (escala)
PLD	Weibull	17	823	273	212	1,06	261
r_f	Beta	-0,5	15,5	4,75	3,51	1,13	2,28
r_m	Normal	54,5	-43,5	11,1 2	19,80	x	x

Fonte: Próprio autor.

4.4 PREVISÃO DO VPL

Com o uso do software Crystal Ball® foi aplicada a Simulação Monte Carlo para o cálculo do VPL. Foram simulados 5000 cenários possíveis. A previsão de frequência do VPL indica que em apenas 9,24% dos cenários o projeto não é viável ($VPL < 0$) e em 90,76% dos cenários o projeto é viável ($VPL > 0$). Isso demonstra uma elevada viabilidade do projeto.

Figura 31 – Previsão para o VPL



Fonte: Crystal Ball® (2019).

Na análise de projeto do caso base de Ferreira (2017) foi utilizada uma taxa de desconto determinística de 12% e o projeto se mostrou inviável em 52,39% dos cenários. Assim, através da modelagem da taxa de desconto, este estudo evidencia uma melhora na viabilidade do mesmo projeto.

Quando comparado a outros projetos, o presente estudo também apresenta uma maior viabilidade. Como por exemplo, o estudo de Rosseto (2015), no qual foi analisada a viabilidade econômica da implantação de um parque eólico para abastecimento de uma indústria de alimentos e bebidas. A taxa de desconto era determinística de 15%, período de análise de 20 anos, com financiamento dos aerogeradores pelo BNDES a uma taxa de 3,5%

a.a., sistema de amortização constante, porém para um período de 8 anos. Este projeto é inviável em 56% dos cenários.

Para Bruni, Famá e Siqueira (1998), que citam como exemplo a viabilidade da implantação de uma nova fábrica da Golden Beverage para a produção de refrigerantes, novamente a taxa de desconto é determinística no valor de 14%. Neste caso, o projeto é inviável em 43% dos cenários.

Por fim, Lee (2019) verifica a viabilidade econômica da tecnologia *power to gas* (P2G) para a geração de gás natural sintético (GNS) na Coreia do Sul. A taxa de desconto determinística considerada foi de 4,5% e o projeto é inviável em 88% dos cenários.

Por meio desta comparação, percebe-se que não é usual a modelagem da taxa de desconto do VPL. Isso demonstra a relevância e importância deste estudo. A Tabela 3 contém a comparação dos projetos nos quais a taxa de desconto foi considerada determinística e estocástica e o resultado final da probabilidade do projeto ser viável ou não. A taxa de desconto de 9,1% deste trabalho é um valor médio.

Tabela 3 – Taxas de desconto e probabilidades da viabilidade econômica dos projetos

Estudo	Padrão taxa de desconto	Valor taxa de desconto	Viável (VPL>0)	Inviável (VPL <0)
Caso base	Determinístico	12%	47,61%	52,39%
Parque eólico	Determinístico	15%	44%	56%
Fábrica de refrigerantes	Determinístico	14%	57%	43%
Gás Natural Sintético	Determinístico	4,5%	12%	88%
Presente estudo	Estocástico	9,1%	90,76%	9,24%

Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÃO

Em 2017 no Brasil, cada habitante produziu mais 1 kg de resíduos sólidos urbanos, totalizando 78,4 milhões de toneladas em um só ano. No mundo, a geração de resíduos per capita oscila entre 0,11 kg e 4,54 kg por dia. Estes dados alarmantes atestam a importância da recuperação energética destes resíduos.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que o projeto é viável economicamente no Brasil em 90,76% dos cenários. Em comparação ao caso base de Ferreira (2017), houve um aumento de 43% na viabilidade da implantação de uma URE de resíduos sólidos. Isso demonstra a relevância da modelagem da taxa de desconto para o cálculo do VPL, visto que esta taxa foi considerada como determinística no caso base.

Através do uso conjunto dos softwares ARENA *Input Analyzer* e Crystal Ball®, foi possível a definição das distribuições das variáveis estocásticas de forma assertiva, como também a execução da Simulação de Monte Carlo de maneira rápida e eficiente, ao viabilizar a simulação de diversos cenários possíveis para o VPL, elevando a confiabilidade dos resultados deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, São Paulo, 2017. Disponível em: http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em 15 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Custo de capital da geração**: submódulo 12.6. Brasília, 2014.

BANCO MUNDIAL. **Municipal solid waste incineration**. World Bank, Washington, DC, 1999.

BANCO MUNDIAL. **What a waste 2.0**: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank, Washington, DC, 2018.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. A política de crédito do BNDES: conciliando a função de banco de desenvolvimento e os cuidados com o risco. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 12, n.23, p 29-52, 2005.

Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13464/2/RB%2023%20A%20Pol%C3%ADtica%20de%20Cr%C3%A9dito%20do%20BNDES_Conciliando%20a%20Fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20Banco%20de%20Desenvolvimento%20e%20os%20Cuidados%20com%20o%20Risco_P_BD.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES-. **Guia do financiamento**, 2019. Disponível em:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia>. Acesso em: 10 set. 2019.

BORDEAUX-RÊGO, R. *et al.* **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 3.ed. Rio de Janeiro: FGV editora , 2010.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 23 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**, Brasília, ago. 2012. Disponível em:

https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf. Acesso em: 23 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 274, de 30 de abril de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, 02 maio 2019. Seção 1, p. 57. Disponível em:

<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=02/05/2019&jornal=515&pagina=57>. Acesso em: 23 out. 2019.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J.O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de pesquisa em Administração**, São Paulo, v.1, n.6, 1998.

CHUNG, C. A. **Simulation modeling handbook: a practical approach**. Florida: CRC Press, 2004.

CRYSTAL BALL. **Editor de planilhas**. Disponível em: https://software.com.br/p/crystal-ball?gclid=Cj0KCQiA-4nuBRCnARIsAHwyuPpJddWIkV6v5FuHd77wvvDK5Xu_A4hGQ3Nw2ueT_gJQeTchidHQAOEaAhWWEALw_wcB?gclid=Cj0KCQiA-4nuBRCnARIsAHwyuPpJddWIkV6v5FuHd77wvvDK5Xu_A4hGQ3Nw2ueT_gJQeTchidHQAOEaAhWWEALw_wcB. Acesso em: 15 set. 2019.

DAMODARAN, A. **Applied corporate finance**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2014.

DOMINGUES, E. G. **Análise de risco para otimizar carteiras de ativos físicos em geração de energia elétrica**. 2003. 204f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) –Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

FERREIRA, R. P. **Análise do investimento em geração utilizando resíduos sólidos por meio da simulação Monte Carlo**. 2017. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Gestão da Produção) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

FRANKEL, J. A. Quantifying international capital mobility in the 1980's. *In*: BERNHEIM, D.; SHOVERS, J. (ed.). **National saving and economic performance**. Chicago: The University of Chicago Press, 1991.

HELFERT, Erich A. **Técnicas de análise financeira**. 9. ed. São Paulo: Bookman, 2000.

KEPPEL SEGHERS. **Process overview**. Disponível em: <http://www.keppelseghers.com/en/content.aspx?sid=3033>. Acesso em: 21 jun. 2019

LEE, B. *et al.* Stochastic techno-economic analysis of power-to-gas technology for synthetic natural gas production based on renewable H2 cost and CO2 tax credit. **Journal of Energy Storage**, Daejeon, v. 24, p. 100791, ago. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X19301033?via%3Dihub>. Acesso em: 16 out. 2019.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. **Administração financeira corporate finance**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

ROSSETO, C.; SOUZA, J. Avaliação econômica da implantação de turbinas eólicas por meio da análise de risco. **Cadernos do IME: série Estatística**, Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, v. 38, p.21-36, 2015.

SANTOS, E. S. **Um estudo dos sistemas de amortizações SAC e francês no ensino médio apoiado na construção de planilhas eletrônicas.** 2013. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. **Gestão de resíduos sólidos:** uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas. São Paulo: Instituto Envolverde : Ruschel & Associados, 2012.

VAN ELK, A. G. H. P.; SEGALA, K. **Redução de emissões na disposição final:** mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2007. 40p. (Apostila, v. 3)

APÊNDICE A – TABELA SAC

Tabela SAC				
Ano	Saldo Devedor	Juros	Amortização	Prestação
0	R\$ 96.692.400,00			
1	R\$ 92.824.704,00	R\$ 8.134.615,58	R\$ 3.867.696,00	R\$ 12.002.311,58
2	R\$ 88.957.008,00	R\$ 7.809.230,96	R\$ 3.867.696,00	R\$ 11.676.926,96
3	R\$ 85.089.312,00	R\$ 7.483.846,33	R\$ 3.867.696,00	R\$ 11.351.542,33
4	R\$ 81.221.616,00	R\$ 7.158.461,71	R\$ 3.867.696,00	R\$ 11.026.157,71
5	R\$ 77.353.920,00	R\$ 6.833.077,09	R\$ 3.867.696,00	R\$ 10.700.773,09
6	R\$ 73.486.224,00	R\$ 6.507.692,46	R\$ 3.867.696,00	R\$ 10.375.388,46
7	R\$ 69.618.528,00	R\$ 6.182.307,84	R\$ 3.867.696,00	R\$ 10.050.003,84
8	R\$ 65.750.832,00	R\$ 5.856.923,22	R\$ 3.867.696,00	R\$ 9.724.619,22
9	R\$ 61.883.136,00	R\$ 5.531.538,60	R\$ 3.867.696,00	R\$ 9.399.234,60
10	R\$ 58.015.440,00	R\$ 5.206.153,97	R\$ 3.867.696,00	R\$ 9.073.849,97
11	R\$ 54.147.744,00	R\$ 4.880.769,35	R\$ 3.867.696,00	R\$ 8.748.465,35
12	R\$ 50.280.048,00	R\$ 4.555.384,73	R\$ 3.867.696,00	R\$ 8.423.080,73
13	R\$ 46.412.352,00	R\$ 4.230.000,10	R\$ 3.867.696,00	R\$ 8.097.696,10
14	R\$ 42.544.656,00	R\$ 3.904.615,48	R\$ 3.867.696,00	R\$ 7.772.311,48
15	R\$ 38.676.960,00	R\$ 3.579.230,86	R\$ 3.867.696,00	R\$ 7.446.926,86
16	R\$ 34.809.264,00	R\$ 3.253.846,23	R\$ 3.867.696,00	R\$ 7.121.542,23
17	R\$ 30.941.568,00	R\$ 2.928.461,61	R\$ 3.867.696,00	R\$ 6.796.157,61
18	R\$ 27.073.872,00	R\$ 2.603.076,99	R\$ 3.867.696,00	R\$ 6.470.772,99
19	R\$ 23.206.176,00	R\$ 2.277.692,36	R\$ 3.867.696,00	R\$ 6.145.388,36
20	R\$ 19.338.480,00	R\$ 1.952.307,74	R\$ 3.867.696,00	R\$ 5.820.003,74
21	R\$ 15.470.784,00	R\$ 1.626.923,12	R\$ 3.867.696,00	R\$ 5.494.619,12
22	R\$ 11.603.088,00	R\$ 1.301.538,49	R\$ 3.867.696,00	R\$ 5.169.234,49
23	R\$ 7.735.392,00	R\$ 976.153,87	R\$ 3.867.696,00	R\$ 4.843.849,87
24	R\$ 3.867.696,00	R\$ 650.769,25	R\$ 3.867.696,00	R\$ 4.518.465,25
25	R\$ 0,00	R\$ 325.384,62	R\$ 3.867.696,00	R\$ 4.193.080,62

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA

(continua)

	ANO								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Receita Bruta de Vendas		R\$ 67.771.475,20	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98
(-) Impostos Proporcionais		R\$ 8.911.948,99	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32
Receita líquida de Vendas		R\$ 58.859.526,21	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67
(-) Custos Fixos		R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00
(-) Custos Variáveis		R\$ 11.713.024,00	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08
Lucro Bruto		R\$ 43.133.702,21	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59
(-) Despesas Fixas		R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) Despesas Variáveis		R\$ 934.400,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00
(-) Depreciação		R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Despesas Financeiras		R\$ 8.134.615,58	R\$ 7.809.230,96	R\$ 7.483.846,33	R\$ 7.158.461,71	R\$ 6.833.077,09	R\$ 6.507.692,46	R\$ 6.182.307,84	R\$ 5.856.923,22
Lucro antes dos impostos		R\$ 26.345.046,63	R\$ 34.526.488,63	R\$ 34.851.873,25	R\$ 35.177.257,88	R\$ 35.502.642,50	R\$ 35.828.027,12	R\$ 36.153.411,75	R\$ 36.478.796,37
(-) IRPJ/CSLL ou Simples		R\$ 9.220.766,32	R\$ 12.084.271,02	R\$ 12.198.155,64	R\$ 12.312.040,26	R\$ 12.425.924,87	R\$ 12.539.809,49	R\$ 12.653.694,11	R\$ 12.767.578,73
Lucro Líquido		R\$ 17.124.280,31	R\$ 22.442.217,61	R\$ 22.653.717,61	R\$ 22.865.217,62	R\$ 23.076.717,62	R\$ 23.288.217,63	R\$ 23.499.717,63	R\$ 23.711.217,64
(+) Depreciação		R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Necessidade de Capital de giro	R\$ 1.765.785,79	R\$ 2.065.969,37	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) Investimento em capital de giro	-R\$ 1.765.785,79	-R\$ 300.183,58	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(+) Resultado não operacional									
(+) Valor residual									
(+) Financiamento Liberado	R\$ 96.692.400,00								
(-) Investimento	-R\$ 193.384.800,00								
(-) Amortização		R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00
Fluxo de Caixa	-R\$ 98.458.185,79	R\$ 20.676.040,73	R\$ 26.294.161,61	R\$ 26.505.661,61	R\$ 26.717.161,62	R\$ 26.928.661,62	R\$ 27.140.161,63	R\$ 27.351.661,63	R\$ 27.563.161,64

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DO ACIONISTA

(continuação)

	ANO								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Receita Bruta de Vendas	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98
(-) Impostos Proporcionais	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32
Receita líquida de Vendas	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67
(-) Custos Fixos	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00
(-) Custos Variáveis	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08
Lucro Bruto	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59
(-) Despesas Fixas	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) Despesas Variáveis	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00
(-) Depreciação	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Despesas Financeiras	R\$ 5.531.538,60	R\$ 5.206.153,97	R\$ 4.880.769,35	R\$ 4.555.384,73	R\$ 4.230.000,10	R\$ 3.904.615,48	R\$ 3.579.230,86	R\$ 3.253.846,23	R\$ 2.928.461,61
Lucro antes dos impostos	R\$ 36.804.180,99	R\$ 37.129.565,62	R\$ 37.454.950,24	R\$ 37.780.334,86	R\$ 38.105.719,48	R\$ 38.431.104,11	R\$ 38.756.488,73	R\$ 39.081.873,35	R\$ 39.407.257,98
(-) IRPJ/CSLL ou Simples	R\$ 12.881.463,35	R\$ 12.995.347,97	R\$ 13.109.232,58	R\$ 13.223.117,20	R\$ 13.337.001,82	R\$ 13.450.886,44	R\$ 13.564.771,06	R\$ 13.678.655,67	R\$ 13.792.540,29
Lucro Líquido	R\$ 23.922.717,64	R\$ 24.134.217,65	R\$ 24.345.717,65	R\$ 24.557.217,66	R\$ 24.768.717,67	R\$ 24.980.217,67	R\$ 25.191.717,68	R\$ 25.403.217,68	R\$ 25.614.717,69
(+) Depreciação	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Necessidade de Capital de giro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) Investimento em capital de giro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(+) Resultado não operacional									
(+) Valor residual									
(+) Financiamento Liberado									
(-) Investimento									
(-) Amortização	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00
Fluxo de Caixa	R\$ 27.774.661,64	R\$ 27.986.161,65	R\$ 28.197.661,65	R\$ 28.409.161,66	R\$ 28.620.661,67	R\$ 28.832.161,67	R\$ 29.043.661,68	R\$ 29.255.161,68	R\$ 29.466.661,69

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DO AÇIONISTA

(conclusão)

	ANO							
	18	19	20	21	22	23	24	25
Receita Bruta de Vendas	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98	R\$ 79.292.625,98
(-) Impostos Proporcionais	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32	R\$ 10.426.980,32
Receita líquida de Vendas	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67	R\$ 68.865.645,67
(-) Custos Fixos	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00	R\$ 4.012.800,00
(-) Custos Variáveis	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08	R\$ 13.704.238,08
Lucro Bruto	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59	R\$ 51.148.607,59
(-) Despesas Fixas	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
(-) Despesas Variáveis	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00	R\$ 1.093.248,00
(-) Depreciação	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Despesas Financeiras	R\$ 2.603.076,99	R\$ 2.277.692,36	R\$ 1.952.307,74	R\$ 1.626.923,12	R\$ 1.301.538,49	R\$ 976.153,87	R\$ 650.769,25	R\$ 325.384,62
Lucro antes dos impostos	R\$ 39.732.642,60	R\$ 40.058.027,22	R\$ 40.383.411,85	R\$ 40.708.796,47	R\$ 41.034.181,09	R\$ 41.359.565,72	R\$ 41.684.950,34	R\$ 42.010.334,96
(-) IRPJ/CSLL ou Simples	R\$ 13.906.424,91	R\$ 14.020.309,53	R\$ 14.134.194,15	R\$ 14.248.078,76	R\$ 14.361.963,38	R\$ 14.475.848,00	R\$ 14.589.732,62	R\$ 14.703.617,24
Lucro Líquido	R\$ 25.826.217,69	R\$ 26.037.717,70	R\$ 26.249.217,70	R\$ 26.460.717,71	R\$ 26.672.217,71	R\$ 26.883.717,72	R\$ 27.095.217,72	R\$ 27.306.717,73
(+) Depreciação	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00	R\$ 7.719.640,00
(-) Necessidade de Capital de giro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
(-) Investimento em capital de giro	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
(+) Resultado não operacional								
(+) Valor residual								
(+) Financiamento Liberado								
(-) Investimento								
(-) Amortização	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00	R\$ 3.867.696,00
Fluxo de Caixa	R\$ 29.678.161,69	R\$ 29.889.661,70	R\$ 30.101.161,70	R\$ 30.312.661,71	R\$ 30.524.161,71	R\$ 30.735.661,72	R\$ 30.947.161,72	R\$ 32.924.447,51