

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE MBA EM GESTÃO EMPRESARIAL**

DANIEL COVOLO VALENTI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS CONSIDERANDO
VARIÁVEIS ESTOCÁSTICAS**

São Leopoldo

2015

Daniel Covolo Valenti

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS CONSIDERANDO
VARIÁVEIS ESTOCÁSTICAS

Trabalho de Conclusão de Curso de
Especialização apresentado como
requisito parcial para aprovação no MBA
em Gestão Empresarial da Universidade
do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. MS. Ivan Brasil Galvão dos Santos

São Leopoldo

2015

AGRADECIMENTOS

A Deus.

RESUMO

O trabalho propõe-se a comparar a análise de viabilidade econômica de investimentos realizada através dos métodos tradicionais, utilizando-se indicadores como VPL e TIR, com o método probabilístico, através da ferramenta de Simulação de Monte Carlo. O estudo de caso utilizado para tal comparação trata da análise de viabilidade para um projeto de substituição de fonte de energia em uma indústria de ferramentas motorizadas. O objetivo é saber, frente ao alto investimento inicial requerido, se o projeto realmente trará um ganho de capital para a empresa. Inicialmente são realizados os cálculos dos principais indicadores de saída utilizados na metodologia tradicional de análise de viabilidade econômica sem considerar, porém, os riscos e incertezas relacionados ao mercado e ao projeto em questão. Em uma segunda etapa, assume-se que os valores de entrada não são determinísticos e tem sua natureza variável, descrita por uma distribuição de probabilidades, e calculam-se novamente os mesmos indicadores de saída para o projeto. Através da técnica da Simulação de Monte Carlo e com o auxílio do software Crystal Ball®, realizam-se 100.000 simulações para o estudo de caso. Os resultados permitem verificar que os principais indicadores, como o VPL, ROIA, TIR e *pay-back* diferem consideravelmente na análise de viabilidade econômica utilizando o método com valores determinísticos do que o método com valores estocásticos.

Palavras-chave: Análise de investimento. Simulação de Monte Carlo. Risco em investimentos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	7
1.2 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	8
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 Objetivo Geral	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 JUSTIFICATIVA	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	10
2.1.1 Gerenciamento dos Custos do Projeto	10
2.2 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS.....	12
2.2.1 Fluxo de Caixa (FC)	12
2.2.2 Taxa mínima de atratividade (TMA)	14
2.2.3 Método do Valor Presente Líquido (VPL)	15
2.2.3.1 Valor Presente Líquido anualizado (VPLa).....	15
2.2.4 Índice Benefício/Custo (IBC)	16
2.2.5 Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)	16
2.2.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)	17
2.2.7 Período de recuperação do investimento (pay-back)	18
2.3 MÉTODOS COMPLEMENTARES DE ANÁLISE DE PROJETOS	19
2.3.1 Risco e Probabilidade	20
2.3.1.1 Distribuição Normal	21
2.3.1.2 Distribuição Triangular.....	21
2.3.2 Análise de Sensibilidade	22
2.3.3 Simulação de Monte Carlo (SMC)	22
3 METODOLOGIA	26
3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	26
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	26
3.3 DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	27
3.3.1 Opções de ganhos para o projeto	27
3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA.....	28
3.5 DADOS DO PROCESSO	29

3.5.1 Premissas do novo projeto	30
3.6 ANÁLISE TRADICIONAL DE PROJETOS DE INVESTIMENTO	33
3.6.1 Determinação do VPL e VPLa	34
3.6.2 Determinação do IBC	35
3.6.3 Determinação do ROIA	35
3.6.4 Determinação da TIR.....	36
3.6.5 Determinação do <i>Pay-back</i>.....	36
3.7 MÉTODO COMPLEMENTAR DE ANÁLISE DE VIABILIDADE	36
3.7.1 Variáveis e Distribuições de probabilidade	37
3.7.1.1 Variável Custo de energia elétrica.....	37
3.7.1.2 Variável Disponibilidade dos compressores	38
3.7.1.3 Variável Custo do Gás Natural	39
3.7.1.4 Variável potência recuperável nos compressores	39
3.7.1.5 Variável Tempo de Operação.....	40
3.7.2 Simulação de Monte Carlo.....	40
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1 ANÁLISE TRADICIONAL DE INDICADORES ASSOCIADOS À RENTABILIDADE.....	42
4.2 ANÁLISE TRADICIONAL DE INDICADORES ASSOCIADOS AO RISCO	43
4.3 ANÁLISE CONSIDERANDO O RISCO COM SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXO A – BARRA DE COMANDOS DO CRYSTAL BALL®.....	53

1 INTRODUÇÃO

Por definição, uma empresa é uma organização que envolve recursos materiais, humanos e financeiros e busca o atingimento de certos objetivos, como o fornecimento de um bem ou de um serviço demandado. Ao transformar um insumo em um produto gera-se valor ou lucro, fazendo com que a empresa se mantenha no mercado e seja estimulada a crescer. A mesma é, portanto, uma instituição de capital cujo objetivo é a sua valorização. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

O objetivo de valorizar uma empresa é atingido quando as escolhas tomadas pelos seus gestores levam a um saldo líquido de ganhos. Diante das inúmeras decisões necessárias no mundo empresarial, é imprescindível em cada uma delas assegurar o mais eficiente processo de captação e alocação de recursos de capital.

Neste trabalho em específico, uma melhor utilização de recursos significa investir o capital da empresa em projetos que sejam os mais rentáveis possíveis.

Segundo o PMBOK (2013) um projeto é um esforço temporário empreendido em todos os níveis organizacionais visando à criação de um produto, serviço ou resultado exclusivo, cada qual com sua singularidade.

Projetos são indispensáveis para o desenvolvimento de novos produtos e serviços pois criam valor na forma de processos de negócios e facilitam para que a empresa responda às mudanças de mercado e à concorrência em seu ambiente de negócios. (PMBOK, 2013).

Em um mercado com uma crescente competitividade entre as empresas, surgem diversas oportunidades de implantação de novos projetos. As opções são muitas e variadas, como melhorias internas em linhas produtivas, desenvolvimento de novos produtos, ampliação de ativos ou até mesmo a implantação de uma metodologia de gerenciamento de projetos.

Dentro deste amplo contexto, verifica-se a importância do papel do gerente de projetos e da direção da empresa em selecionar projetos que realmente provem ter viabilidade e criação de valor.

A informação atualmente está disponível de uma forma abundante, sobre os mais variados temas e com uma impressionante facilidade de acesso. Aliado a isso, um gestor possui múltiplas ferramentas que podem ser utilizadas para acompanhar e avaliar o mercado, auxiliando na decisão de prosseguir ou não com um determinado projeto de investimento de capital.

Todavia, certa cautela se faz necessária em uma análise de investimentos, uma vez que, mesmo tendo-se informações disponíveis, uma boa ideia para um novo projeto e capital a disposição, os riscos e as incertezas estão sempre incorporados.

Algumas técnicas clássicas de análise de viabilidade de projetos permanecem sendo as mais utilizadas pelas empresas nos dias de hoje, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de retorno (TIR) e o *Pay-back*.

Apesar de normalmente aceitas como ferramentas decisórias, geralmente em sua calculação utilizam-se de indicadores tidos como determinísticos, porém na maioria das vezes alguns destes números acabam não sendo.

Alguns dados utilizados em uma análise de viabilidade estão sujeitos a riscos e incertezas que, quando não devidamente considerados, podem acabar gerando um resultado errôneo. Segundo Harzer, Souza e Duclós (2013) a única certeza então que o investidor pode ter nesse caso é que os valores projetados não serão conforme o estimado.

Desta forma este trabalho propõe comparar, de forma prática, os modelos clássicos de avaliação de viabilidade de investimento com a técnica de simulação de Monte Carlo para mensuração de riscos e incertezas nos projetos de investimento de capital.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

É fato o elevado índice de competitividade na indústria contemporânea, aonde o mercado dita o preço do produto e cabe ao empresário reduzir seus custos de produção para alavancar seus lucros e manter-se no segmento.

As oportunidades de novos investimentos a serem feitos são diversas e muitas vezes extremamente necessárias, como o lançamento de novos produtos, ampliações de linhas produtivas e principalmente substituição de fontes de energia.

A indústria no Brasil vem sofrendo neste primeiro trimestre de 2015 com um aumento histórico do custo médio da energia elétrica, colocando o país na primeira posição do ranking internacional dos 28 países com o custo da eletricidade mais caro do segmento. (FIRJAN, 2015).

Aliado a isso, a alta variação na cotação da moeda americana, recessão na economia do país e escândalos políticos colaboram para cenários de muitas incertezas e riscos nos próximos períodos.

Diante das oscilações na economia do Brasil é dificultado o cálculo e a tomada de decisão no que tange à viabilidade de projetos de investimentos utilizando apenas a abordagem clássica.

Em função do exposto, o presente trabalho propõe como tema a utilização de um método numérico probabilístico como a simulação de Monte Carlo para estudo de viabilidade econômica de projetos.

1.2 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

No presente trabalho analisa-se a viabilidade de um projeto de investimento existente de eficiência energética através do método tradicional, utilizando-se valores determinísticos, e também através da utilização da simulação de Monte Carlo, considerando valores projetados de forma estocástica.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Comparar de forma prática os resultados da análise de viabilidade econômica de projeto obtido a partir do modelo tradicional de investimentos com o obtido pelo modelo estocástico utilizando a Simulação de Monte Carlo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) apresentar os modelos tradicionais para análise de investimento;
- b) apresentar e construir um modelo probabilístico usando a Simulação de Monte Carlo;
- c) comparar os modelos de análise de viabilidade econômica aplicados em um novo projeto de eficiência energética.

1.4 JUSTIFICATIVA

A grande maioria das empresas tem por norma realizar estudos de viabilidade antes de iniciar um projeto. Esta análise do retorno do investimento normalmente fundamenta-se no fluxo de caixa do projeto em questão, aonde as receitas e despesas são distribuídos em uma sequência cronológica.

O cálculo em si do valor presente líquido e da taxa interna de retorno é relativamente simples e fácil. O problema reside na construção do fluxo de caixa do projeto, uma vez que a grande maioria das entradas e saídas são estimativas. Se as receitas não forem mensuradas de forma consistente e os desembolsos com certo grau de precisão, certamente a leitura do resultado será equivocada.

Além disso, considera-se normalmente que os valores que compõe o fluxo de caixa são certos e sem variações, porém sabe-se que na prática essa afirmação não procede. Segundo Trentim (2011), é normal observar-se erros na ordem de 200% nas estimativas de prazos e custo de um projeto em iniciação, o que torna muitas vezes um estudo de viabilidade completamente irreal.

Uma alternativa para superar as limitações da modelagem tradicional é a utilização da simulação de Monte Carlo. Essa técnica matemática consiste em gerar, com auxílio de software, milhares de cenários aleatórios a partir de distribuições de probabilidades, permitindo transformar um cenário incerto em um cenário de risco calculado. (HARZER; SOUZA; DUCLÓS, 2013).

Nesse sentido, este trabalho é oportuno uma vez que o autor do mesmo exerce a função de gestor de projetos de infraestrutura num setor de engenharia de uma indústria multinacional manufatureira e observa a necessidade de contar com uma ferramenta que proporcione uma melhor percepção de risco. É viável pela sua aplicabilidade imediata no ambiente de trabalho e de importância relevante, pois pode ser facilmente utilizado por demais interessados em analisar a viabilidade econômica considerando-se riscos e incertezas envolvidos no processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O gerenciamento de projetos consiste na “aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos”. (PMBOK, 2013, p.47). Sua realização se dá através da utilização apropriada de diversos processos de gerenciamento, agrupados em cinco grupos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

Além dos processos gerenciais, o PMI - *Project Management Institute*®, desenvolvedor do guia PMBOK, define ainda dez áreas de conhecimento distintas para um gerenciamento de projetos: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas.

Cada uma dessas áreas possui integração com os cinco grupos de processo mencionados anteriormente e contempla conceitos, termos e atividades específicos, todos sendo utilizadas na grande maioria dos projetos gerenciados pela metodologia.

Neste trabalho em específico será abordada a área de conhecimento de gerenciamento dos custos do projeto.

2.1.1 Gerenciamento dos Custos do Projeto

O gerenciamento dos custos de um projeto contempla os processos envolvidos em planejamento, orçamentos, estimativas, financiamentos, gerenciamento e controle de custos, de tal forma que o projeto seja finalizado dentro de um orçamento aprovado. (PMBOK, 2013).

O PMI recomenda como boas práticas para projetos quatro processos de gerenciamento de custo:

- a. **Planejar o gerenciamento dos custos** - processo em que se estabelecem as políticas, os procedimentos e a documentação para a gestão, planejamento e controle de despesas e custos do projeto.
- b. **Estimar os custos** – processo no qual se desenvolve uma estimativa de custos dos recursos necessários para o término das atividades do projeto.

- c. **Determinar o orçamento** – processo em que se agregam os custos estimados de atividades ou pacotes de trabalho a fim de se estabelecer a linha de base de custo do projeto. Em alguns projetos, normalmente os que apresentam um escopo reduzido, a estimativa e o orçamento de custos acabam sendo vistos como um processo único por estarem interligados.
- d. **Controlar os custos** – processo no qual se monitora o andamento do projeto através da atualização no seu orçamento e gerenciamento de possíveis alterações efetuadas na linha de base de custos.

O desenvolvimento do plano de gerenciamento de custos envolve ferramentas e técnicas que subsidiam a escolha de opções para o financiamento do projeto, como a forma de captação de recursos. As políticas e procedimentos existentes em cada organização podem influenciar em quais técnicas e ferramentas serão utilizadas nas tomadas das decisões.

Dentre as técnicas disponíveis, pode-se citar o retorno sobre o investimento, a taxa interna de retorno, o fluxo de caixa descontado e o valor presente líquido. (PMBOK, 2013).

Para aplicação do processo anterior, faz-se necessária a estimativa dos recursos monetários necessários para que as atividades do projeto sejam executadas.

Ainda segundo o PMBOK (2013), as estimativas de custo incluem a identificação e consideração de alternativas para iniciar e concluir o projeto, sendo um prognóstico baseado em informações já conhecidas em determinados momentos.

Assim, a precisão desta estimativa sofre variações e tende a aumentar conforme o projeto progride em seu ciclo de vida, podendo ir de $\pm 50\%$ em uma fase inicial até -5% a $+10\%$ em uma fase com mais informações conhecidas.

Uma série de informações importantes de entrada deve ser considerada durante o desenvolvimento da estimativa de custos, podendo-se citar a especificação de escopo e o cronograma do projeto.

O processo seguinte no gerenciamento de custos é a determinação do orçamento, que estabelece a linha de base dos custos para o posterior monitoramento e controle do desempenho do projeto. Assim, a linha de base é o orçamento do projeto referenciado no tempo e aprovado formalmente, somente

podendo sofrer alterações mediante procedimentos formais de controle de mudanças. (PMBOK, 2013).

O último processo do gerenciamento é o controle de custos, aonde monitora-se o andamento do projeto para atualização do seu orçamento e gerenciamento de possíveis mudanças. O principal benefício do processo é possibilitar o reconhecimento de uma variação do planejado, permitindo assim que medidas corretivas e preventivas sejam tomadas. (PMBOK, 2013).

2.2 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Dado o volume dos recursos financeiros, humanos e materiais envolvidos, um processo de análise e tomada de decisão de investimentos deveria ser sempre técnico, nunca intuitivo. Quanto maior a quantidade de informações organizadas e aplicadas a uma metodologia adequada de análise, mais fundamentado e assertivo será o projeto. (WICKBOLDT; FORNECK, 2013).

Além do envolvimento de diversas áreas da empresa para uma maior riqueza de informações pertinentes à análise, os projetos de investimento de capital devem seguir métodos organizados e lógicos de elaboração.

Souza e Clemente (2008) mencionam que os indicadores de uma análise de investimento podem ser segmentados em dois grupos: indicadores associados à rentabilidade do projeto e indicadores associados ao risco do projeto. No primeiro grupo encontram-se o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno, o Índice de Benefício/Custo e o Retorno Adicional sobre o Investimento. No segundo grupo estão a Taxa Interna de Retorno e o Período de Recuperação do Investimento.

Os métodos tradicionais para análise de investimento de capital utilizam-se de dados reais da empresa combinados com projeções e estimativas. A seguir apresentam-se de forma breve os métodos mencionados acima, bem como alguns conceitos necessários para sua aplicação.

2.2.1 Fluxo de Caixa (FC)

A ferramenta básica para uma boa gestão financeira é o Fluxo de Caixa, que deve possibilitar uma visão de curto, médio e longo prazo das entradas de recursos e desembolsos por pagamentos compromissados. Percebe-se que o conceito em si

é relativamente simples: confrontam-se as entradas e saídas de caixa num cronograma contendo uma periodicidade específica. (GOMES, 2013).

Em função dos valores de entrada e saída, pode-se identificar a existência de três tipos de fluxo, que consolidados, formam o Fluxo de Caixa de uma empresa: Operacional, de Investimentos e Financeiro. O FC Operacional decorre das entradas e saídas dos recursos diretamente ligados à atividade da empresa, como recebimento das vendas e pagamento de custos e despesas, e reflete sua rentabilidade e viabilidade financeira. O FC de Investimentos difere do anterior por não refletir a natureza operacional do negócio da empresa, mas sim por refletir o apenas o fluxo dos projetos em andamento. Dada a relevância e impacto que os investimentos possuem dentro de uma empresa estes podem definir o sucesso ou o insucesso da mesma. O FC Financeiro tem como base para a sua elaboração os Fluxos de Caixa Operacional e de Investimentos, sendo constituído por entradas e saídas relacionadas à captação e pagamento de financiamentos além do investimento de recursos ou resgate em aplicações. (GOMES, 2013).

Dentro do contexto de projetos de investimento de capital, pode-se ainda classificar os fluxos de caixa em dois tipos: convencionais e não convencionais. Fluxos de caixa convencionais são aqueles que possuem uma saída, ou seja, o investimento inicial, seguido apenas de múltiplas entradas.

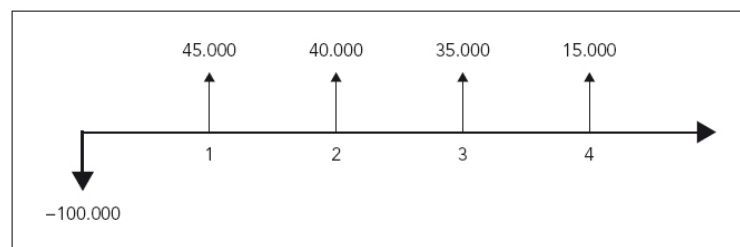


Figura 1 - Fluxo de caixa convencional

Fonte: Wickboldt e Forneck (2013, p. 24)

Já em fluxos de caixa não convencionais tem-se da mesma forma o investimento inicial, porém seguido de uma série de entradas e saídas de caixa.

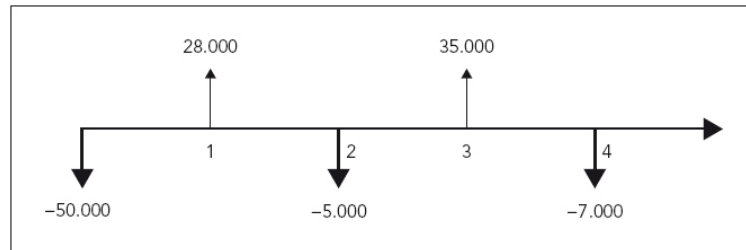


Figura 2 - Fluxo de caixa não convencional

Fonte: Wickboldt e Forneck (2013, p. 24)

Normalmente, um projeto de investimento de capital prevê uma saída de caixa através do investimento inicial, seguido pelas entradas de caixa operacionais que originam-se do resultado líquido das receitas menos despesas do projeto, das entradas de caixa incrementais e um eventual fluxo de caixa residual ao término do projeto.

Ainda segundo Wickboldt e Forneck (2013), consideram-se nos fluxos de caixa os valores financeiros e não contábeis, visto que os valores financeiros afetam diretamente o cumprimento das obrigações e compra de ativos de uma empresa.

2.2.2 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Para verificar-se a atratividade financeira de um projeto deve-se posicionar e somar todos os valores do Fluxo de Caixa em uma única data no tempo. Historicamente o tempo zero tem sido escolhido como data focal para concentração destes valores. A equivalência dos valores monetários de tempos distintos no tempo zero é feita por meio da utilização de uma taxa, denominada Taxa Mínima de Atratividade, ou TMA. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

O referido autor resume ainda a TMA como a melhor taxa, com grau de risco baixo, disponível para a aplicação do capital que está sendo analisado. Abre-se então um o questionamento ao gestor no momento de decisão: investir no projeto ou investir na TMA, cuja a base de cálculo é as diversas taxas de juros praticadas no mercado financeiro.

2.2.3 Método do Valor Presente Líquido (VPL)

O método do Valor Presente Líquido é a técnica de análise de investimento mais conhecida e utilizada, resumindo-se na concentração de todos os valores estimados de um fluxo de caixa na data zero, descontando-se os mesmos a um Valor Presente através do emprego da TMA. (SOUZA; CLEMENTE, 2008; WICKBOLDT; FORNECK, 2013). Pode ser expresso pela equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - II$$

aonde:

VPL = valor presente líquido

FC_t = fluxos de caixa no tempo t

k = TMA ou custo de capital

II = Investimento inicial

n = período

Em uma sentença, diz-se que o cálculo do VPL é dado pelo somatório dos fluxos de caixa do projeto, a valor presente, descontados à TMA e subtraído o investimento inicial.

A regra primária de referência é que se o VPL for maior que zero, o projeto merece a continuidade de sua análise. Porém não é suficiente para afirmar se o projeto é atrativo ou não, apenas confirma-se que o mesmo recupera o investimento inicial, remunera os possíveis ganhos do capital se aplicado a TMA e resulta em uma sobra em valor monetário expresso pelo resultado do cálculo. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

2.2.3.1 Valor Presente Líquido anualizado (VPLa)

Em alguns casos como em projetos que tenham longos horizontes de planejamento o VPL demonstra dificuldade para comparação. Alternativo a isso, sugere-se pensar em termos de um VPL equivalente para cada um dos períodos do projeto, facilitando o raciocínio para tomada de decisões.

Pode-se então transformar o fluxo de caixa representativo do projeto em uma série uniforme, através de uma variação no método do VPL, descrito pela equação a seguir:

$$VPL_a = VPL \cdot \frac{k \cdot (1 + k)^t}{(1 + k)^t - 1}$$

Da mesma forma que o VPL, um resultado positivo no cálculo do VPLa não define a atratividade, apenas indica que o projeto merece continuar em análise. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

2.2.4 Índice Benefício/Custo (IBC)

O Índice Benefício/Custo é a razão entre o fluxo esperado de benefícios e o fluxo esperado de investimentos de um projeto em valor presente, ou seja, é uma medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido. A análise do IBC é análoga a do VPL, portanto um $IBC > 1$ indica que o projeto merece continuar sendo analisado. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

2.2.5 Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)

Segundo Souza e Clemente (2008 p. 79), “O ROIA é a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento”. Apresenta a rentabilidade esperada do projeto para o mesmo período da TMA, demonstrando em termos percentuais a riqueza gerada pelo projeto. Pode ser determinada pela equação adaptada abaixo:

$$ROIA = \sqrt[n]{IBC} - 1$$

O valor em percentual calculado pelo ROIA representa o ganho adicional do capital investido, já considerando que o mesmo tem uma aplicação de baixo risco com um retorno definido pela TMA. Proporciona uma decisão se esse ganho adicional é suficiente ou não para o investimento no projeto em análise.

2.2.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de juros que faz a equivalência entre o conjunto de capitais das entradas e o conjunto de capitais das saídas, usualmente adotando-se a data focal a zero. Por definição, a TIR é a taxa que torna o valor presente líquido de um fluxo de caixa igual à zero. (GOMES, 2013). É determinada a partir da equação :

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - II = ZERO$$

Gomes (2013) reforça que, por ser uma equação polinomial de grau n , deve-se ter cuidado quanto ao número de inversões de sinal algébrico dos fluxos de caixa. Para que se tenha apenas uma raiz real da solução no intervalo de tempo, pode ocorrer apenas uma inversão do sinal na soma aritmética dos fluxos de caixa.

Logicamente que o cálculo manual por tentativa e erros para determinação do valor da taxa é enfadonho, trabalhoso e demorado, sendo feito atualmente de forma mais fácil com o auxílio de calculadoras financeiras ou planilhas eletrônicas.

Como aplicação prática na análise do retorno de um investimento, a TIR pode ser interpretada como um limite superior para a rentabilidade do projeto. Porém a informação somente é relevante caso não se saiba qual o valor da TMA. Caso esta última seja conhecida, a estimativa de rentabilidade do projeto pode ser calculada pelo ROIA e a TIR não melhora a informação disponível. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

A regra básica de referência para interpretação da TIR como medida de rentabilidade é:

$TIR > TMA$ = indica que o ganho é maior investindo-se no projeto do que na TMA.

Souza e Clemente (2008) salientam porém que um dos enganos mais recorrentes é referir-se a TIR como a rentabilidade do projeto. O valor definido pelo cálculo da TIR somente será obtido se os recursos liberados pelo projeto forem reinvestidos a uma taxa igual à própria TIR. Conforme visto na seção 2.2.2, a melhor alternativa de aplicação para os recursos liberados pelo projeto é a TMA, ou seja, a TIR somente poderá ser considerada como representativa da rentabilidade do projeto se for igual à própria TMA.

Há ainda uma outra abordagem para a utilização da TIR feita por Souza e Clemente (2008) que, diferentemente da maioria dos autores, considera a informação da TIR mais relevante para a análise da dimensão risco do que para a dimensão retorno. Considerando a flutuação da TMA segundo as mudanças nas taxas de juros da economia, pode-se pensar na mesma como uma variável. Sendo que o VPL, a uma dada TMA, representa o ganho associado ao projeto e que a TIR zera esse VPL, então pode-se tomar a mesma como limite superior para a variabilidade da TMA. Como medida de risco, o critério de referência para uso da TIR é:

TIR mais próxima à TMA = maior risco do projeto, aumentando segundo a proximidade.

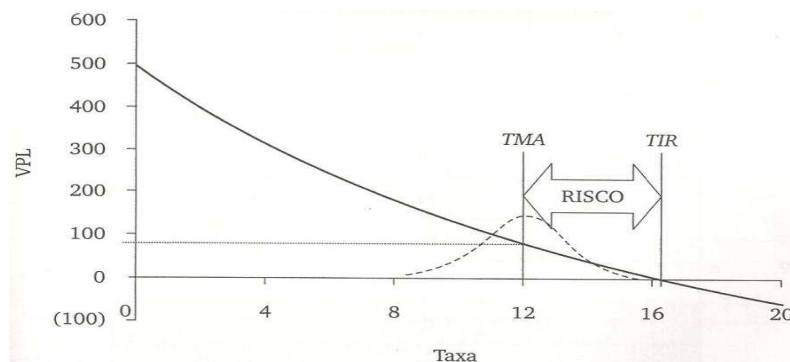


Figura 3 – TIR como medida de risco do projeto

Fonte: Souza e Clemente (2008, pg. 87)

Souza e Clemente (2008) exemplificam em uma escolha entre a melhor alternativa de investimentos dentre projetos mutuamente exclusivos o conflito entre alguns indicadores, de forma a evitar-se enganos na seleção. Quando os indicadores não são devidamente interpretados cometem-se erros na escolha da melhor alternativa de investimento. O problema então não reside em identificar o desempenho isolado de um projeto, mas sim o impacto que cada um deles vai provocar na rentabilidade da empresa.

2.2.7 Período de recuperação do investimento (*pay-back*)

O *pay-back* é outro indicador de risco e aponta o tempo necessário para recuperar o capital investido no projeto: quanto menor o tempo, menos arriscado e melhor o projeto. Ao consideramos a tendência de mudanças contínuas e

acentuadas na economia, expondo as empresas a um contexto dinâmico, esse indicador assume importância no processo decisório de investimentos. Não se pode esperar muito tempo para a recuperação de um capital investido, sob a pena de se perder novas oportunidades de investimentos. (SOUZA; CLEMENTE, 2008; WICKBOLDT; FORNECK, 2013).

Sendo um indicador de risco, a regra de referência do *pay-back* é que o risco do projeto aumenta à medida que o tempo de recuperação do investimento se aproxima do final do horizonte de planejamento.

2.3 MÉTODOS COMPLEMENTARES DE ANÁLISE DE PROJETOS

Os métodos tradicionais para análise, fundamentados ao longo da seção 2.2, possuem como característica serem determinísticos, ou seja, admite-se que as premissas e os valores estimados dos elementos que compõem o fluxo de caixa certamente acontecerão. Podem-se fazer previsões sobre eventos futuros, mas não se pode especificar com exatidão quando e com que intensidade ocorrerão. (GOMES, 2013; SOUZA; CLEMENTE, 2008).

O comportamento futuro da economia, as vendas, os custos dos insumos, etc., são exemplos clássicos de valores que podem divergir do estimado, impactando diretamente na análise de projetos de investimentos.

Dada a impossibilidade de se controlar os eventos futuros, introduz-se na análise de projetos os fatores risco e incerteza.

A distinção entre risco e incerteza, do ponto de vista acadêmico, é associada com o grau de conhecimento que se tem do futuro. Quando uma informação disponível é escassa a ponto de não se conseguir atribuir probabilidade a um evento possível tem-se uma *incerteza*. Já o termo *risco* é usado quando se tem informação disponível para determinar um possível evento com atribuição de probabilidades. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

Correia Neto (2009) acrescenta ainda que o risco é a mensuração objetiva da incerteza em relação a eventos desfavoráveis.

Wickboldt e Forneck (2013) definem que a probabilidade de desvio das estimativas é o que caracteriza a incerteza do projeto, já o grau destes desvios acaba determinando o risco do projeto. O autor aponta erros de estimativas que podem causar desvios desfavoráveis no projeto, como:

- a. incorreta pesquisa de mercado;
- b. custos e receitas diferentes dos estimados;
- c. escolha inadequada de tecnologia;
- d. falta de habilidade gerencial requerida;
- e. ambiente econômico;
- f. concorrência.

Mesmo após um ótimo levantamento estimativo inicial e a aplicação dos métodos tradicionais de análise, é importante que os resultados sejam questionados. Essa análise refinada dos resultados pode ser feita pelos métodos tratados na sequência.

2.3.1 Risco e Probabilidade

Uma situação de incerteza é transformada em situação de risco quando essa incerteza é mensurada através de uma medida objetiva. Quando se tem apenas possibilidades de um resultado ser negativo, sem qualquer probabilidade de ocorrência, a situação não se caracteriza como ariscada.

Pode-se ter como medida objetiva do um retorno de um investimento o VPL ou a TIR. Porém essa medida é calculada com base em valores projetados e passíveis de desvios, portanto, o retorno do investimento acaba sendo um valor esperado, baseado nas expectativas sobre os componentes do fluxo de caixa.

Se um projeto apresentar valores históricos para os dados de entrada, ao se considerar a expectativa de continuidade dessa tendência, pode-se indicar o seu valor futuro. Nesse caso, a média histórica representa o valor esperado. Caso não se tenham dados históricos que representem um comportamento futuro, o que gera o valor esperado são expectativas subjetivas. (CORREIA NETO, 2009).

Para ambas as situações, tem-se como medida que indique possíveis variações sobre os valores esperados o desvio-padrão, que é uma medida estatística que aponta a dispersão de valores em relação ao valor médio de uma variável, representado na mesma unidade de medida. Como o desvio-padrão indica a dispersão em relação ao valor esperado, é usado com frequência como medida de risco de uma variável. Ou seja, indica o quanto os resultados possíveis podem distanciar-se da média: quanto maior o desvio-padrão, mais arriscado é o projeto.

Ainda de acordo com Correia Neto (2009), saber o valor médio e o desvio-padrão de uma variável é fundamental, especialmente em casos que a variável tem um comportamento normalmente distribuído.

2.3.1.1 Distribuição Normal

Segundo Corrar (1992), a distribuição normal é um dos mais importantes exemplos de distribuição contínua de probabilidades.

O teorema do limite central suporta a distribuição normal e sugere que, para uma grande quantidade de observações de uma variável, sua distribuição tende a aproximar-se de uma curva normal, sujeita a análise através de suas propriedades, juntamente com os parâmetros média e desvio-padrão. (CORREIA NETO, 2009)

Em uma distribuição normal, a média e o desvio-padrão permitem que se estabeleçam algumas probabilidades de ocorrências, calculadas em função de valores que ficam a certas distâncias da média.

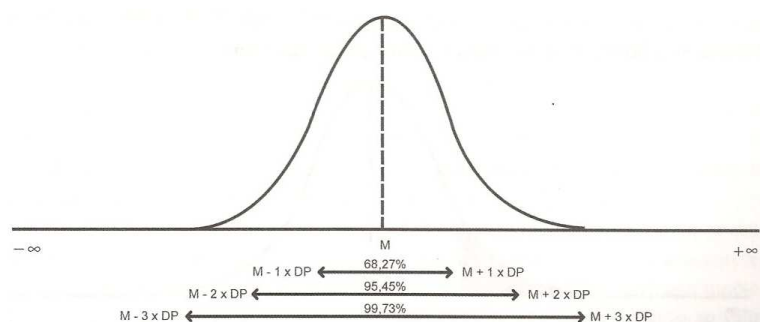


Figura 4 - Distribuição normal

Fonte: Correia Neto (2009, pg. 201)

2.3.1.2 Distribuição Triangular

A distribuição triangular é normalmente usada quando se tem uma descrição subjetiva de uma população em função de conhecimento limitado de sua distribuição. Para essa utilização, se estabelecem valores máximo e mínimo como os limites de variabilidade das variáveis de entrada. (SOARES, 2006 apud HARZER; SOUZA; DUCLÓS, 2013).

Apesar da existência de variados tipos de distribuição de probabilidade disponíveis, este trabalho limita-se a descrever somente estas duas em função da sua aplicação na análise de investimentos a ser resolvida.

2.3.2 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade permite examinar variações nos resultados obtidos anteriormente ao longo da seção 2.2 através alterações nos valores que foram estimados para a avaliação do projeto e que impactam diretamente nos cálculos. (WICKBOLT; FORNECK, 2013).

Souza e Clemente (2008) ressaltam que essa técnica é utilizada quando há poucos componentes do fluxo de caixa que estão sujeitos a aleatoriedade e que o grau da aleatoriedade seja baixo. Exemplifica-se o caso de pequenas variações na TMA, no investimento inicial, nos benefícios líquidos ou mesmo no prazo do projeto.

Sua aplicação prática consiste em variar os parâmetros de entrada, resolver os cálculos e registrar os resultados. Dessa forma, ao invés de um único resultado tem-se um resumo de uma série de resultados obtidos.

Apesar de simples, o emprego da técnica limita-se a variar os parâmetros de entrada somente um de cada vez, visto que ao se alterar mais de uma variável ao mesmo tempo fica-se sem saber o quanto cada uma delas impacta no resultado final.

A ideia básica é verificar o quão sensível é a variação do VPL frente à variação de um dos componentes do fluxo de caixa. Os parâmetros que provocarem maior variação são classificados como mais sensíveis ou críticos, merecendo uma investigação adicional para melhorar sua estimativa e reduzir o risco na tomada de decisão. (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

O aspecto negativo desta técnica é negligenciar a influência que a alteração em uma variável pode acarretar sobre as outras variáveis, já que algumas delas tendem a estar relacionadas entre si e o método as trata separadamente. (CORREIA NETO, 2009).

2.3.3 Simulação de Monte Carlo (SMC)

Para mensurarem-se os riscos em projetos de investimento de capital pode-se utilizar como alternativa a simulação de Monte Carlo. A técnica consiste em uma análise dinâmica e permite a construção de vários cenários aleatórios de acordo com as hipóteses sobre os riscos. Ao contrário da análise apresentada na seção 2.3.2, o resultado da simulação de Monte Carlo não produz resultado único, mas sim

uma distribuição de probabilidades de todos os retornos esperados possíveis. (CORREIA NETO, 2009).

Para simular cenários futuros, a SMC utiliza-se de ferramentas computacionais, e esses cenários são baseados em variáveis que tem seus valores gerados aleatoriamente dentro de uma distribuição de probabilidades. As variáveis aleatórias são também chamadas estocásticas. Trazendo-se para aplicação prática deste trabalho, a simulação pode ser realizada em modelos de fluxo de caixa, buscando-se calcular uma faixa de resultados para o VPL e demais indicadores, aonde as contas incertas do FC são as variáveis estocásticas.

Sendo assim, a elaboração de centenas ou milhares de cenários gerados a partir da simulação de Monte Carlo e suas respectivas distribuições de probabilidades associadas permitem transformar um cenário incerto num cenário de risco calculado. (HARZER; SOUZA; DUCLÓS, 2013).

Segundo Corrar (1992), a técnica da simulação, quando aplicada a resolução de modelos estocásticos, utiliza dados amostrais das distribuições de probabilidades das variáveis de entrada, processa esses valores dentro de um modelo específico e obtém como resultado as distribuições de probabilidade da função resultante.

O método de Monte Carlo utiliza um processo aleatório para definir o valor de cada variável em cada tentativa, tais quais em jogos como o lançamento de dados ou o girar de uma roleta. O nome Monte Carlo relaciona-se a esses tipos de jogos, comuns na cidade homônima localizada em Mônaco, conhecida pelos seus cassinos. O aparecimento como método de geração de números aleatórios, por sua vez, teve origem na Segunda Guerra Mundial pelo trabalho de VON NEUNANN e ULAN para solucionar problemas de blindagem em reatores nucleares. (CORREIA NETO, 2009; CORRAR, 1992).

As etapas básicas para a realização da Simulação de Monte Carlo em análise de viabilidade de projetos são:

- a. criar um modelo que descreva o fluxo de caixa e calcule a medida do projeto, por exemplo, o VPL;
- b. identificar cada variável a ser gerada de forma aleatória, fixando os limites de variabilidade junto a definição do melhor tipo de distribuição que se adeque as características dessa variável de entrada;
- c. especificar os valores das variáveis não estocásticas;

- d. o computador atribui aleatoriamente um valor para cada variável estocástica com base na sua distribuição de probabilidade específica;
- e. o processo de simulação consiste de repetidas interações aleatórias gerando uma série de distribuição de probabilidades de resultados. (CORREIA NETO, 2009).

Os resultados da simulação de Monte Carlo são a distribuição de cada variável de saída considerada e uma análise de sensibilidade das variáveis de entrada relacionadas com cada variável de saída, além de outros resumos estatísticos. (SOARES, 2006 apud HARZER; SOUZA; DUCLÓS, 2013).

A utilização de computadores e softwares é necessária e torna a SMC versátil pois permite gerar milhares de cenários conferindo mais confiabilidade aos dados de simulação gerados. Cabe ressaltar que a forma com que os números aleatórios são gerados nos *softwares* tradicionais, como o Excel®, é através de um algoritmo que se baseia no valor anterior para gerar o próximo, o que torna os números gerados pseudoaleatórios. Apesar de poderem ser utilizados sem maiores problemas, existem outros *softwares* mais específicos que realizam a Simulação de Monte Carlo com propósitos de avaliação financeira. (CORREIA NETO, 2009).

Apesar de possível e largamente utilizada nas simulações de projetos de investimentos, a planilha eletrônica Excel® não é a ferramenta mais eficiente para efetuar a SMC. Os principais *softwares* disponíveis para tal são o @Risk® e o Crystall Ball® em função de sua interface simples e amigável, sobretudo em modelos que exijam mais de uma variável aleatória com diferentes tipos de distribuições de probabilidades, além de rodarem como suplemento no próprio Excel®. (SAMANEZ 2007).

Para este trabalho será utilizado o *software* Crystall Ball®.

Existem porém algumas considerações relacionadas a limitações do uso da Simulação de Monte Carlo. Samanez (2007) salienta que essa simulação pode tomar muito tempo e se tornar onerosa para o problema a ser analisado, já que quanto mais próximo do realismo se almeja o resultado, maior a complexidade necessária. A entrada dos dados e principalmente das relações entre as variáveis que possuem maior relevância no resultado final podem ser bem complicadas.

Samanez (2007) complementa ainda que a modelagem da SMC é sofisticada e sua melhoria contínua envolve um processo de aprendizagem. Muitas vezes o

gestor do projeto ou tomador de decisão precisa atribuir a tarefa da simulação a outro profissional por não ter conhecimento ou tempo disponível, o que pode gerar uma diminuição da confiança nos resultados.

O autor salienta ainda o fato de alguns profissionais e acadêmicos utilizarem a SMC de forma inadequada ao se obter a distribuição de VPLs e aplica-la como medida de risco de um projeto. Em se tratando de decisão de investimento, supõe-se como decisão ótima por investir ou não. A distribuição de probabilidades resultante da simulação de Monte Carlo não diz nada sobre otimização, afinal, é apenas uma ferramenta de probabilidade e não de otimização sob incertezas.

A SMC deve ser usada para o entender o projeto, verificar quais riscos o afetam mais, definir se é necessário investir em informações adicionais e realizar as previsões dos fluxos de caixa. (SAMANEZ, 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Este estudo tem a finalidade de contribuir com um método de análise de viabilidade econômica envolvendo simulação probabilística, aplicado em um projeto de substituição da fonte de energia para aquecimento de banhos químicos de uma indústria manufatureira.

O método de pesquisa utilizado é o quantitativo, pois segundo Roesch (2007, p.130) para "...medir relações entre variáveis (associação ou causa-efeito), ou avaliar o resultado de algum sistema ou projeto, recomenda-se utilizar preferentemente o enfoque da pesquisa quantitativa...".

Quanto ao delineamento da pesquisa, o trabalho em questão enquadra-se na modalidade de Estudo de Caso, visto que consiste na análise profunda de poucos objetos, permitindo amplo e detalhado conhecimento. (GIL, 2010).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa considerada neste estudo é uma indústria multinacional de manufatura de ferramentas motorizadas, localizada no Vale do Rio dos Sinos, com cerca de dois mil colaboradores, sendo a sua matriz na Alemanha.

O setor específico desta empresa aonde este trabalho se desenvolve é o de Engenharia de Infraestrutura, responsável pelo gerenciamento de uma carteira de projetos envolvendo as disciplinas mecânica, elétrica e civil. Dentro da cadeia de valores da empresa, o setor de infraestrutura é considerado como atividade de apoio, desenvolvendo projetos para todas as outras áreas, de forma multidisciplinar, desde fase de iniciação até o encerramento.

O setor de Engenharia de Infraestrutura conta com uma equipe de doze profissionais, entre engenheiros, técnicos e supervisão, atuando sob uma metodologia de gerenciamento de projetos baseada no PMI®.

Por ser uma área de apoio, o setor realiza desde projetos de baixa complexidade até projetos de alta complexidade, para todas as unidades de negócios da empresa.

3.3 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Um dos itens do desdobramento estratégico da cultura corporativa da empresa em questão é o Meio Ambiente e Energia, aonde há um comprometimento em alto nível com a eficiência energética da planta e sua melhoria contínua. A redução do consumo de energia a longo prazo e o seu uso racional estão expressos tanto formalmente na cultura corporativa quanto nas ações perceptíveis no cotidiano da empresa.

Dentro deste aspecto surge a possibilidade de implantação de um projeto de melhoria na eficiência energética de um processo, além do aprimoramento na segurança de operação e redução de custos de manutenção.

O projeto contempla em converter um sistema de aquecimento de água, hoje realizado através de resistências elétricas, para um sistema combinado entre a queima de gás natural e o reaproveitamento do calor gerado por compressores de ar.

Esta água aquecida é utilizada em processos de banhos químicos em um sistema fechado. Existem três tanques principais que trabalham de forma independente e cada qual possui sua bancada de resistências elétricas para aquecimento direto da água em seu interior, totalizando uma potência máxima instalada de 613kW.

Por serem aquecidos com resistências elétricas verificam-se dois problemas críticos: o elevado custo da energia elétrica, frente ao atual cenário econômico, e o custo de manutenção das mesmas, visto que são equipamentos muito específicos e necessitam uma substituição frequente.

Diante do exposto, surge o projeto para substituição da forma de aquecimento da água utilizada nos banhos químicos. Esse projeto é utilizado como base para este estudo de caso, que se propõe a realizar a análise de viabilidade econômica considerando, porém, os riscos e variáveis envolvidos, permitindo um sólido embasamento para apresentação à diretoria da empresa.

3.3.1 Opções de ganhos para o projeto

Os retornos, ou ganhos do projeto representam as entradas do fluxo de caixa e, neste caso, são expressos pela redução no consumo de energia elétrica e nos

custos de manutenção. Como os ganhos com o novo sistema podem provir de duas fontes de energia alternativas e combinadas, cabe uma breve explicação do seu funcionamento.

Por ser um sistema híbrido, as novas instalações contam com duas formas de geração de calor: pela queima de gás natural e pelo aproveitamento de calor residual oriundo do processo de compressão de ar. O calor gerado por três novos compressores de ar está disponível atualmente, sendo descartado para a atmosfera pelo ar através de ventiladores, podendo-se considerar um desperdício de energia. Seu funcionamento depende da demanda da planta industrial, ou seja, com a fábrica em operação, há demanda de ar comprimido, e por consequência, há calor disponível.

Porém não se pode afirmar que esses compressores estarão disponíveis 100% do tempo e para garantir a continuidade do processo através do fornecimento de água quente, é necessária a instalação de outra fonte de calor, no caso, um aquecedor de passagem, também denominado *boiler*, que utiliza gás natural como fonte de energia para aquecer água.

Resumidamente: na condição ideal se utilizará o calor disponível pelos três compressores de ar e, caso estes venham a falhar total ou parcialmente, o *boiler* deverá suprir a demanda de energia para o aquecimento da água do processo.

Fica claro que o custo da energia pode variar muito em função da disponibilidade das três máquinas.

3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A realização do estudo de caso vem de encontro ao objetivo deste trabalho, analisando a viabilidade econômica do projeto através dos modelos tradicional e estocástico, efetuando a comparação dos resultados calculados de uma forma prática.

Inicialmente levantaram-se todos os dados do processo na empresa, permitindo a elaboração de uma planilha que oferecesse a correlação dos diversos valores e a elaboração da função que permite definir os possíveis ganhos com o novo sistema.

Com base nas informações obtidas possibilitou-se montar o fluxo de caixa do projeto e calcular os valores das ferramentas de análise de viabilidade de projetos mais utilizadas, como o VPL, TIR, PB e IL.

Posteriormente estabeleceram-se as variáveis estocásticas que podem influenciar o cálculo do VPL e aplicaram-se as mesmas na Análise de Sensibilidade e na Simulação de Monte Carlo.

3.5 DADOS DO PROCESSO

O levantamento das informações do processo de aquecimento de água para os banhos químicos permitiu a elaboração do fluxograma seguinte:

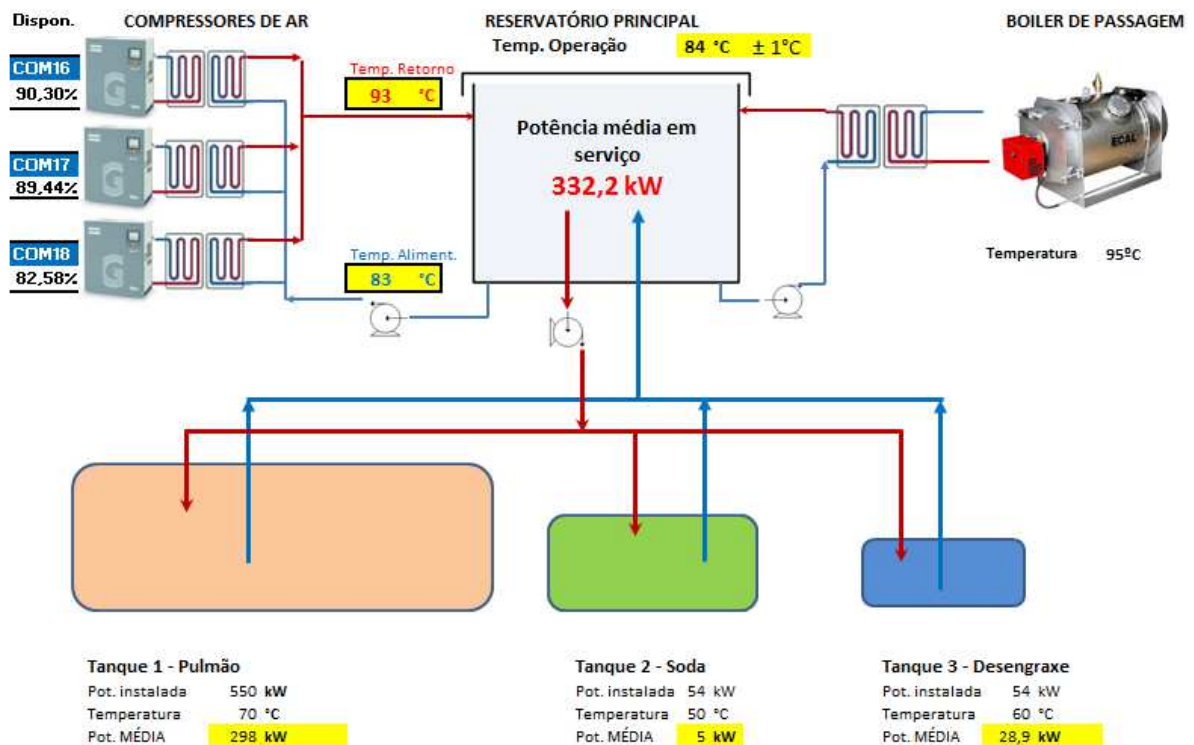


Figura 5 - Fluxograma do novo processo de aquecimento de água

Fonte: elaborado pelo autor

Tendo em vista o objetivo deste estudo de caso, as questões técnicas de engenharia não serão totalmente abordadas, apenas apresentam-se os valores que são relevantes para a análise de viabilidade econômica do projeto.

Como valor relevante, tem-se o consumo médio de energia elétrica medido atualmente para o aquecimento da água, expresso pela potência média de serviço

de 332,2kW. Este número é utilizado para o cálculo do custo atual de operação e comparativo com o novo sistema combinado de aquecimento proposto.

Para efeito do cálculo dos possíveis ganhos com a implantação do novo projeto, definem-se algumas premissas, apresentadas na sequência:

3.5.1 Premissas do novo projeto

Para os cálculos da análise financeira do novo projeto adotam-se as seguintes premissas:

- **Potencia média (kW):** refere-se ao valor médio medido com instrumentos específicos para determinar o consumo de energia elétrica do processo.

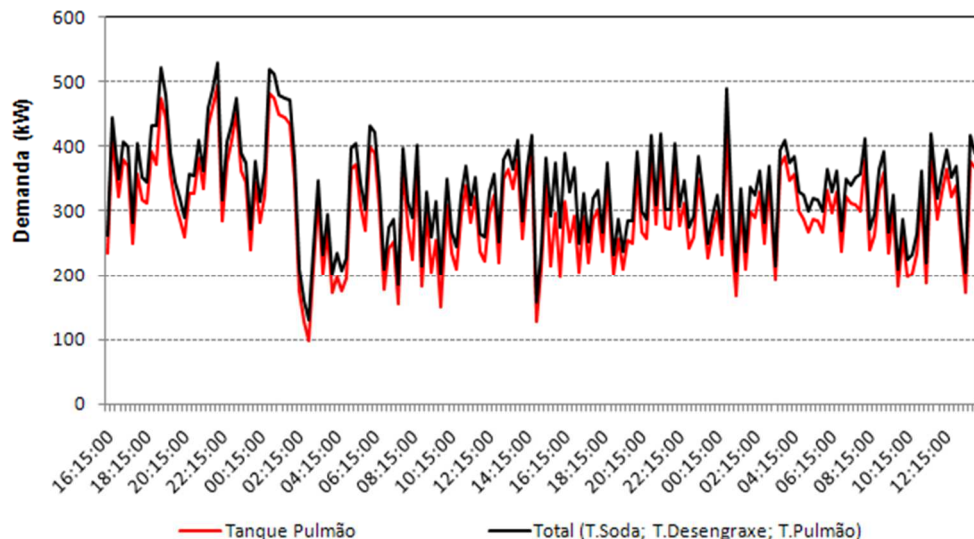


Figura 6 - Perfil da demanda elétrica do tanque principal e total

Fonte: documento da empresa

A potência média consumida pelos três tanques é igual a 332,2kW.

- **Tempo de operação (horas):** o sistema permanece em funcionamento 24 horas por dia, 30 dias por mês, 12 meses por ano, representando um tempo de operação anual igual a 8.640 horas.
- **Custo da energia elétrica:** a empresa é atendida pela distribuidora AES Sul, operando com tensão de 138kV, sendo o custo médio da energia elétrica igual a 0,52 R\$/kW.h, com base em Abril de 2015.

- **Disponibilidade dos compressores de ar:** as máquinas em questão possuem uma disponibilidade média igual a 87,5%, ou seja, estão gerando calor neste percentual do tempo de operação.
- **Energia recuperável nos compressores:** segundo o fabricante dos compressores de ar, para as condições e equipamentos existentes na empresa pode-se recuperar até 80% da energia consumida. Atualmente, três compressores de ar possibilitam recuperação de energia e consomem em média 160kW de energia cada. A energia máxima recuperável dos três compressores considerada neste estudo é igual a 384kW.
- **Gás natural:** a empresa é atendida pela Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul (Sulgás), e opera com um custo médio de Gás Natural, ou GN, igual a 1,75 R\$/m³. Cabe-se ressaltar o índice de PCI, ou Poder Calorífico Inferior, que é a quantidade de calor liberada pela combustão completa de uma unidade em volume ou massa de um combustível, utilizado nos cálculos e com valor médio igual a 8.600 kcal/m³.
- **Rendimento global do sistema a GN:** ao utilizar-se o processo de queima de gás natural, existem perdas que devem ser consideradas no processo, como o rendimento do aquecedor de passagem, do queimador e da transferência de fluido, o que gera um rendimento global do sistema, e neste estudo de caso é adotado como 75%.
- **Custo de manutenção:** o sistema de aquecimento por resistências elétricas existente possui um custo de manutenção anual, com base no período de Maio de 2014 a Maio de 2015, igual a R\$52.061. Com a implantação do novo sistema, esse custo de manutenção será extinto em função da eliminação das resistências elétricas.

- **Investimento inicial:** para definição do montante necessário para implantação do projeto, foram efetuados orçamentos junto a fornecedores e utilizados alguns dados históricos de outros projetos, resultando no montante resumido e expresso abaixo:

Item	Investimento	Valor (R\$)
1	Despesas pré-operacionais	73.000
1.1	Engenharia Básica	30.000
1.2	Engenharia Executiva	43.000
2	Investimentos fixos	2.987.832
2.1	Ampliação do prédio (150m ²)	450.000
2.2	Tanques de aço inoxidável com revestimento	82.000
2.3	Aquecedores de passagem para GN	250.000
2.4	Bombas para recirculação de água quente e químicos	210.232
2.5	Estruturas metálicas e fechamentos	98.900
2.6	Válvulas de bloqueio, controle e retenção	184.000
2.7	Fixações e vedações para produtos	18.000
2.8	Rede de água quente em aço inoxidável	738.000
2.9	Rede de gás natural em aço carbono	98.700
2.10	Rede de recirculação de cromo em PVDF	38.000
2.11	Trocadores de calor titânio e aço inoxidável	720.000
2.12	Revestimentos para isolamento térmico	100.000
	Total (1+2)	3.060.832

Tabela 1 - Investimentos iniciais do projeto

Fonte: elaborado pelo autor

A empresa na qual este estudo de caso é conduzido utiliza 100% de recursos próprios para implantação de projetos, não necessitando de financiamento de terceiros.

- **Taxa mínima de atratividade:** a taxa mínima de atratividade considerada para os cálculos de viabilidade econômica de novos projetos é 20%.

- **Horizonte do Fluxo de Caixa:** o número de períodos considerado para a análise de viabilidade econômica é 10 anos.

3.6 ANÁLISE TRADICIONAL DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

A definição da continuidade do projeto deste estudo de caso é obtida, inicialmente, a partir da avaliação tradicional de viabilidade econômica, envolvendo os itens apontados ao longo do Capítulo 2.

Inicialmente monta-se o fluxo de caixa de investimento, tomando como base para cálculos as premissas apontadas na seção 3.5.1. O FC deste projeto é do tipo convencional, ou seja, possui apenas um desembolso na fase inicial, seguido de múltiplas entradas.

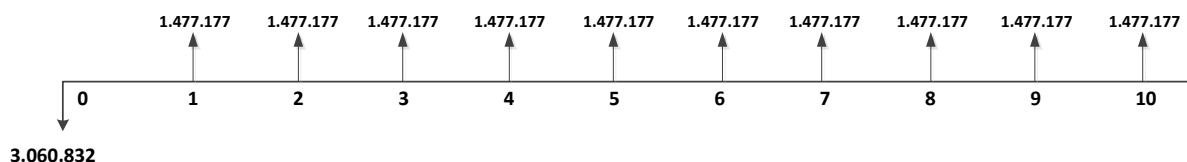
Em função da natureza deste projeto, para obter-se o ganho, que representa as entradas ao longo do tempo, deve-se realizar a comparação do cenário atual com o cenário futuro.

	Cenário atual	Cenário futuro
Forma de aquecimento	Resistência elétrica	Calor residual dos compressores de ar
Demanda térmica	332,2 kW	332,2 kW
Tempo de operação	8.640 horas	8.640 horas
Consumo resistências elétricas	2.870.208 kW.h/ano	0 kW.h/ano
Consumo das bombas elétricas	0 kW.h/ano	129.600 kW.h/ano
Custo de energia elétrica	1.492.508 R\$/ano	67.392 R\$/ano
Custo de manutenção	52.061 R\$/ano	0 R\$/ano
Custo total	1.544.569 R\$/ano	67.392 R\$/ano
Economia		1.477.177 R\$/ano

Tabela 2 - Ganhos com o novo projeto

Fonte: elaborado pelo autor

Tem-se então o fluxo de caixa anual do projeto representado a seguir:



3.6.1 Determinação do VPL e VPLa

O cálculo do VPL é dado pelo somatório dos fluxos de caixa do projeto, a valor presente, descontado a TMA, menos o investimento inicial. Considerando a TMA da empresa igual a 20%, tem-se o seguinte resultado:

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Fluxo de Caixa	(3.060.832)	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177
Valor Acumulado	(3.060.832)	(1.583.655)	(106.478)	1.370.699	2.847.877	4.325.054	5.802.231	7.279.408	8.756.585	10.233.762	11.710.940
Valor Presente	(3.060.832)	1.230.981	1.025.817	854.848	712.373	593.644	494.704	412.253	343.544	286.287	238.572
Valor Acum. Desc.	(3.060.832)	(1.829.851)	(804.034)	50.814	763.188	1.356.832	1.851.536	2.263.789	2.607.333	2.893.620	3.132.192

Tabela 3 - Fluxo de caixa e valores acumulado, presente e descontado do projeto

Fonte: elaborado pelo autor

Da Tabela 3 pode-se traçar um gráfico indicando o Fluxo de Caixa do projeto para os 10 períodos em questão e o Valor Presente de cada um dos períodos.

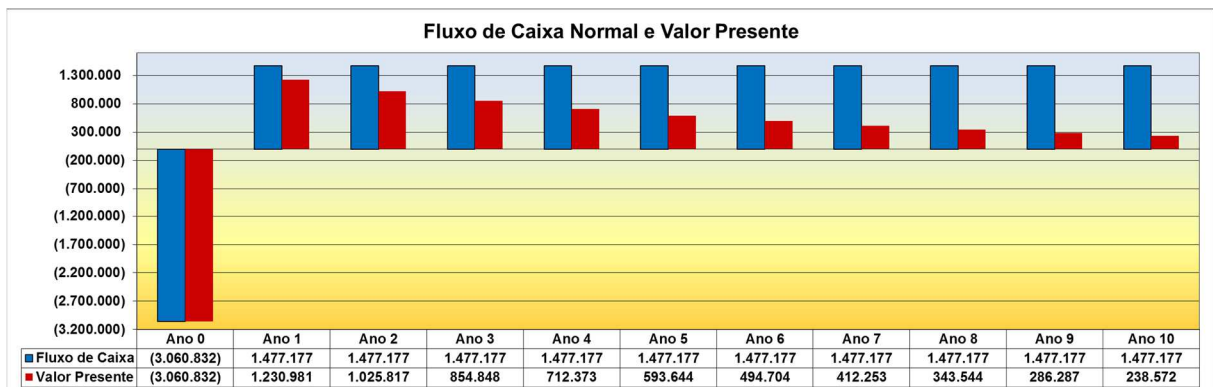


Figura 7 - Fluxo de Caixa Normal e Valor Presente

Fonte: elaborado pelo autor

Efetuando-se o somatório dos fluxos a valor presente tem-se como resultado um $VPL = 3.132.192$.

Pode-se traçar um gráfico para o projeto em questão a partir da variação e atribuição de valores a TMA, conforme verificado na Figura 8.

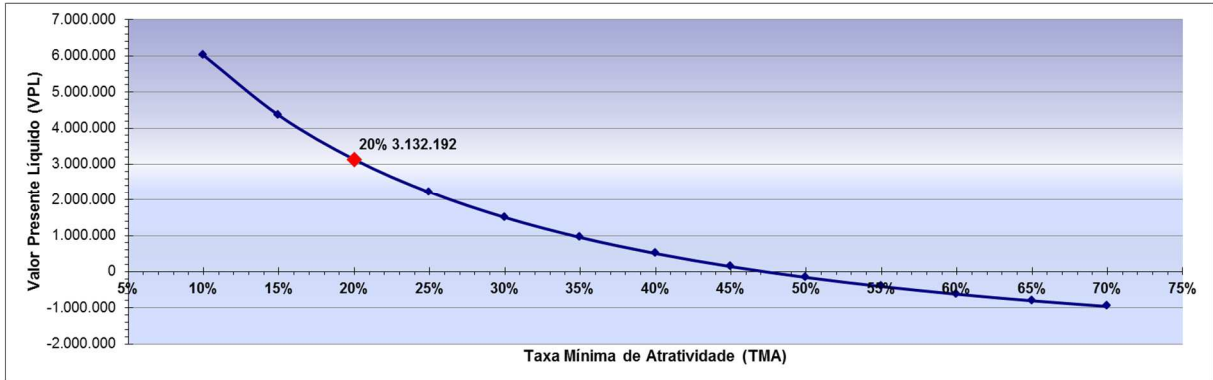


Figura 8 - Comportamento do VPL em função da TMA

Fonte: elaborado pelo autor

Calculado o VPL pode-se definir também o Valor Presente Líquido anualizado a partir da equação seguinte:

$$VPL_a = 3.132.192 \frac{0,2 \cdot (1+0,2)^{10}}{(1+0,2)^{10}-1} ; \text{então } VPL_a = R\$ 747.099$$

3.6.2 Determinação do IBC

O cálculo do Índice Benefício/Custo demonstra o quanto se espera ganhar por unidade de capital investido, podendo ser calculado pela razão entre o Valor Presente do fluxo de ganhos e o Valor presente do fluxo de investimento, neste estudo representado pela seguinte equação:

$$IBC = \frac{6.193.024}{3.060.832} = 2,02$$

3.6.3 Determinação do ROIA

O cálculo do retorno adicional sobre o investimento deriva da taxa equivalente ao IBC para cada ano do projeto e para este estudo é calculado por:

$$ROIA = \sqrt[10]{2,02} - 1 \rightarrow ROIA = 7,3\%$$

3.6.4 Determinação da TIR

Por definição, a Taxa Interna de Retorno é a taxa que torna o VPL do fluxo de caixa igual a zero. Não há sentido em calcular-se manualmente essa taxa e utiliza-se, neste caso, o auxílio do Excel® para determinação do valor através da própria função TIR.

Obtém-se então que $TIR = 47,25\%$, visível na Figura 8.

3.6.5 Determinação do *Pay-back*

O cálculo do *pay-back* indica o número de períodos necessários para que se recupere o capital investido no projeto. Pode ser calculado de duas formas: no *pay-back* simples não se considera o valor do capital no tempo, já no *pay-back* descontado considera-se o valor do capital do tempo, descontando-se o fluxo a TMA.

Observa-se na Tabela 3 que os valores acumulados no fluxo de caixa, tanto simples quanto o descontado, sofrem uma inversão de sinal entre os períodos 2 e 3, indicando que o *pay-back* simples e o descontado ocorrem nesse intervalo.

Calcula-se o momento exato da inversão dos valores admitindo-se que os fluxos são uniformes e fazendo-se uma simples relação de proporcionalidade, resultando um *pay-back* simples igual a 2,07 anos e um *pay-back* descontado igual a 2,94 anos.

3.7 MÉTODO COMPLEMENTAR DE ANÁLISE DE VIABILIDADE

Todos os cálculos efetuados até então utilizaram valores de indicadores determinísticos, admitindo-se que os mesmos são constantes e certamente ocorrerão ao longo da linha de tempo do projeto.

Porém essa afirmação não é verdadeira, uma vez que algumas premissas consideradas podem, e provavelmente sofrerão alterações ao longo do tempo, sendo variáveis aleatórias, chamadas também de estocásticas.

Para este estudo de caso, primeiramente serão identificadas e evidenciadas as variáveis estocásticas que compõem o fluxo de caixa, buscando-se especificar a distribuição de probabilidades que melhor se adequa a cada uma delas.

Posteriormente será utilizado o *software* Crystall Ball® juntamente com as planilhas eletrônicas do Excel® para composição da distribuição de probabilidade da função objetivo, no caso, o VPL.

3.7.1 Variáveis e Distribuições de probabilidade

3.7.1.1 Variável Custo de energia elétrica

A primeira variável estocástica identificada para este projeto é o custo da energia elétrica, particularmente em função do presente cenário econômico nacional e o expressivo impacto que as oscilações no valor da energia representam para a empresa aonde este estudo se desenvolve.

Efetuada-se a compilação dos reais custos da energia elétrica ao longo dos últimos três anos e meio, ou seja, desde o início do ano de 2012, observaram-se os valores listados na sequência.

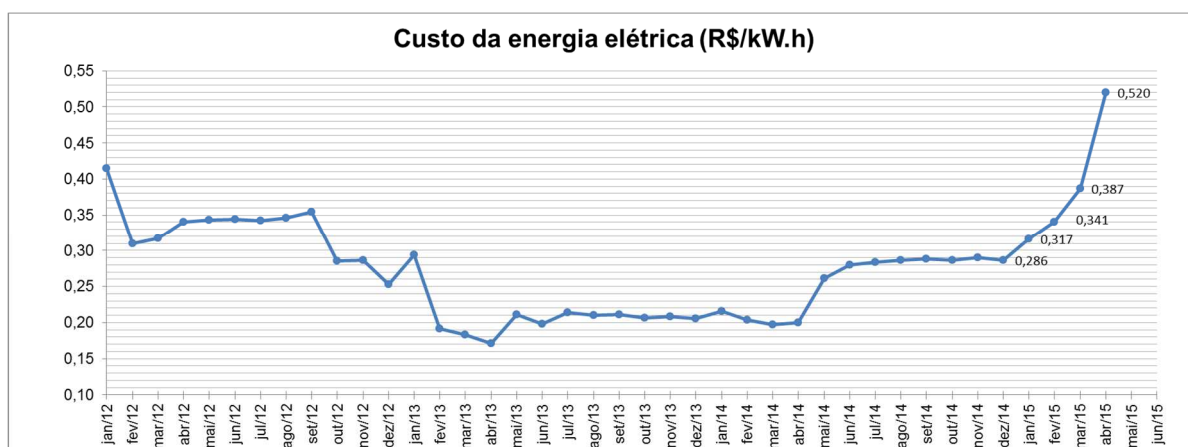


Figura 9 – Variável Custo de energia elétrica

Fonte: elaborado pelo autor

Tomando-se como referência uma mudança na forma de tarifação da empresa em fevereiro de 2013 em função de melhorias em infraestrutura e a tendência apontada em manter-se o valor do kW.h até o final de 2015, obtêm-se os valores para a amostra em questão:

Estatística	Valor (R\$/kW.h)
Média	0,315
Desvio Padrão	0,131
Máximo	0,520
Mínimo	0,171

Tabela 4 – Estatística para custo de energia elétrica

Em função do teorema do limite central, o tipo de distribuição de probabilidade a ser utilizado para a variável em questão é a distribuição normal.

Cabe uma observação especial para esta variável, a qual terá um ponto de truncamento inferior em sua distribuição limitado ao valor 0,17 R\$/kW.h. Essa exceção foi admitida por este ser o menor custo de energia elétrica registrado historicamente na empresa, além do fato de que, ao não se ter esse ponto limitado, a posterior SMC apresentará erros que impossibilitarão os simulações de TIR e ROIA.

3.7.1.2 Variável Disponibilidade dos compressores

Como o ganho energético está baseado na recuperação do calor gerado pelos três compressores de ar, a disponibilidade desses equipamentos interfere nos cálculos da análise de viabilidade. Um sistema de gerenciamento de compressores existente registra diversas informações em tempo real, apresentando a disponibilidade nos últimos meses verificada no gráfico abaixo:

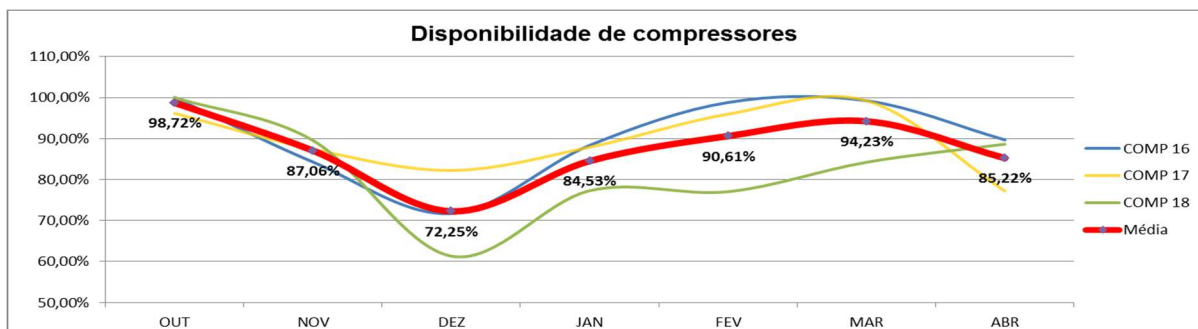


Figura 10 - Disponibilidade dos compressores

Fonte: elaborado pelo autor

Estatística	Disponibilidade
Média	87,52%
Desvio Padrão	8,44%
Máximo	98,72%
Mínimo	72,25%

Tabela 5 – Estatística para disponibilidade dos compressores

Considerando o teorema do limite central, o tipo de distribuição de probabilidade a ser utilizado para a variável em questão é a distribuição normal.

3.7.1.3 Variável Custo do Gás Natural

O custo do gás natural industrial é tabelado pela empresa Sulgás e possui faixas de preço definidas pelo volume consumido. Levantando-se o registro do volume consumido e dos valores cobrados desde janeiro de 2013, têm-se os dados a seguir:

Estatística	Valor (R\$/m³)
Média	1,657
Desvio Padrão	0,301
Máximo	3,112
Mínimo	1,000

Tabela 6 - Estatística para custo do GN

Novamente, considerando o teorema do limite central, o tipo de distribuição de probabilidade a ser utilizado para a variável em questão é a distribuição normal.

3.7.1.4 Variável potência recuperável nos compressores

Por ser um equipamento pouco conhecido, relativamente novo no mercado nacional e com disponibilidade limitada de informações por parte do fabricante, não se tem dados suficientes que permitam a análise de uma amostra de valores. Sendo assim, a distribuição considerada para esta variável é a triangular, estabelecendo-se valores máximo, mínimo e provável em função das curvas de seleção do equipamento pelo fabricante.

Estatística	Potência recuperável (kW)
Máxima	384
Mínima	300
Provável	330

Tabela 7 – Estatística para potência recuperável dos compressores

3.7.1.5 Variável Tempo de Operação

A distribuição considerada para esta variável também é a do tipo triangular por não se conhecer dados específicos que permitam uma análise de dados mais assertiva. Considerou-se para este estudo de caso o tempo de operação máximo anual, o tempo mínimo com base em 6 dias por semana, 52 semanas por ano e a média entre os valores.

Estatística	Operação (horas/ano)
Máxima	8.640
Mínima	7.488
Provável	8.064

Tabela 8 - Estatística para tempo de operação

3.7.2 Simulação de Monte Carlo

Para iniciar a Simulação de Monte Carlo, toma-se como base o modelo matemático utilizado na seção 3.6 para os cálculos da análise de viabilidade do projeto pelos métodos tradicionais, elaborado sob planilhas eletrônicas em Excel®.

Utiliza-se neste trabalho o aplicativo Crystall Ball®, desenvolvido pela empresa norte-americana Oracle®, rodando como suplemento diretamente sobre as planilhas do Excel®. Não é objetivo deste trabalho o ensino do uso desta ferramenta, apesar de se ressaltar a sua simplicidade de utilização e de se identificar as principais funções. A tela com os comando principais podem ser vistas no ANEXO A.

Definidas anteriormente na seção 3.7.1 as variáveis de entrada aleatórias, adicionam-se na planilha eletrônica as respectivas distribuições de probabilidades, selecionando a célula aonde a variável se encontra e abrindo a opção “Definir Pressuposto”. Esta opção exibe uma lista completa com todas as opções de distribuição disponíveis no Crystall Ball®, bastando informar ao programa os valores apontados anteriormente. Na sequência apresentam-se na Figura 11 as distribuições de probabilidades definidas para as cinco variáveis consideradas neste estudo de caso.

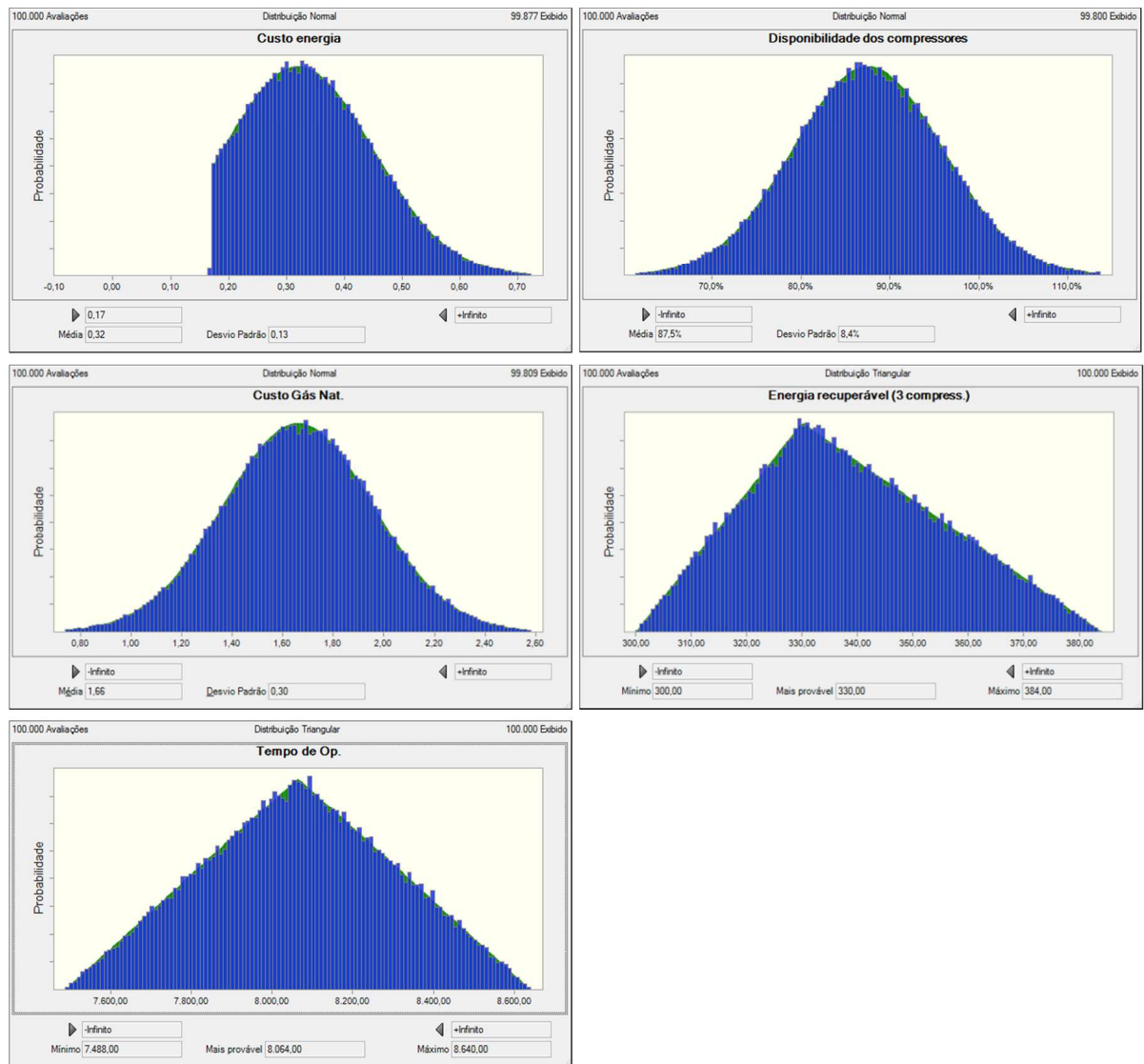


Figura 11 - Distribuições de probabilidades para as variáveis aleatórias

Fonte: elaborado pelo autor

Depois de inseridas as variáveis de entrada, deve-se selecionar a variável de saída desejada, neste caso a célula contendo a fórmula para o VPL, e informar ao programa através da opção “Definir Previsão”. Ainda na barra de ferramentas, é possível definirem-se algumas preferências de simulação. Finalizadas todos os apontamentos e especificações, clica-se na opção “Iniciar” para o Crystal Ball® executar as simulações. Neste estudo de caso foram processadas 100.000 simulações, resultando uma distribuição da variável de saída VPL demonstrada e analisada no capítulo seguinte.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Souza e Clemente (2008), a decisão de se fazer um investimento de capital envolve a avaliação de diversas alternativas que atendam as especificações técnicas deste investimento. Após serem relacionadas e viabilizadas as especificações técnicas, analisa-se a atratividade financeira, utilizando indicadores que auxiliam o processo decisório.

Neste capítulo analisam-se os resultados dos cálculos de viabilidade econômica realizados pelos modelos tradicionais e também os resultados obtidos a partir da Simulação de Monte Carlo com o auxílio do Crystal Ball®.

4.1 ANÁLISE TRADICIONAL DE INDICADORES ASSOCIADOS À RENTABILIDADE

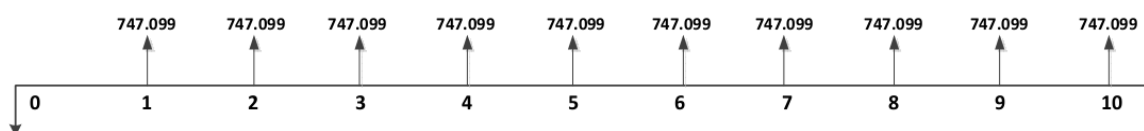
A primeira parte consiste em aplicar os métodos tradicionais de análise de investimentos, vistos na seção 3.6 deste estudo.

Após o levantamento do cenário atual e cenário futuro, das premissas e particularidades, pôde-se determinar o fluxo de caixa anual do projeto deste estudo de caso.

Ao considerar-se os indicadores associados a rentabilidade do projeto, observa-se que o cálculo para o Valor Presente Líquido apresenta um valor igual a R\$3.132.192,00, satisfazendo a condição de quando o $VPL > 0$ o projeto merece a continuidade em sua análise. Ou seja, para as condições apontadas, o projeto conseguirá:

- recuperar o investimento inicial de R\$3.060.832,00,
- remunerar os ganhos se o capital investido inicialmente tivesse sido aplicado na TMA,
- creditar em valores monetários atuais o montante de R\$3.132.192,00.

Por ser um projeto com um horizonte de planejamento longo (10 anos), é interessante utilizar para efeito de comparação um VPL equivalente, ou VPL anualizado em uma série uniforme. O valor calculado é igual a R\$747.099,00 e pode ser representado pela série seguinte:



Por derivar do próprio cálculo do VPL a regra de análise é a mesma e o valor satisfaz a condição $VPL_a > 0$, portanto, o projeto merece continuidade em estudo.

Outro indicador calculado pelos métodos tradicionais de análise de viabilidade é o Índice Benefício/Custo, que para este estudo é igual a R\$2,02. Ou seja, para cada R\$1,00 imobilizado no projeto espera-se retirar, após o horizonte planejado de 10 anos, o valor de R\$2,02, após deduzido o ganho que se teria caso o valor inicial tivesse sido aplicado a TMA. Novamente, o índice calculado satisfaz a condição para manter o projeto em análise, neste caso, $IBC > 1$.

Porém tendo em vista que o melhor indicador para estimativa de rentabilidade em um projeto é o Retorno Adicional sobre o Investimento (SOUZA; CLEMENTE, 2008), calculou-se o ROIA, obtendo-se o valor igual a 7,3%. Ou seja, capital investido no projeto em análise apresenta um retorno igual a 7,3% além da TMA. Por não haver uma regra específica para este indicador, a aceitação do projeto dependerá da política da empresa quanto a decisão de aceitar o risco ou não para obter um retorno desta grandeza.

4.2 ANÁLISE TRADICIONAL DE INDICADORES ASSOCIADOS AO RISCO

Um dos indicadores associados tanto para análise de rentabilidade quanto para a análise de risco é a Taxa Interna de Retorno.

Para este projeto, obteve-se o valor de TIR igual a 47,25%, ou seja, como medida de retorno de investimento, este valor pode ser considerado o limite superior de rentabilidade. Porém, como o valor de TMA é conhecido, a rentabilidade efetiva do projeto foi calculada pelo ROIA. Todavia, o valor 47,25% satisfaz a condição $TIR > TMA$ indicando que haverá maior ganho investindo-se no projeto do que na TMA.

Ao se considerar a TIR como um indicador de risco do projeto, conforme apresentado na seção 2.2.6, verifica-se que o valor 47,25% está consideravelmente

distante do valor da TMA, podendo-se afirmar, portanto, que o risco do projeto é relativamente baixo.

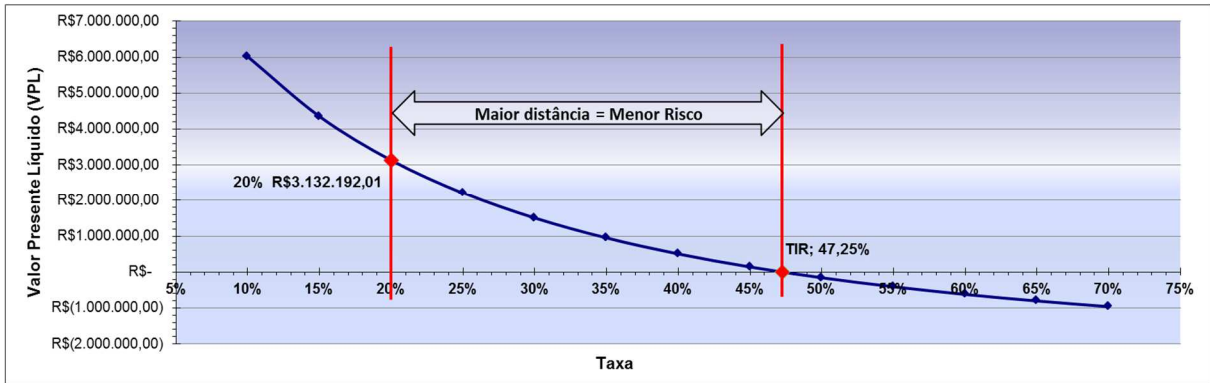


Figura 12 - TIR como indicador de risco do projeto

Fonte: elaborado pelo autor

Ainda como indicador de risco para o projeto, calculou-se o *pay-back* com base no fluxo de caixa.

Com base na Tabela 3, pode-se traçar o gráfico dos valores do projeto e visualizar-se o *pay-back* ao longo do cronograma.

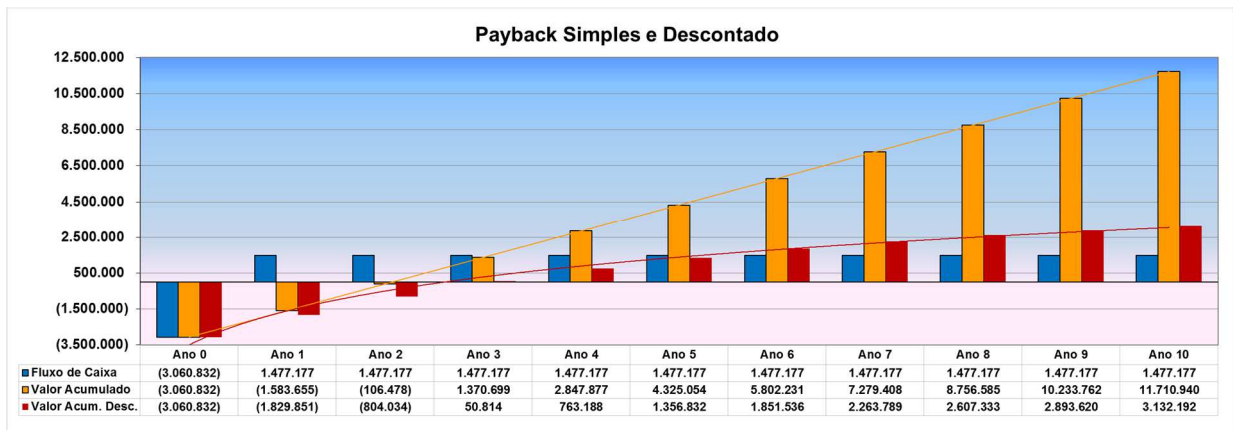


Figura 13 - Gráfico do *pay-back* simples e descontado

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando-se os valores calculados para o *pay-back* simples e descontado igual a 2,07 e 2,94 anos respectivamente, e que o risco do projeto aumenta à medida que o *pay-back* se aproxima do final do horizonte de planejamento, neste caso igual a 10 anos, este projeto em si apresenta um risco relativamente baixo.

A Tabela 9 aponta um resumo dos indicadores de viabilidade econômica do projeto com base na análise de investimentos tradicional.

Indicador	Valor	Condição preliminar
VPL - Valor Presente Líquido	R\$ 3.132.192	Satisfatória
VPLa - Valor Presente Líquido anualizado	R\$ 747.099	Satisfatória
IBC - Índice Benefício/Custo	2,02	Satisfatória
ROIA - Retorno Adicional Sobre o Investimento	7,3%	Satisfatória
TIR – Taxa Interna de Retorno	47,25%	Satisfatória
PB - <i>Pay-back</i> simples	2,07 anos	Satisfatória
PB - <i>Pay-back</i> descontado	2,94 anos	Satisfatória

Tabela 9 - Indicadores de análise de investimento

Baseando-se nas premissas e valores calculados pela análise tradicional de viabilidade econômica, o projeto deste estudo de caso apresenta condições e embasamento para a aprovação deste investimento.

4.3 ANÁLISE CONSIDERANDO O RISCO COM SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Para considerar o risco associado a variáveis estocásticas na análise do projeto em questão seria possível inicialmente utilizar-se da Análise de Sensibilidade, variando facilmente na planilha eletrônica os valores das variáveis apontadas anteriormente. Esse processo tomaria muito tempo e apresentaria um número restrito de resultados, além de poder-se alterar somente uma variável por vez.

Todavia a utilização da Simulação de Monte Carlo permite gerar milhares de simulações de forma rápida na mesma planilha, elevando o nível de confiabilidade nos dados gerados com base em uma frequência de resultados descritos por uma distribuição de probabilidades.

Na Figura 14 observa-se o resultado das 100.000 simulações e 99.330 resultados válidos exibidos para os pressupostos definidos ao Crystal Ball®.

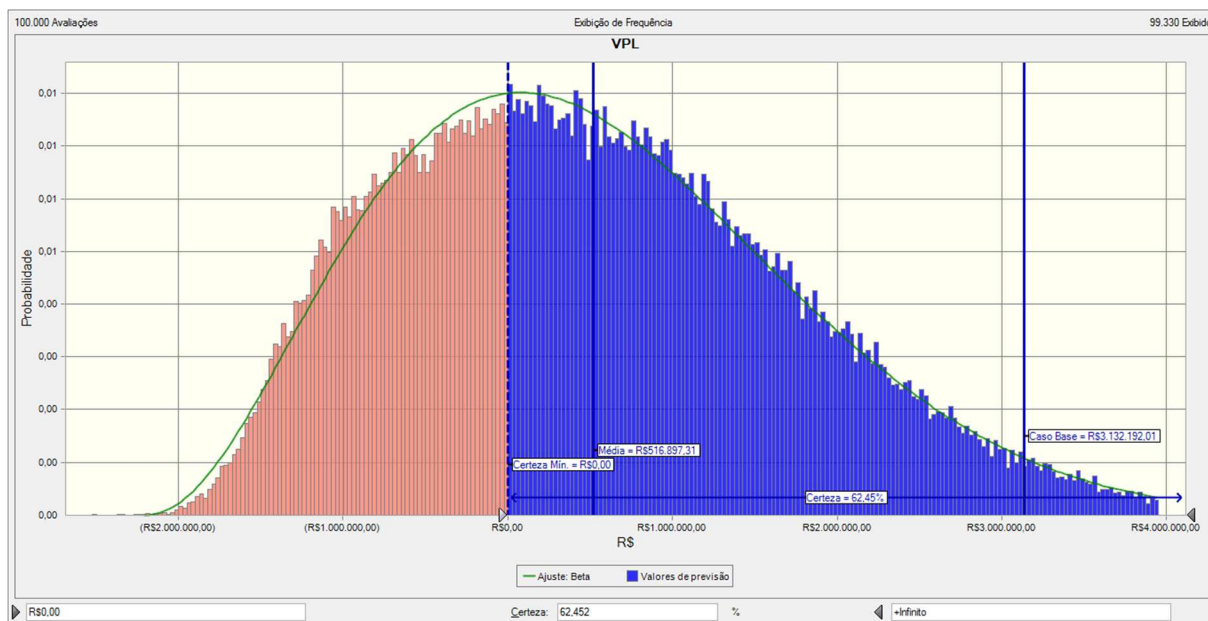


Figura 14 – Frequência dos valores da previsão para o VPL

O software avalia ainda por testes de aderência qual a melhor distribuição de probabilidade adequada aos resultados encontrados após a simulação, no caso deste projeto, a distribuição mais adequada é a Beta.

Verifica-se pelos dados estatísticos que a média dos resultados do VPL é R\$516.897,31, bastante divergente do valor calculado pelo caso base, quando não se considerou as variáveis estocasticamente. Outro ponto a ressaltar é que a probabilidade deste projeto atingir um VPL negativo é igual a 37,5% e de atingir o valor calculado anteriormente para o VPL no caso base é de apenas 2,7%, conforme verificado na Figura 15.

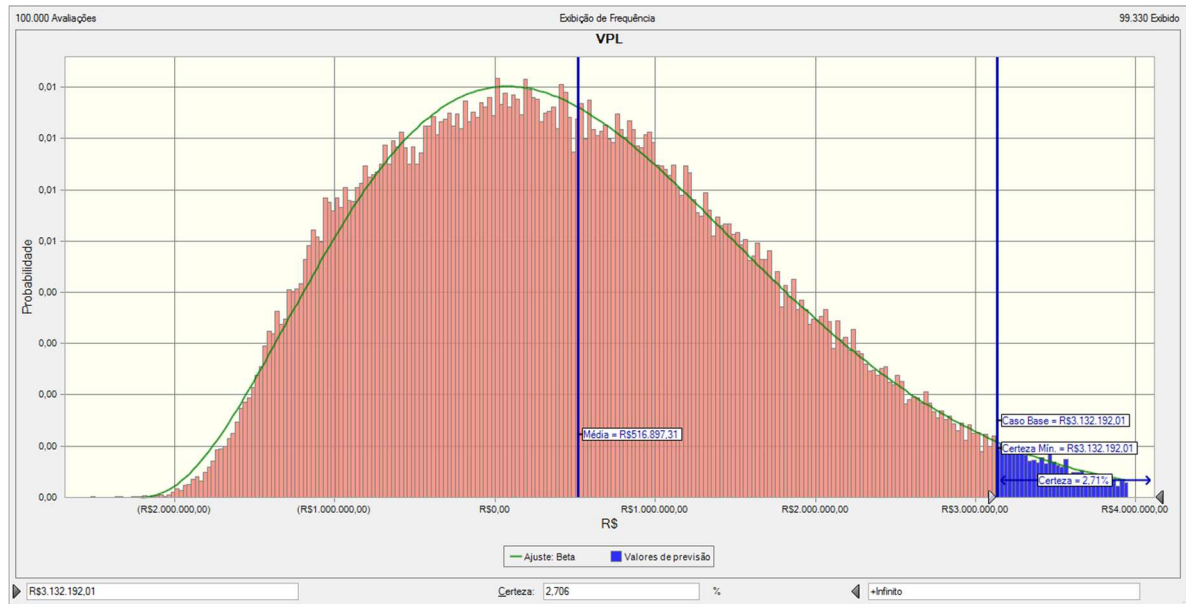


Figura 15 – Previsão do VPL para o caso base

Utilizando-se a ferramenta de análise de sensibilidade do Crystal Ball® para a distribuição prevista, tem-se o gráfico demonstrado na Figura 16 aonde se identifica claramente o custo da energia elétrica como maior grau de sensibilidade para o VPL.

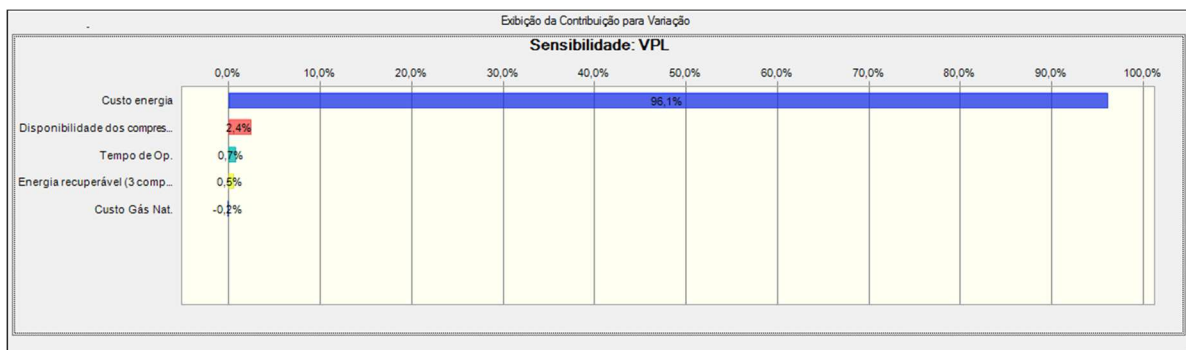


Figura 16 - Gráfico de sensibilidade para o PVL

Na sequência analisou-se também na mesma simulação a Taxa Interna de Retorno, obtendo-se como resultado o gráfico VPL exposto na Figura 17.

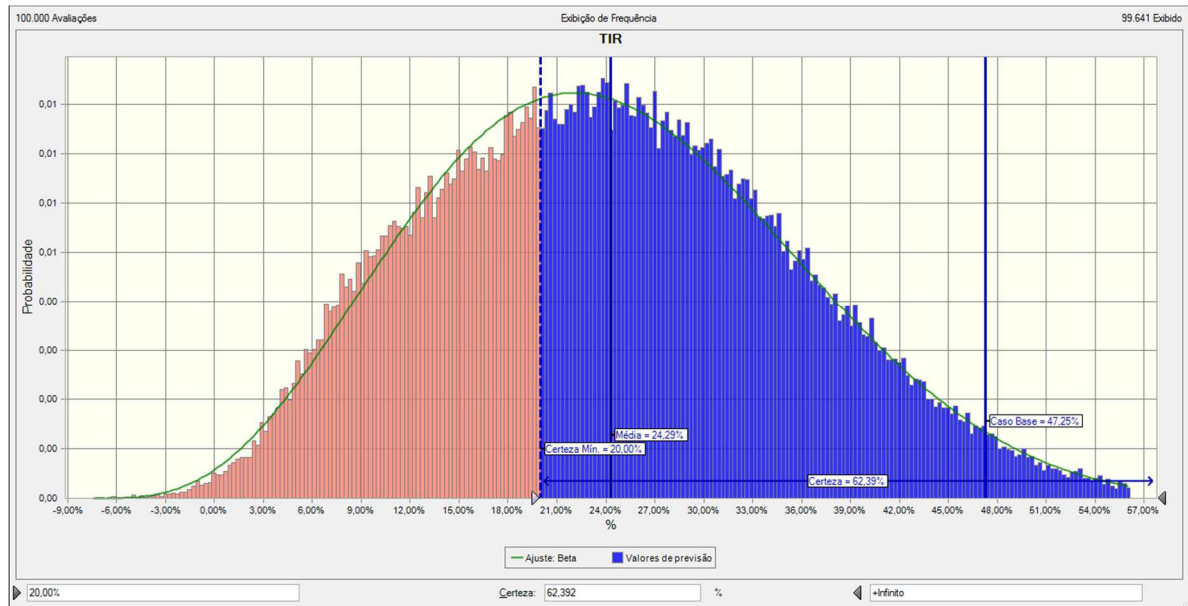


Figura 17– Frequência dos valores da previsão para a TIR

Da mesma forma que a análise do VPL, o melhor ajuste apontado pelo *software* é a distribuição do tipo Beta e o valor médio encontrado para a TIR é igual a 24,29% distante, porém, dos 47,25% calculados pelo caso base.

Observa-se ainda que a probabilidade da TIR ser maior que a TMA é igual a 62,39% e a análise de sensibilidade aponta também o custo da energia elétrica como o maior grau de significância no cálculo.

Na sequência analisou-se também a simulação para o ROIA, obtendo-se a distribuição de probabilidades expostas na Figura 18.

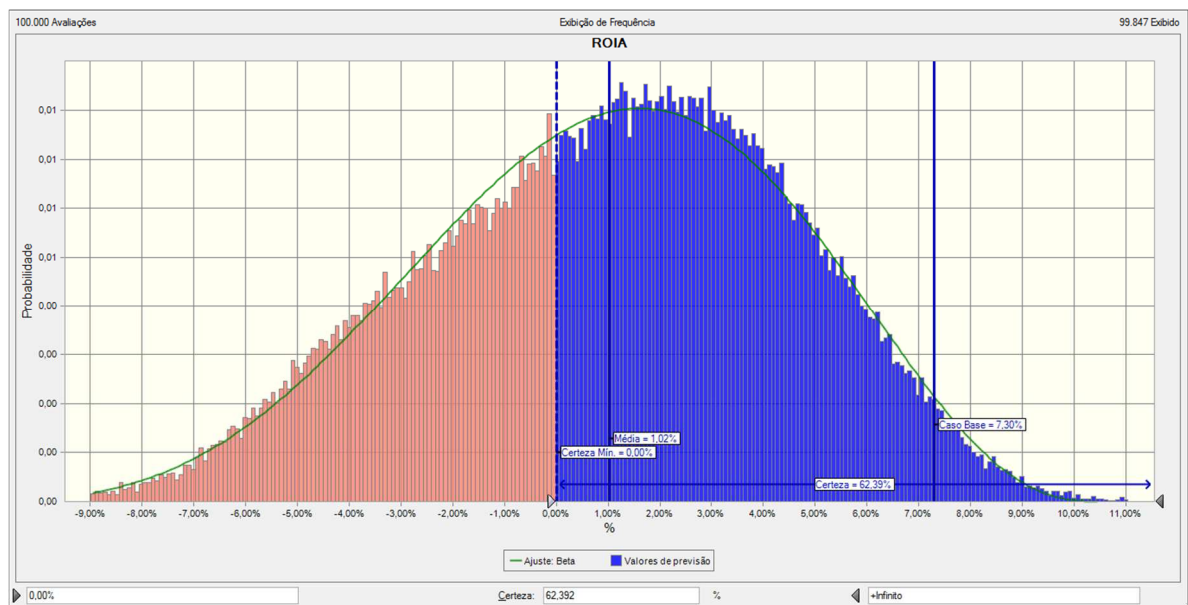


Figura 18 - Frequência dos valores da previsão para o ROIA

A melhor adequação apontada pelo Crystal Ball® para a distribuição do ROIA também é a tipo Beta. A média dos resultados é igual a 1,02% estando bem abaixo do calculado pelo caso base, o qual é igual 7,3%.

Da mesma forma que a distribuição para o VPL e para a TIR, a probabilidade do ROIA apresentar um valor positivo e diferente de zero é igual a 62,39%.

Pode-se ainda avaliar na Figura 19 a distribuição do resultado de simulações para o valor do *pay-back* simples, o qual apresentou um valor médio igual a 4,03 anos para recuperação do capital investido, diferente do calculado para o caso base, quando o valor demonstrado foi igual a 2,07 anos.

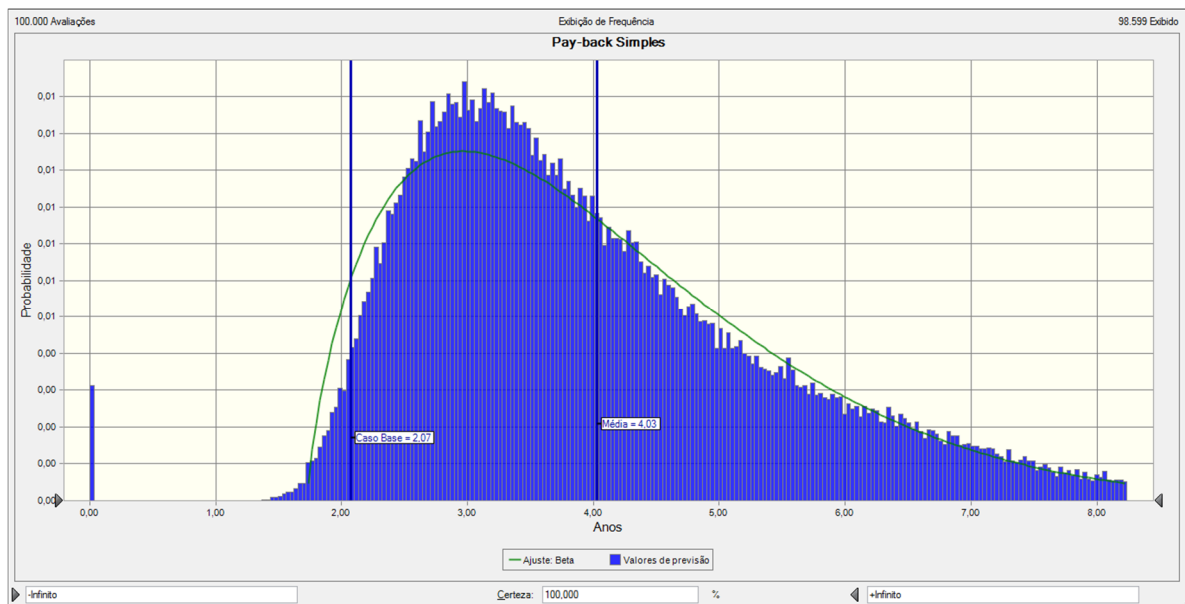


Figura 19 - Frequência dos valores da previsão para o *pay-back* simples

Verificou-se uma disparidade de valores calculados ao se comparar os números apontados pela análise de viabilidade econômica tradicional com os valores médios conseguidos pela simulação de Monte Carlo.

O projeto, em uma primeira avaliação, utilizando-se valores determinísticos para os cálculos, aponta um retorno excepcional tanto para a dimensão rentabilidade quanto para a dimensão risco e provavelmente seria aprovado na maioria dos processos decisórios de avaliação de projetos em uma empresa.

Porém, ao se considerar as principais variáveis que compõem o fluxo do projeto de forma estocástica e utilizando a geração de números aleatórios para

simular diversas situações, verificou-se que os valores apontados diferem, e muito, dos calculados anteriormente. A Tabela 10 demonstra estes números.

Indicador	Análise tradicional	Simulação de Monte Carlo	
	Valor	Valor médio	Probabilidade
VPL	R\$ 3.132.192	R\$516.897,31	62,5% de ser ≥ zero
ROIA	7,3%	1,02%	62,5% de ser ≥ zero
TIR	47,25%	24,29%	62,39% de ser > que TMA
PB simples	2,07 anos	4,03 anos	77,46% de ser ≤ a 5 anos

Tabela 10 – Indicadores segundo Análise Tradicional e SMC

Fonte: elaborado pelo autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi a comparar de forma prática os resultados de uma análise de viabilidade econômica de projetos com base no modelo tradicional de avaliação e o modelo estocástico. Para ter-se a aplicação prática, realizou-se o estudo de caso com dados reais de um projeto em andamento em uma indústria de ferramentas motorizadas. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica buscando as principais formas de análise de investimentos utilizadas pelas empresas, aliadas com alguns conceitos de gerenciamento de projetos. Utilizou-se o referencial bibliográfico também para conhecer o conceito da utilização de variáveis estocásticas aplicadas a análise de investimentos através da adoção de um modelo probabilístico, considerando risco e incerteza.

Em uma segunda etapa levantaram-se os dados do projeto, objeto do estudo de caso, e aplicaram-se os cálculos apontados na revisão bibliográfica. Por fim, efetuou-se uma análise dos dados para compreender a diferença entre realizar uma análise de investimentos utilizando-se apenas variáveis determinísticas e quando se introduz o conceito de variáveis estocásticas. O estudo apontou uma diferença significativa entre os métodos de análise da viabilidade e demonstrou que a utilização da Simulação de Monte Carlo pode contribuir de forma expressiva para a tomada de decisão de gestores.

A análise determinística não considerou o risco futuro e o mercado no qual a indústria está inserida, o que reduziu a confiabilidade das projeções frente à possibilidade do acerto apontada pelo modelo probabilístico. Todavia, ainda assim foram utilizadas algumas informações de entrada com certa subjetividade, o que reduz o nível de precisão das informações de saída.

Como sugestão de aprimoramento para pesquisas futuras, recomenda-se um aprofundamento no estudo sobre distribuição de probabilidades, informações estas fundamentais para os dados de entrada na Simulação de Monte Carlo.

REFERÊNCIAS

- CORRAR, Luiz J. Modelo econômico da empresa em condições de incerteza. Aplicação do método de simulação de Monte Carlo. **Perspectiva Econômica**, São Leopoldo, v. 27, n. 77 , p. 41-54, 1992.
- CORREIA NETO, Jocildo Figueiredo. **Elaboração e avaliação de projetos de investimento**: considerando o risco. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. xvi, 266 p.
- FIRJAN. **Custo da Energia Elétrica para a Indústria**. Disponível em <<http://www.quantocustaenergia.com.br>> Acesso em: 05 mai. 2015.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. xiv, 184 p.
- GOMES, José Maria. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos**: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros. São Paulo: Atlas, 2013.
- HARZER, J. H.; SOUZA, A.; DUCLÓS, L. C.; Método de Monte Carlo aplicado à análise de projeto: estudo de investimento em um empreendimento hoteleiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 13., 2013. Alfândega do Porto. Anais eletrônicos... Disponível em:<<http://www.otoc.pt/news/PENCUSTOS/trabalhoscc.html> > Acesso em: 10 abr. 2015.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (guia PMBOK)**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, c2013. xxi, 489 p.
- ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 308 p.
- SAMANEZ, Carlos Patrício. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Pearson, c2007. xiii, 382 p.
- SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 6. ed São Paulo: Atlas, 2008. 186 p.
- TRENTIM, Mario. **ENGANADOS PELA VIABILIDADE**. Disponível em <<http://blog.mundopm.com.br/2011/12/08/enganados-pela-viabilidade>> Acesso em: 17 mar. 2015.
- WICKBOLDT, Leandro; FORNECK, Romeu. **Análise de viabilidade econômico-financeira de projetos**. São Paulo: UNISINOS, 2013. 64 p.

ANEXO A – BARRA DE COMANDOS DO CRYSTAL BALL®

Fluxograma R05 - crystal ball - Microsoft Excel

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos | Crystal Ball

Definir Pressuposto | Definir Decisão | Definir Previsão | Definir Correlações | Definir | Copiar | Colar | Limpar | Selecionar | Congelar | Pref. Célula | Iniciar | Interromper | Redefinir | Etapa | Preferências | Avaliações: 100000 | Salvar/Rest | Executar

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Fluxo de Caixa	(3.060.832)	1.477.177	1.477.177	1.477.177	1.477.177
Valor Acumulado	(3.060.832)	(1.583.655)	(106.478)	1.370.699	2.848.376
Valor Presente	(3.060.832)	1.230.981	1.025.817	854.848	699.814
Valor Acum. Desc.	(3.060.832)	(1.829.851)	(804.034)	50.814	1.477.177

Custo de Capital 20%

VPL **R\$ 3.132.192,01** | PB.Simples = 2,07 anos
 TIR 47,25% | PB. Descontado = 2,94 anos
 MTIR 28,76% | IBC 2,0233
 VPLa R\$ 747.099 | ROIA 7,30%

Pasta1 - Microsoft Excel

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos | Crystal Ball

Definir Pressuposto | Definir Decisão | Definir Previsão | Definir Correlações | Definir | Copiar | Colar | Limpar | Selecionar | Congelar | Pref. Célula | Iniciar | Interromper | Redefinir | Etapa | Preferências | Avaliações: 100000 | Salvar/Rest | Executar