UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEANDRO AUGUSTO COLOMBO

AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS UTILIZANDO OPÇÕES REAIS EM UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

BENTO GONÇALVES

2019

LEANDRO AUGUSTO COLOMBO

AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS UTILIZANDO OPÇÕES REAIS EM UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção na Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Roque Alberto Zin

BENTO GONÇALVES

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

C718a Colombo, Leandro Augusto
Avaliação de investimentos utilizando opções reais em uma indústria de transformação / Leandro Augusto Colombo. – 2019.
125 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.
Orientação: Roque Alberto Zin.

1. Engenharia de produção. 2. Investimentos - Análise. 3. Investimentos - Projetos. 4. Processo decisório. I. Zin, Roque Alberto, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 658.5

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

LEANDRO AUGUSTO COLOMBO

AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS UTILIZANDO OPÇÕES REAIS EM UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção na Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em 17/12/2019

Banca Examinadora:

_____
Prof. Dr. Gabriel Vidor
Universidade de Caxias do Sul

_____
Prof. Dr. Guilherme Bergmann Borges Vieira
Universidade de Caxias do Sul

_____
Prof. Dr. João Batista Nast de Lima
Universidade Feevale

Dedico este trabalho à minha filha Cecília, amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, pela gratidão da vida que me proporcionou, a fim de que acontecimentos especiais como este pudessem ser vividos de forma intensa e marcante.

À família pelo incentivo, acompanhamento e compreensão nos momentos ausentes, em especial à minha esposa Denise e à minha filha Cecília.

Ao meu orientador, Professor Doutor Roque Alberto Zin, pela condução, empenho, suporte no processo de aprendizado e pela dedicação em transmitir os ensinamentos para que esse trabalho pudesse ser desenvolvido no mais alto padrão de aprendizagem.

Também agradeço aos professores avaliadores deste trabalho, pelas significativas contribuições a fim de aprimorar o método proposto.

Aos profissionais da empresa em que esse trabalho foi aplicado, pela colaboração e dedicação no auxílio das informações para o desenvolvimento do mesmo.

E por fim, aos colegas e professores do PPGEP, pelas trocas de experiências e convívio durante o tempo decorrido no programa de Mestrado.

"A felicidade não se resume na ausência de problemas, mas sim na sua capacidade de lidar com eles."

Albert Einstein

RESUMO

Opções reais é um método de avaliação de ativos que reconhece a interação entre os fatores de irreversibilidade, incerteza e *timing*, que por sua vez, caracterizam a natureza dos investimentos em uma decisão na administração de um negócio ou parte de um projeto. Partindo dessa premissa, os métodos tradicionais de investimentos como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), que têm como base previsão de fluxos de caixa estáticos, podem divergir em relação ao que foi esperado, pois as variáveis independentes, que influenciam no resultado econômico do projeto, podem mudar de forma significativa ao longo de sua vida útil. Diante desse fato, as opções reais vêm ao encontro a minimizar esses efeitos da variabilidade, e com isso permitir aos gestores do projeto que exerçam suas decisões ao longo do desenvolvimento do mesmo, maximizando o valor por ele produzido. Esse valor pode ser considerado a flexibilidade do projeto, que é uma função da volatilidade dos fluxos de caixa gerados pelo projeto e expressa através de indicadores de movimentos ascendentes e descendentes. O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a aplicação da teoria das opções reais em um ambiente industrial, diferentemente da aplicação original inserida no mercado financeiro. Para tanto, fez-se necessária a revisão bibliográfica do tema, mostrando os principais conceitos e suas vantagens e desvantagens na aplicação do método e verificar como a teoria pode ser mais adequada para aplicação. Após, foi considerada a aplicação em um projeto real de investimento, em que foi possível comparar o valor proposto do projeto entre os métodos tradicionais e o método de opções reais. Logo, foi verificado que o valor do projeto sofre variação ao longo do prazo de vencimento da opção, sendo que pelo VPL esse valor se mantém constante.

Palavras-Chave: Opções Reais; Análise de Investimentos; Indústria de Transformação.

ABSTRACT

Real options is a way of evaluating assets that considers the interaction between factors such as irreversibility, uncertainty and timing, which characterizes the nature of investments in an administrative decision of a business or as part of a project. Considering this, the traditional investment methods like Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), which predicts static cash flow, might divert when compared to what was expected once the independent circumstances, that influences the economical results of the project, can change significantly during its lifetime. Therefore, the real options are capable of minimizing the effects of variability and allows managers to make decisions around their projects over its development, maximizing what is produced. This value can be seen as the flexibility of the project, which is the function of the cash flow volatility achieved by the project and presented through indicators of ascending and descending movements. The objective of this paper is to evaluate the application of the real option theory in an industrial environment, different from the original application in the financial market. Thus, it was necessary to review the literature on the topic showing the main concepts and their advantages and disadvantages of applying the method, and verifying how the theory could be more suitable for application. Afterwards, it was considered the application in a real investment project, in which it was possible to compare the proposed value of the project with traditional methods and the real options method. Shortly, it was verified that the value of the project varies over the option's maturity, and at NPV this value remains constant.

Keywords: Real Options; Investment Analysis; Processing Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indústrias de transformação no Brasil *versus* participação no PIB 18
Figura 2 – Quantidade de publicações por ano nas bases *Scopus* e *Web of Science* 21
Figura 3 – Publicações por País nas bases *Scopus* e *Web of Science* 21
Figura 4 – Quantidade de publicações por ano 22
Figura 5 – Artigos publicados por país 23
Figura 6 – Fluxo para tomada de decisão entre opções reais e métodos tradicionais 30
Figura 7 – Fluxo de caixa de um projeto 33
Figura 8 – Representação gráfica do VPL *versus* TMA 36
Figura 9 – Opção europeia de compra na data de vencimento *versus* valor do ativo-objeto ... 47
Figura 10 – Opção europeia de venda na data de vencimento *versus* valor do ativo-objeto 47
Figura 11 – Modelo binomial de três passos para determinar o preço de um ativo-objeto 50
Figura 12 – Fluxo do método de trabalho 66
Figura 13 – VPL do projeto a partir de variáveis estocásticas 84
Figura 14 – Distribuição *z* da volatilidade para o projeto 85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicações práticas em opções reais 28
Quadro 2 – Definições e características das opções reais 54
Quadro 3 – Taxonomia das opções reais 55
Quadro 4 – Analogia entre opção real e financeira 59
Quadro 5 – Método da pesquisa ação 63
Quadro 6 – Passos do processo de avaliação em opções reais 67
Quadro 7 – Componentes da pesquisa-ação e suas qualificações 69
Quadro 8 – Decisão para prosseguimento ou abandono do projeto 91
Quadro 9 – Árvore binomial de probabilidades para 4 períodos 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Publicações por tipo de indústria 24
Tabela 2 – Uso de opções reais por segmento industrial 26
Tabela 3 – Projeção de fluxo de caixa 34
Tabela 4 – VPL em função da TMA 36
Tabela 5 – Valores de fluxo de caixa, e valor presente líquido 38
Tabela 6 – Investimentos necessários para execução do projeto 75
Tabela 7 – Eficiência mensal da empresa “A” 77
Tabela 8 – Composição da receita gerada com o projeto 78
Tabela 9 – Composição do custos gerados com o projeto 78
Tabela 10 – Crescimento e inflação projetada para o projeto 79
Tabela 11 – Determinação da TMA para o projeto 80
Tabela 12 – Cálculo da taxa livre de risco 80
Tabela 13 – Fluxo de caixa tradicional do projeto em análise 82
Tabela 14 – Variáveis estocásticas consideradas no projeto 83
Tabela 15 – Parâmetros para o cálculo das opções 87
Tabela 16 – Árvore de eventos para o VP do projeto sem flexibilidade 88
Tabela 17 – Árvore binomial de eventos do VP em $t = 2$ 89
Tabela 18 – Árvore de avaliação da opção de investimento em $t = 2$ 89
Tabela 19 – Árvore binomial de eventos do VP em $t = 4$ 90
Tabela 20 – Árvore de avaliação da opção de investimento em $t = 4$ 90
Tabela 21 – VPL expandido da árvore de eventos 91
Tabela 22 – Probabilidade de ocorrência em cada nó da árvore 92
Tabela 23 – Valores comparativos entre os dois métodos 93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a.	Ao Ano
ADVB	Associação dos Dirigentes de Marketing e Vendas do Brasil
a.t.	Ao Trimestre
CAPM	*Capital Asset Pricing Model /* Modelo de Precificação de Ativos de Capital
CMPC	Custo Médio Ponderado de Capital
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
CSLL	Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido
ERP	*Enterprise Resource Planning /* Planejamento dos Recursos Empresariais
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fluxo de Caixa
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
IBGE	Instituto Brasileiro de Gerografia e Estatísitica
IBOVESPA	Índice da Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
IL	Índice de Lucratividade
IR	Imposto de Renda
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
LL	Lucro Líquido
MES	*Manufacturing Execution Systems /* Sistema de Execução da Produção
MESA	*Manufacturing Execution Systems Association /* Associação dos Sistemas de Execução da Produção
MIT	*Massachusetts Institute of Technology /* Instituto de Tecnologia de Massachusetts
MRP	*Materials Requirements Planning /* Planejamento das Necessidades de Materiais
OR	Opções Reais
OEE	*Overall Equipment Effectiveness /* Eficiência Geral de Equipamento
PDM	*Project Decision Makers /* Tomadora de Decisão do Projeto
PDP	Planejamento e Desenvolvimento do Produto
PIB	Produto Interno Bruto
p.p.	Ponto Percentual
PPP	Parceria Público Privada
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TI	Tecnologia da Informação
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIRM	Taxa Interna de Retorno Descontada
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOR	Teoria das Opções Reais
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	*Weighted Average Cost of Capital /*Custo Médio Ponderado de Capital

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 18
1.2 JUSTIFICATIVA 20
1.2.1 Justificativa Teórica 20
1.2.2 Justificativa Prática 27
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA 30
1.4 OBJETIVOS 31
1.4.1 Objetivo Geral 31
1.4.2 Objetivos Específicos 31

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 32
2.1 MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS 32
2.1.1 Fluxo de Caixa Descontado (FCD) 32
2.1.2 Valor Presente Líquido (VPL) 33
2.1.3 Índice de Lucratividade (IL) 35
2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR) 35
2.1.5 Tempo de Retorno do Investimento - *Payback* 37
2.1.6 Custo do Capital da Empresa 39
2.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO COM INCERTEZA 40
2.2.1 Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM) 40
2.2.2 Taxa Livre de Risco 41
2.2.3 Análise por Árvore de Decisão 42
2.2.4 Simulação de Monte Carlo 43
2.3 OPÇÕES FINANCEIRAS 45
2.3.1 Conceitos e Características 45
2.3.2 Estratégia Com Opções 46
2.3.3 Métodos de Precificação 48
2.4 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS 51
2.4.1 Breve Evolução Histórica 51
2.4.2 Conceitos e Características 53
2.4.3 Tipos de Opções 55

2.4.4 Ambientes Para Aplicação e Benefícios 57
2.4.5 Limitações Entre Opções Reais 59
2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2 61

3 MÉTODO 62
3.1 MÉTODO DE PESQUISA 62
3.2 MÉTODO DE TRABALHO 65
3.3 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE 68
3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 3 70

4 RESULTADOS 71
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL 71
4.2 O PROJETO ANALISADO 73
4.2.1 Abrangência do Projeto 74
4.2.2 Cronograma de Execução 74
4.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA 74
4.3.1 Investimentos 75
4.3.2 Projeção de Receitas 75
4.3.3 Projeção de Custos de Despesas 78
4.3.4 Inflação e Taxa de Crescimento Projetada 79
4.3.5 Determinação da Taxa Mínima de Atratividade 79
4.3.6 Taxa Livre de Risco 80
4.4 CÁLCULO DA VIABILIDADE DO PROJETO 81
4.4.1 Avaliação Tradicional do Investimento 81
4.4.2 Modelagem de Incertezas 82
4.4.3 Abordagem Utilizando Opções Reais 86
4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS 93
4.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 4 95

5 CONCLUSÕES 96
5.1 OBJETIVOS ATINGIDOS 96
5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS 98
5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO 99

5.4 TRABALHOS FUTUROS 100

REFERÊNCIAS 102

APÊNDICE A – CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS PESQUISADOS 109
APÊNDICE B – ASSUNTOS DOS ARTIGOS PESQUISADOS 111
APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA 114
APÊNDICE D – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO MES 116

ANEXO A – SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO GERADA NO *CRYSTAL BALL*® .. 118

1 INTRODUÇÃO

Nos dias contemporâneos, é muito comum organizações sendo tangenciadas pelas incertezas e desafios que o mercado impõe para alcançar e manter a competitividade necessária em seu ambiente de negócios. Essas incertezas podem ser variáveis dependendo de cada segmento de mercado. Na indústria de transformação isso não é diferente, pois existem variáveis sem controle que sofrem interações entre si, mesmo nessas condições, exige-se alta performance nos negócios sob a pena de os mesmos deixarem de existir em um pequeno espaço de tempo. Diante destes fatores, algumas estratégicas são aplicadas sem ao menos verificar de forma analítica os impactos que esses ocasionam no resultado da operação.

Nesse contexto, é necessário gerenciar a empresa levando em conta a flexibilidade gerencial além de rever constantemente as estratégias e planos antes mapeados, a fim de direcionar os mesmos, alinhando com o objetivo estratégico do negócio. Portanto, a adaptação rápida e a antecipação das mudanças dentro do ambiente empresarial faz com que a organização tenha uma vantagem competitiva para obter sobrevida a um prazo maior. Sendo assim, a tomada de decisão no tempo presente influenciará o futuro desempenho da organização. No entanto, algumas ferramentas tradicionais de análise de investimentos nem sempre canalizam a melhor solução estratégica, sendo que os executivos estão sujeitos a tomar decisões não corretas baseando-se tanto em análise quantitativas quanto na sua intuição, muitas vezes divergentes ou sem sincronismo com o nível de competição que o mercado exige perante seus competidores.

As oportunidades de investimento abordadas como opções, contam com mais de uma década de pesquisa de vários estudiosos em economia e administração, sendo um tópico presente em artigos dos vários periódicos acadêmicos. Nesse contexto, muitos autores têm indicado que o método tradicional do valor presente líquido (VPL), que é instruído aos estudantes de várias escolas de negócio e economia, pode fornecer consequências muito equivocadas. (DIXIT; PINDYCK, 1994)

Muitas críticas têm surgido contra o uso dessas técnicas tradicionais de orçamento de capital pelo seu uso estático, a preocupação somente com o retorno financeiro, considerando somente fatores tangíveis e não levando em conta fatores intangíveis ou fatores não mensuráveis como, futura vantagem competitiva, futuras oportunidades e flexibilidade gerencial. (SANTOS, 2001)

Trigeorgis (1996) explica que a flexibilidade gerencial torna possível tanto capitalizar futuras oportunidades que são favoráveis ao negócio, quanto diminuir perdas, expandindo o

valor de oportunidade de um investimento. Ao ignorar a flexibilidade de se rever estratégias iniciais, o método do VPL muitas vezes subavalia a análise de investimento. A flexibilidade gerencial consiste em um conjunto de opções reais tais como: postergar, expandir, contrair ou abandonar um projeto.

Para Santos (2001), flexibilidade gerencial é a capacidade que a administração tem de mudar os planos de acordo com desdobramentos de eventos futuros. É necessário observar também que as técnicas convencionais de fluxo de caixa descontado (FCD) apresentam limitações quando se defrontam com as incertezas de variáveis consideradas no projeto e também com a própria flexibilidade gerencial.

Portanto, o método das opções reais converge para minimizar essa lacuna existente entre o resultado estático e o resultado envolvendo a variabilidade do processo por meio de suas variáveis. E vem ganhando a atenção de pesquisadores em todo mundo, uma vez que a teoria é capaz de captar a flexibilidade gerencial na tomada de decisão de investimento. (DIXIT; PINDYCK, 1994)

Para Macklan, Knox e Ryals (2005), uma opção seria o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender um ativo subjacente, tradicionalmente um ativo financeiro, em algum momento futuro. Conforme ainda menciona Myers (1987), a teoria das opções reais (TOR) é a melhor abordagem para se avaliar projetos, visto que contempla opções operacionais e estratégicas além de permitir integrar estratégia e finanças dentro de um mesmo espectro.

Com isso, as opções reais mostram-se como uma ferramenta capacitada para superar insuficiências recorrentes das análises financeiras tradicionais. A partir de sua habilidade em descrever o valor característico, há flexibilidade de postergar um investimento para o futuro. (KUMBAROGLU; MADLENER; DEMIREL, 2008)

O trabalho de Costa e Samanez (2014) demonstra que, no Brasil, essa teoria vem sendo disseminada em diferentes setores, principalmente naqueles que apresentam elevada volatilidade. No Brasil são poucos artigos que abordam essa teoria, muito embora seu foco de trabalho esteja em nível de mestrado e doutorado.

Com isso, o trabalho pretende mostrar uma avaliação de investimentos, abordando a teoria das opções reais e comparando o resultado com os métodos tradicionais de investimento. Para esse fim, o projeto analisado será o investimento de um software de controle de produção em uma indústria moveleira da região da serra gaúcha.

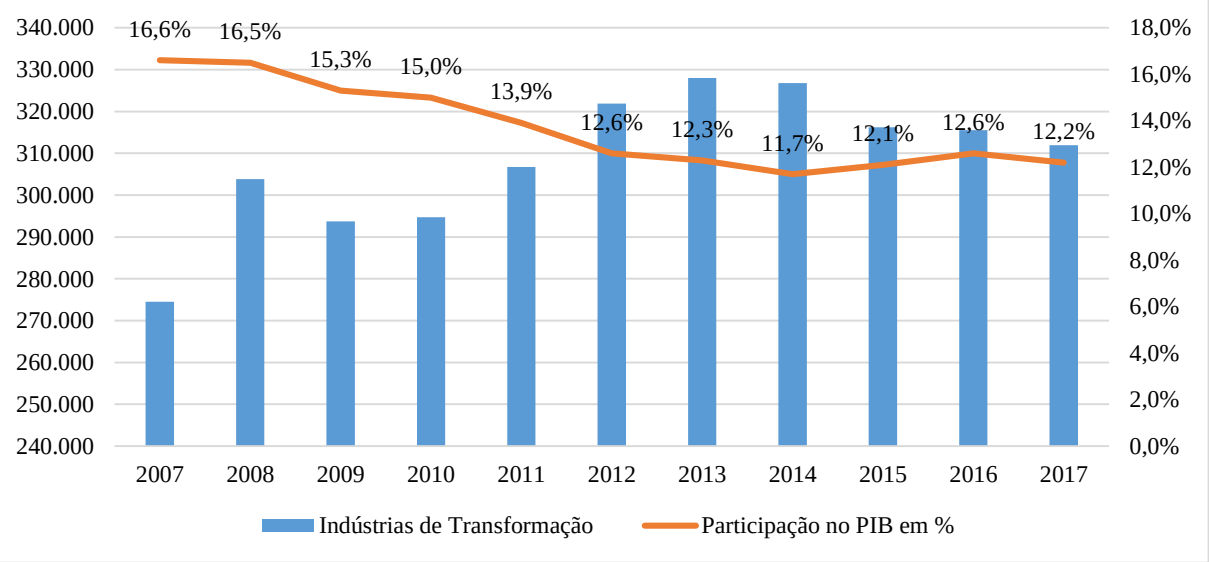
O trabalho inicia no Capítulo 1 com a contextualização e justificativa do tema, passando pela questão de pesquisa a fim de obter os objetivos o trabalho. No Capítulo 2 será

abordado a revisão bibliográfica, mencionando os principais conceitos sobre o tema. O método de pesquisa e de trabalho, será tratado na Capítulo 3. No Capítulo 4, se dará a aplicação prática do assunto em uma indústria moveleira da região. E por fim, se farão as conclusões do trabalho de pesquisa, bem como suas considerações para futuros trabalhos e limitações do tema.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria de transformação no Brasil tem um papel importante na economia, visto que nos anos 80 já teve participação de 21% no Produto Interno Bruto (PIB), segundo dados do Instituto Braseiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mas na última década, essa participação tem caído muito, chegando próximo a 12,2% do PIB no ano de 2017, segundo dados do IBGE. Por outro lado, o crescimento em quantidade de indústrias na última década ficou em torno de 13,6%. Na Figura 1 é possível verificar o comparativo entre a evolução de indústrias de transformação e a participação no PIB que estas apresentaram no período entre 2007 a 2017.

Figura 1 – Indústrias de transformação no Brasil *versus* participação no PIB



Fonte: IBGE (2019).

Observa-se que houve um crescimento da indústria em números absolutos, mas que a participação no PIB não tem evoluído. Conforme se observa nos dados, de 2007 até 2011, a participação no PIB pela indústria já apresentava níveis de queda, mas ainda estava com nível de participação mais elevada em relação aos períodos posteriores a 2012, apesar de um número menor de indústrias. De 2012 para cá essa lógica se inverteu, sendo que esses dados podem mostrar que a competitividade da indústria está um pouco menor em relação aos outros setores

da economia, devido à queda na participação do PIB pela indústria de transformação. A justificativa que pode explicar esse decréscimo de competitividade pode estar enraizada em vários fatores, desde mudanças macroeconômicas e políticas até por variáveis microeconômicas, sendo que o controle por parte das empresas torna-se limitado por essas variáveis, além de tomada de decisão gerencial equivocada ou não compatível com a realidade do mercado em que a empresa se situa no atual momento.

A produção de móveis faz parte do grupo de setores tradicionais da indústria de transformação, caracterizada pela presença predominante de micro e pequenos estabelecimentos, localizados de forma dispersa. O setor reúne características como: elevada utilização de insumos de origem natural, emprego relativamente intensivo de mão de obra, reduzido dinamismo tecnológico e alto grau de informalidade. A inovação tecnológica é concentrada nos fornecedores de insumos e bens de capital. Existem baixas barreiras à entrada, em virtude do investimento não muito elevado em ativos físicos para se iniciar na atividade. (GALINARI; TEIXEIRA JR.; MORGADO, 2013)

Apesar de sua localização disseminada, observa-se com alguma frequência a formação de configuração aglomerada que, em muitos casos, também é fruto de um desenvolvimento histórico particular. A segmentação do setor é usualmente determinada pela finalidade e pelo material predominante na peça. A finalidade prevê três modalidades: residencial, de escritório e institucional (mobiliário escolar, hospitalar e de lazer). Os materiais utilizados na confecção são usualmente a madeira maciça, as chapas e painéis de madeira, o metal como aço, ferro, alumínio, dentre outros, o plástico e as fibras naturais como vime, junco e cana-da-índia. (SPEROTTO, 2018).

Conforme citam Galinari, Teixeira Jr. e Morgado (2013), o setor moveleiro é predominantemente heterogêneo quanto ao uso de tecnologias, pois alguns tipos de produtos admitem processos de fabricação com elevada automação, como os móveis retilíneos majoritariamente elaborados com painéis de madeira reconstituída. Já outros demandam grande quantidade de trabalhos manuais, como os móveis artesanais de madeira maciça. Pelo critério de processo de fabricação, quanto ao uso de tecnologias em ordem decrescente, as empresas podem ser agrupadas nas seguintes categorias: seriados, modulados, planejados e sob desenho.

Especificamente no setor moveleiro, não foram encontrados trabalhos referentes às técnicas de análise de investimentos usadas pelas empresas. Entretanto, para as organizações em geral, é possível observar, conforme artigo de Frezatti et al. (2012), em uma pesquisa feita com 82 estabelecimentos dos mais diversos segmentos, que 54% dos respondentes

consideraram o VPL como o método mais importante para avaliação de investimentos, seguido por 38% que elencaram a Taxa Interna de Retorno (TIR) e 21% que consideraram o *payback*, sendo essas técnicas usadas na grande maioria apenas em projetos estratégicos. A técnica de opções reais apareceu como um mecanismo auxiliar na análise de investimentos, visto que em uma escala de importância de 5 pontos, constatou-se uma média de 3,3 pontos, ficando atrás do mecanismo de simulação que obteve uma média de 4 pontos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O investimento, conforme a teoria econômica, tem sua importância dentro do ambiente empresarial e governamental, pois sob o prisma macroeconômico, contribui para o crescimento da economia a longo prazo. Na ótica da microeconomia não é menos relevante, pois decisões precipitadas de investimento podem ter interferência na competitividade da firma, conforme a teoria da organização industrial. (MEIRELLES, 2004)

Nesta seção será abordada a justificativa teórica, cujo objetivo é mostrar as publicações referentes ao tema dentro do campo científico. E também serão demonstradas aplicações que contribuíram para a justificativa prática do trabalho.

1.2.1 Justificativa Teórica

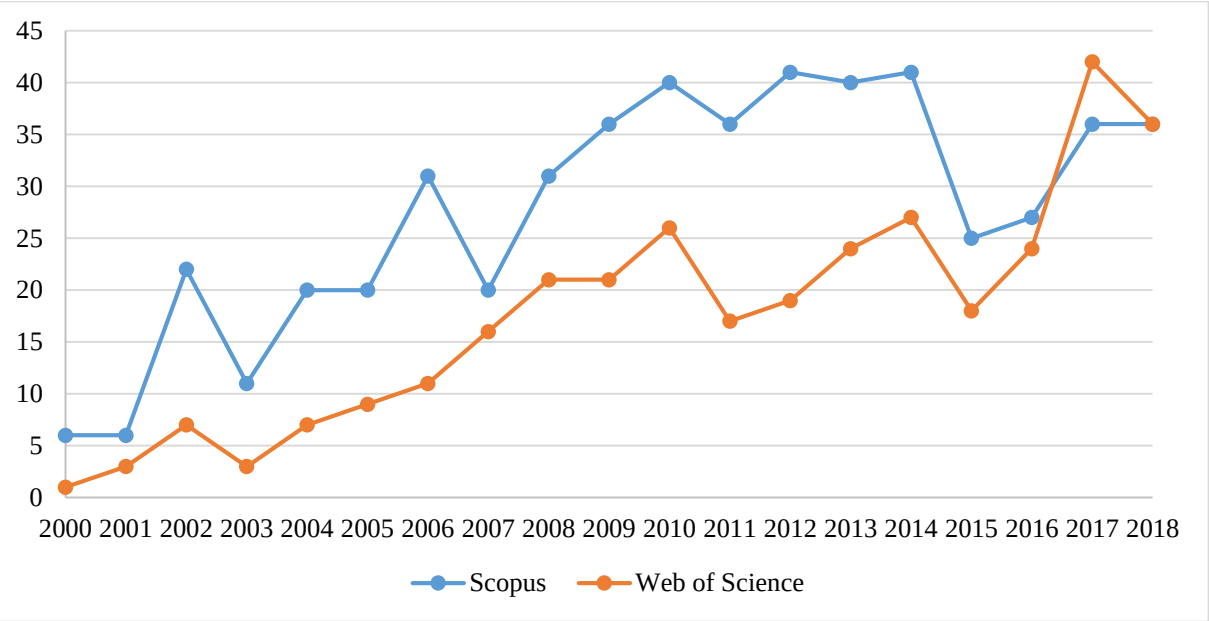
A justificativa do trabalho sob o prisma teórico, refere-se às publicações nas bases de dados e com relevância ao tema em discussão nas mais diversas contribuições científicas. Muitos artigos publicados referentes ao tema, abordam a questão da flexibilidade gerencial como fator decisivo na aplicação da teoria das opções reais, outros fazem o comparativo entre a análise de investimento por opções reais e o uso dos métodos tradicionais.

Para esta pesquisa de forma geral, foram escolhidas as bases de dados da *Web of Science e Scopus*. Inicialmente buscaram-se artigos no idioma inglês, entre os anos de 2000 a 2018 com a expressão *"real options"*, de modo a conter em um dos seguintes campos: título, palavras-chaves ou resumo. Com isso a pesquisa retornou com 2.532 na base *Web of Science* e 3.206 na base *Scopus*.

Para investigar o assunto de pesquisa dentro da esfera industrial, foi acrescentada a expressão *"industry"*. Com isso foram gerados 332 artigos na base *Web of Science* e 525 na

base *Scopus*. Para tanto, se compilou a quantidade de artigos publicados ao longo do tempo, conforme Figura 2.

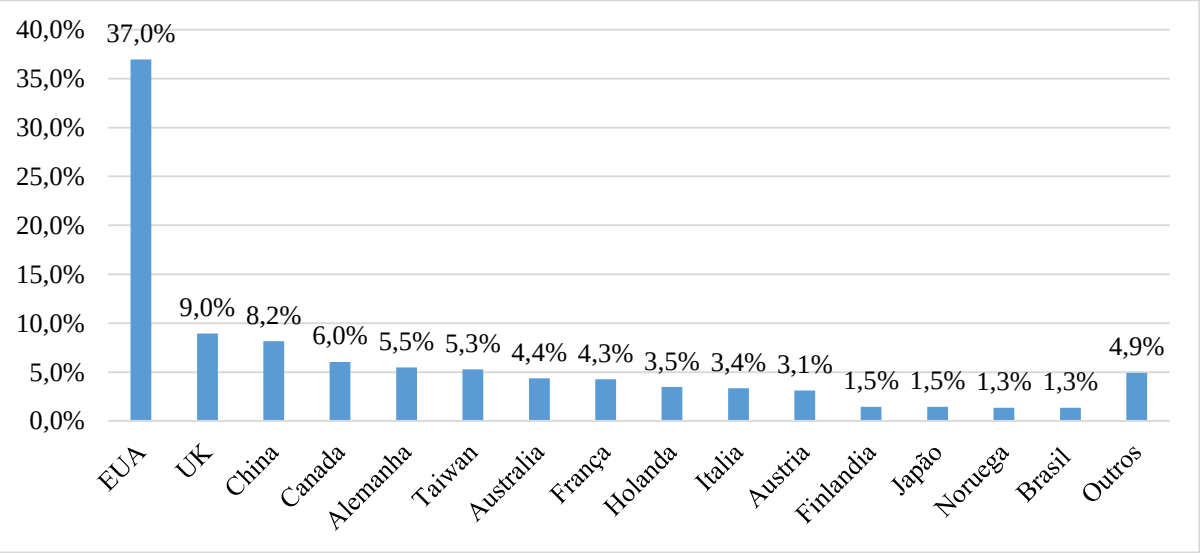
Figura 2 – Quantidade de publicações por ano nas bases *Scopus* e *Web of Science*



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Observa-se uma evolução nas publicações sobre o tema ao longo do tempo. Isso demonstra que a análise de investimentos por esse método na esfera industrial está se difundindo no meio científico. Ainda para complementar, foram elencados os artigos publicados por País entre as duas bases. O resultado é demonstrado conforme a Figura 3.

Figura 3 – Publicações por País nas bases *Scopus* e *Web of Science*



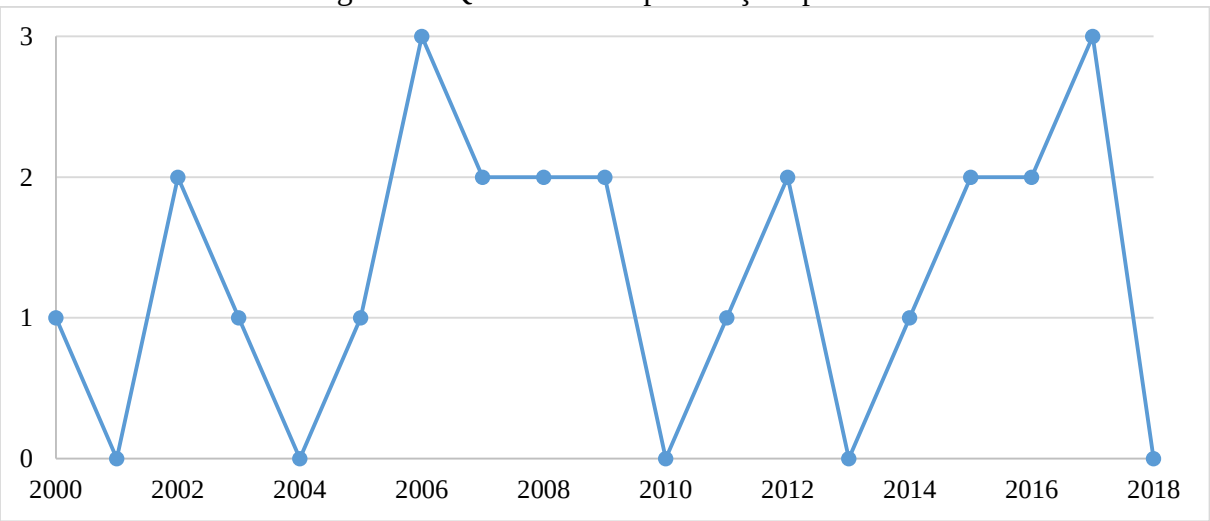
Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

É possível verificar que a maior parte dos artigos publicados se encontra nos Estados Unidos (EUA), seguido pelo Reino Unido e China. Uma das verificações desse feito é que nos EUA estão os principais pensadores sobre o tema, sendo também onde se originaram as aplicações dentro do campo das finanças, inicialmente em 1973 com o trabalho de Black e Scholes.

Nota-se portanto que o tema de opções reais, mencionado na esfera industrial, é pouco desenvolvido, sendo que da pesquisa realizada, apenas 13,1% ou 332 artigos reportavam ao tema na base *Web of Science* e 16,4% ou 525 artigos na base *Scopus*. Portanto, este trabalho tende a contribuir de forma científica nesse importante setor da economia, já que as produções realizadas sob a ótica financeira são publicadas em maior volume desde 1973, visto que as opções nasceram sob essa necessidade de aplicação.

Para ilustrar de forma mais aprofundada, foi realizada uma pesquisa na plataforma de buscas da Capes e na base de dados *Web of Science*, a fim de verificar as publicações de artigos referentes ao tema sobre opções reais especificamente dentro do âmbito industrial. Sendo assim, para selecionar os artigos com esse propósito, as expressões de busca foram: "*real options*" A*ND* "*industry*" de modo a conter somente no título e, no período entre 2000 a 2018. Com isso foram gerados 31 artigos, sendo deixados somente os de publicações em inglês e eliminados os repetidos entre as duas buscas, se obteve 25 artigos. Para tanto, compilou-se a quantidade de artigos publicados ao longo do tempo, conforme segue na Figura 4.

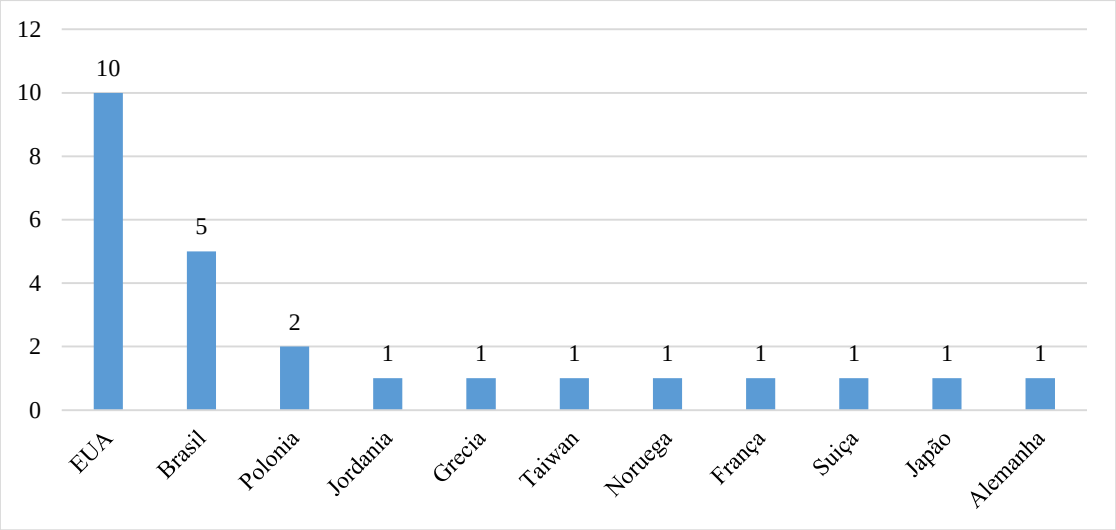
Figura 4 – Quantidade de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelo Autor. (2019).

Nota-se que as publicações referentes a esses parâmetros de busca são mais restritas, mas com foco maior de aplicação na indústria. É possível perceber que o ritmo de publicações está mais estável em relação à pesquisa anterior, pois na Figura 2 percebe-se um crescimento das publicações ao longo do tempo. Em adição à análise, foram estratificados os dados, classificando os Países com maior número de publicações, conforme exposto na Figura 5.

Figura 5 – Artigos publicados por país



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Observa-se que a maior parte dos artigos publicados se encontra nos EUA, pelos motivos já apresentados anteriormente, seguido pelo Brasil e Polônia.

Para um melhor esclarecimento dos assuntos e meios de aplicação, a análise buscou compilar todos os 25 artigos dessa última pesquisa, elencando o título, autor, *journal*, ano e local de publicação. Com isso tem-se os dados relacionados no Apêndice A.

É possível constatar que os artigos em sua maioria conduzem o assunto a aplicações práticas em diferentes tipos de indústrias, conforme pode ser observado na Tabela 1. Também é possível verificar que o assunto tem aplicabilidade nos mais diferentes setores da economia e agregam valor às organizações.

Tabela 1 – Publicações por tipo de indústria

Tipo de Indústria	Publicações
Comunicação e Mídia	3
Energia	3
Geral	3
Tecnologia	3
Petróleo e Gás	2
Metalúrgica	2
Farmacêutica	2
Finanças e Seguros	1
Aeroespacial	1
Construção	1
Alimentação e Bebidas	1
Serviços	1
Biotecnologia	1
Transportes	1
TOTAL	**25**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Em continuação à análise, foram elencados os principais assuntos de cada artigo, extraindo essas observações do resumo inicial e verificando pontos de maior interesse em seu conteúdo. Procurou-se observar quais métodos foram utilizados, para descrever os principais assuntos abordados por cada artigo dentro do espectro de leitura observado. Para tanto, o Apêndice B mostra as características pertinentes a cada artigo relacionado com seus respectivos autores.

Para ilustrar alguns artigos pesquisados, é possível citar o artigo de Kosowski e Stopa (2012), no qual os autores mostram a determinação do valor da opção tanto pelo método de Black-Scholes quanto pelo modelo de árvore binomial. Em uma indústria de óleo e gás, o método Black-Scholes se torna bastante restritivo, pois o mesmo é baseado nas seguintes diretrizes: trata apenas de opções europeias e, no caso de investimentos em petróleo, a maioria das opções são americanas; leva em conta uma fonte de incerteza, enquanto que projetos em opções reais assumem que o preço do exercício da opção é conhecido e não se altera; não leva em conta perda alguma, fazendo com que se eliminem os preços de tais opções como, expandir, alterar escala, etc. Já o modelo de árvore binomial é mais aceito, pois é possível em cada etapa do projeto tomar uma decisão entre continuar ou desistir, sendo que essa última alternativa se configura como uma opção americana, visto que a decisão pode ser tomada em algum momento antes da finalização do projeto. Sendo assim é possível identificar o valor da opção em continuar

o projeto e o valor da opção de abandono. Para maior esclarecimento dos conceitos aqui expostos ao leitor, os mesmos serão detalhados no Capítulo 2.

Ozorio et al. (2012) mostram que a aplicação do método de opções depende do tipo de ativo a ser avaliado. Para derivativos financeiros, o movimento geométrico browniano é capaz de descrever em formas gerais o comportamento de ativos subjacentes como ações e índices de ações. Entretanto, para avaliação de *commodites* ou ativos associados a estas, é comum o uso do modelo de reversão à média, pois no curto prazo podem variar aleatoriamente, mas no longo prazo a situação de equilíbrio tende a permanecer. Portanto, o artigo mostra um modelo denominado reversão à média com tendência, no qual é agregada uma tendência determinística ao grau de equilíbrio de longo prazo com a finalidade de capturar um acréscimo no custo marginal de produção do aço. Também são avaliadas as implicações no parecer com opções reais em projetos na indústria siderúrgica, comparando os mesmos com resultados obtidos em processos estocásticos tradicionais.

Já o trabalho publicado por Wörsdörfer, Lier e Crasselt (2017) mostra que a flexibilidade diante de um projeto de manufatura é originada em três dimensões: escalabilidade, adaptabilidade e mobilidade. Na escalabilidade de produção, a dimensão pode ser variada, adicionando ou removendo módulos ou dimensionando os módulos em tamanhos diferentes de acordo com a demanda. Na ótica da adaptabilidade, é abordado que o processo precisa ser padronizado de acordo com os tamanhos e interfaces do processo. O alto grau de padronização provém de competitividade e reconfigurações maleáveis no processo produtivo. Já na mobilidade, é presumido que o custo de transporte seja minimizado, ou seja, o cliente deve estar o mais próximo do fornecedor para reduzir esforços de deslocamento. Se essa dimensão não for possível num determinado momento, a mesma deve ser trabalhada para que seja uma opção a ser alcançada no futuro.

Ainda para complementar, o estudo de Trigeorgis e Tsekrekos (2018) apresenta um histórico de publicações em opções reais entre 2004 e 2015, onde se observa que o número de artigos relacionados com o tema se mantém estável ao longo do tempo. Esse trabalho aponta que foram publicados em todas as áreas de conhecimento 164 artigos nesse período de tempo, contendo as expressões: “opções reais” e “investimentos sob incerteza”, em algumas das principais revistas de produção e economia.

Ao se observar em âmbito mundial, a Tabela 2 mostra que no artigo de Horn et al. (2015), nas empresas dos países escandinavos, das 384 empresas pesquisadas entre alguns setores da economia, apenas 23 delas usam a técnica de opções reais para analisar seus

investimentos, ou seja, em torno de 6%. Mesmo se tratando de economias bem desenvolvidas é um índice muito baixo em comparação aos métodos tradicionais.

Tabela 2 – Uso de opções reais por segmento industrial

Tipo de Indústria	**Utilizam Opções Reais em %**	**Quantidade de Respondentes**
Finanças e Seguros	5%	41
Comunicação e Mídia	12%	17
Construção	2%	42
Energia	24%	29
Alimentação e Bebidas	3%	38
Cuidados Pessoais	19%	16
Petróleo e Gás	10%	21
Atacado e Varejo	2%	54
Tecnologia	10%	21
Transportes	3%	32
Outras	1%	73
Total	**6%**	**384**

Fonte: Horn et al. (2015).

Alvarez e Dixit (2014) mencionam que a zona do Euro não é mais tolerante com incertezas contínuas ao longo do tempo, sendo que as opções reais podem ser um método para buscar a solução ótima ao serem consideradas incertezas que nos métodos tradicionais de análise de investimentos não são contempladas. E para as economias crescentes dessa região, esse tipo de análise gera valor nas tomadas de decisão.

Por outro lado, o artigo de Graham e Harvey (2001) demonstra uma pesquisa realizada no final dos anos 90, com 392 diretores financeiros de companhias dos mais diferentes setores da economia, localizadas nos EUA e Canadá. A pesquisa tinha por objetivo verificar as práticas de orçamento, custo e estrutura de capital e, por consequência, o uso dos métodos de avaliação de investimentos. Com isso, o resultado da pesquisa mostrou que já naquela época, 26,59% dos diretores apontaram que sempre ou quase sempre usam opções reais como método de avaliação dos investimentos. Ou seja, nos países da América do Norte, o uso proporcional é 5 vezes maior do que na Europa, ainda considerando a diferença cronológica.

Para tanto, as opções reais buscam minimizar essas lacunas existentes na tomada de decisão para os investimentos internos, além de mitigar as variáveis de cunho externo, em que o controle se torna menos tangível, mas fica mais gerenciável quando a empresa conhece

alternativas para se prevenir das mudanças que por ventura venham a ocorrer ao longo do tempo.

1.2.2 Justificativa Prática

Sob o prisma da justificativa prática, o trabalho pretende mostrar como o tratamento do assunto está sendo desenvolvido pelos administradores, visto que na maioria das organizações esse tema é desconhecido e portanto não explorado pelos *stakeholders*, sendo um vetor importante da competitividade não utilizado. Para tanto, se pretende mostrar os principais trabalhos referentes ao tema, cuja aplicações são mais voltadas ao lado experimental.

No entanto, os projetos vistos de forma prática são geralmente mais complexos, pois envolvem uma coleção de várias opções que interagem entre si. A presença de opções subsequentes pode aumentar o valor do ativo para opções anteriores, ao passo que opções anteriores podem alterar o valor do próprio ativo subjacente. (TRIGEORGIS, 2005)

É possível observar trabalhos de mestrado e doutorado com aplicações práticas oriundas de autores nacionais, sendo que existem aplicações em opções reais em diferentes áreas do conhecimento. A partir do artigo de Andalib, Tavakolan e Gatmiri (2018), é possível encontrar algumas publicações reportando a aplicações prática nos mais diferentes segmentos da economia. Desta forma, é possível ilustrar no Quadro 1 algumas dessas publicações tanto nacionais quanto citadas no artigo.

Quadro 1 – Aplicações práticas em opções reais

Área	País	Autor	Ano
Finanças	EUA	Black e Scholes	1973
Parceria Público Privada (PPP)	Canadá	Almassi et al.	2013
	Brasil	Brandão et al.	2012
	Portugal	Cruz e Marques	2013
	Reino Unido	Doan e Menyan	2013
	Coreia do Sul	Jeong et al.	2016
	EUA	Li et al.	2015
Compras e Materiais	Turquia	Polat et al.	2007
	EUA	Said e El-Rayes	2011
Construção Civil	EUA	De Neufville	1991
	Brasil	Yoshimura	2007
Energia Sustentável	Reino Unido	Chang	2013
	EUA	Kashani et al.	2015
	Coreia do Sul	Kim et al.	2012
	EUA	Lee et al.	2014
Tecnologia da Informação	China	Chen et al.	2009
	EUA	Ekström e Björnosson	2005
	EUA	Pendharkar	2014
Desenvolvimento de Produtos	Brasil	Noronha et al.	2014
Recursos Humanos	Índia	Sanyal e Sett	2011
Diversos	Noruega	Horn et al.	2015
Mineração	Canadá	Mayer e Kazakidis	2007
Sistemas Aeroportuários	EUA	Bonnefoy et al.	2010

Fonte: Adaptado de Andalib; Tavakolan e Gatmiri (2018).

A pessoa que toma a decisão sobre opções reais pode ser de áreas diferentes como gestor do projeto (contratante) ou financiador (investidor), ou alguma outra pessoa dentro dessas áreas citadas. Essa pessoa é geralmente chamada de tomadora da decisão do projeto (PDM – *Project Decision Makers*). (ANDALIB; TAVAKOLAN; GATMIRI, 2018)

Para ilustrar o Quadro 1, é possível citar o trabalho de Sanyal e Sett (2011), que aborda um estudo empírico da teoria das opções reais aplicada aos recursos humanos em empresas de Tecnologia da Informação (TI) na Índia. O estudo foi desenvolvido em 108 empresas de software e buscou resolver a lacuna na gestão de pessoas, sendo que as três importantes contribuições para esse trabalho foram: a) operacionalizar os conceitos de recursos humanos, identificando as práticas de valor de opção que possuem; b) investigar como o uso das opções

de recursos humanos afeta o desempenho da empresa; c) testar e desenvolver um modelo causal que ligue vários tipos e opções de recursos humanos que as empresas usam para explorar as incertezas enfrentadas com nível de desempenho organizacional. Basicamente esses resultados suportam a hipótese central de que o uso de opções em recursos humanos que operam em ambientes de incerteza tem impacto positivo em seu desempenho organizacional.

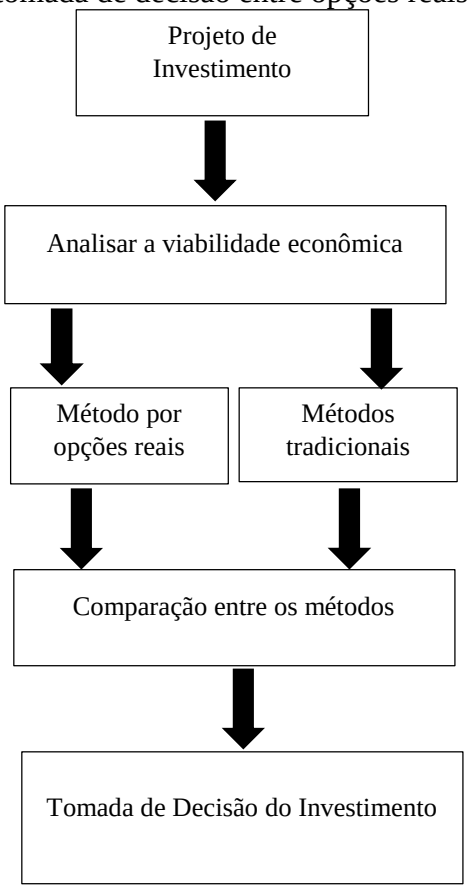
O trabalho de Noronha et al. (2014) menciona a análise de opções reais em um ambiente de desenvolvimento de produtos, cujo objetivo é mostrar como o método de avaliação de investimentos pode ser uma alternativa mais objetiva em detrimento a métodos tradicionais como VPL ou a TIR. O método de pesquisa adotado no artigo foi o de pesquisa-ação, aplicado em uma indústria de autopeças, o que configura também a solução não só de um problema de ordem prática mas também permite gerar conhecimento associado à integração científica de avaliação por opções reais dos pontos de decisão que compõe o planejamento e desenvolvimento do produto (PDP), sendo que o processo de avaliação foi desenvolvido pelo modelo binomial.

No que tange à aplicação das opções reais no desenvolvimento do produto, foi possível identificar onde os pontos de decisão acontecem, pois no próprio método de desenvolvimento existem *gates* que têm por objetivo assegurar que até aquele ponto, todos os requisitos foram atendidos, inclusive para análise de viabilidade. E esse processo de desenvolvimento, na competitividade atual, deve ser cada vez mais detalhado, visto que os riscos ocultos existentes no projeto podem vir a comprometer financeiramente não só o projeto em si mas também a organização como um todo. (NORONHA et al., 2014)

Com a aplicação dos valores nas ferramentas mencionadas, Noronha et al. (2014) mencionam que as opções reais criam valor para o projeto a partir da capacidade em explicitar estratégias e valorar opções a cada ponto de decisão. Essas ações, portanto, foram citadas como principal vantagem da aplicação. Por outro lado, tem-se como desvantagem a maior complexidade sistemática e a necessidade de ter mais profissionais com nível de conhecimento nessas ferramentas de análise. Sendo assim, os autores recomendam que as opções reais devem ser aplicadas somente a projetos estratégicos da empresa ou a projetos com VPL próximo de zero.

A justificativa prática corrobora que o trabalho pode contribuir para elucidar como as opções reais podem contribuir na tomada de decisão de um investimento, comparando-as com os métodos tradicionais, a partir da esquematização, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Fluxo para tomada de decisão entre opções reais e métodos tradicionais



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Considerando ambos os métodos de avaliação, essa decisão está incorporada de forma intuitiva ao sujeito que realizará a análise do projeto. Sendo assim, o trabalho pretende formalizar essa sistemática de comparação entre eles. Com a aplicação do método em um projeto real de investimento, a empresa espera com esse trabalho proporcionar aos seus gestores um ganho de aprendizado e uma melhor análise crítica na locação de recursos em um determinado ativo.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

A partir dos argumentos entre a contextualização e a justificativa apresentadas até o momento, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: como o uso das opções reais pode contribuir para uma melhor tomada de decisão em um projeto de investimento?

1.4 OBJETIVOS

Diante do exposto até o presente momento, se consideram os seguintes objetivos para esse trabalho.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é verificar a contribuição do uso das opções reais em um projeto de investimento realizado em uma indústria de transformação.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral definido para o trabalho, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

a) determinar a taxa mínima de atratividade (TMA) pelo custo médio ponderado de capital (CMPC);
b) propor um método de avaliação de investimentos à luz das opções reais;
c) aplicar a sistemática de avaliação através de um projeto de investimento;
d) avaliar os resultados e contribuições com os métodos tradicionais conforme cenários aplicados em função de variáveis de incerteza;
e) comparar os resultados do método aplicado em relação aos métodos tradicionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem por objetivo expor os principais conceitos que cercam o assunto dentro da revisão bibliográfica pesquisada, conforme objetivos deste trabalho. Para tanto, se iniciará com a exposição dos métodos tradicionais de investimentos, passando pelos métodos de avaliação em ambientes sob incerteza. Em seguida, será abordado um conceito inicial de opções sob a ótica das finanças, em que serão tratadas também as estratégias envolvidas e os métodos de precificação. Por fim, o capítulo será destinado ao uso das opções reais, elencando tipos existentes, ambientes para aplicação, seus benefícios e limitações.

2.1 MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

As ferramentas de avaliação de investimentos mais utilizadas pelas empresas na atualidade envolvem o modelo do fluxo de caixa descontado (FCD), com suas principais combinações: o valor presente líquido (VPL); a taxa interna de retorno (TIR); a taxa interna de retorno ajustada (TIRM); *payback* simples e o ajustado como sendo o período de recuperação de capital e o índice e lucratividade (IL). (ALKARAAN; NORTHCOTT, 2006)

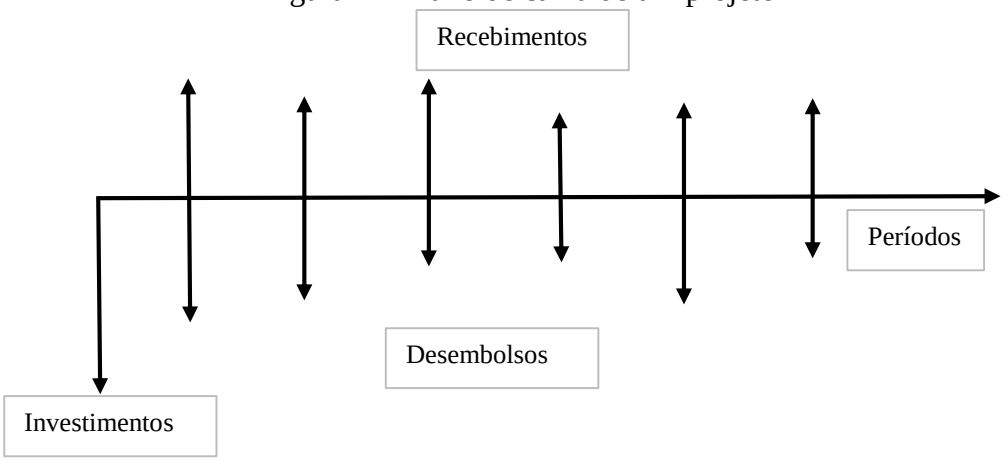
Muito embora os métodos tradicionais possam ser considerados limitados sob à luz da incerteza, esses são a base para as técnicas mais sofisticadas que se tem na atualidade, como as opções reais.

2.1.1 Fluxo de Caixa Descontado (FCD)

A análise para aprovação de projetos ou, numa perspectiva mais ampla, a aceitação ou não de uma opção de empreendimento disponível para um investidor é uma das questões fundamentais da teoria econômica aplicada. A análise de investimentos deve levar em consideração todos os fatores que possam influenciar os resultados, procurando sempre a mais acurada previsão dos fluxos futuros. (SANTOS, 2001)

O fluxo de caixa da empresa deve considerar todas as despesas e receitas referentes a um determinado projeto nos próximos períodos em que o projeto estará em vigor. Um exemplo de fluxo de caixa genérico para um projeto é fornecido na Figura 7.

Figura 7 – Fluxo de caixa de um projeto



Fonte: Santos (2001).

Observando essa sistemática de cálculo, os fluxos de caixa previstos $E(FC_t)$ são descontados ao longo do tempo *T*, a uma taxa mínima de atratividade (TMA) ajustada ao risco *"k"*, para se obter o valor presente do projeto VP, conforme a Equação 1.

$$VP = V_0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{E(FC_t)}{(1+k)^t} \tag{1}$$

O índice da taxa de atratividade, em suma, pode ser precificado através de um ativo de mesma semelhança e a mesma classe de risco, podendo ser calculado pelo modelo de precificação de ativos de capital (CAPM).

2.1.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Conforme Brasil (2002), o VPL mostra o quanto um investimento pode gerar de valor potencial ao projeto ao longo de um determinado período de tempo. Sendo que, se o seu resultado de VPL for maior que zero, mostra que o projeto deve ser executado, pois os fluxos de caixa terão capacidade de agregar valor incremental ao investimento realizado por parte dos acionistas e agentes interessados ao projeto. Para projetos com resultado de VPL menor que zero, é aconselhado o não investimento no projeto, pelo fato do resultado dos fluxos de caixa demonstrar que não irá suprir o desembolso realizado por parte dos investidores.

Portanto, para se obter o VPL é necessário descontar os fluxos de caixa ao longo do tempo até o valor presente, aplicando uma taxa de oportunidade descontando ainda o investimento inicial do projeto, conforme demonstrado na Equação 2.

$$VPL = \sum_{t=0}^{T} \frac{FC_t}{(1+k)^t} \tag{2}$$

Desta forma, o VPL é resultado do valor presente (VP) dos fluxos de caixa descontados, menos o valor presente do custo do investimento realizado no período zero. (SMIT; TRIGEORGIS, 2004)

No exemplo adaptado de Brasil (2002), é possível verificar na Tabela 3 um projeto com fluxos de caixa esperados, cuja taxa mínima de atratividade (TMA) é de 12%.

Tabela 3 – Projeção de fluxo de caixa

Ano	Fluxo de Caixa (R$)
0	-18.000,00
1	4.500,00
2	4.500,00
3	4.000,00
4	4.000,00
5	3.500,00
6	10.000,00

Fonte: Brasil (2002).

Aplicando a Equação 2, o VPL deste projeto será R$ 2.046,73

$$VPL = 18.000 + \frac{4.500}{(1+0{,}12)} + \frac{4.500}{(1+0{,}12)^2} + \frac{4.000}{(1+0{,}12)^3} + \frac{4.000}{(1+0{,}12)^4} + \frac{3.500}{(1+0{,}12)^5} + \frac{10.000}{(1+0{,}12)^6} = 2.046{,}73$$

Portanto, em verificação ao resultado do VPL, esse projeto deve ser executado, pois irá gerar um valor adicional de R$ 2.046,73 aos investidores e partes interessadas ao projeto. Caso o mesmo projeto tivesse uma taxa de atratividade de 16%, o seu VPL seria -R$ 233,84, tornando o projeto inviável. É importante salientar que em função da variação da taxa de desconto, o VPL é bastante sensível às variações dessa taxa, ou seja, quanto maior essa taxa, menor será o VPL do projeto.

O método do valor presente líquido corrobora também outras técnicas de análise, como a TIR e o período de recuperação de capital - *payback*, mas ainda assim o VPL se mostra como a melhor solução sob a ótica financeira. (ROSS et al., 2015)

2.1.3 Índice de Lucratividade (IL)

O índice de lucratividade é a relação entre o VPL e o módulo do valor presente dos desembolsos do projeto, conforme é mostrado pela Equação 3.

$$IL = \frac{VPL}{|VPdesembolsos|} \tag{3}$$

Nota-se que o índice de lucratividade é o valor presente líquido por unidade de investimento. Na base comparativa, se o índice de lucratividade for maior que zero, aceita-se o projeto, caso contrário, é recomendado não aceita-lo. (BRASIL, 2002)

No exemplo anterior, o IL calculado é de 11,37% para a TMA de 12%. Logo, o projeto é viável, mas para a TMA de 16% o IL resulta em -1,30%, tornando a execução do projeto inviável.

2.1.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é o índice que o fluxo de caixa de um projeto considera como retorno em todo seu período de tempo. Essa taxa também faz com que o VPL do projeto em análise seja nulo. Sendo o VPL nulo, todo fluxo de caixa gerado servirá somente para quitar o custo de oportunidade referenciado no projeto, não gerando assim ganhos para o investidor, sendo que os recebimentos serão apenas para compensar os pagamentos. Portanto, o investidor não levará adiante o projeto. (MEIRELLES, 2004)

Segundo Brasil (2002), a forma de cálculo da taxa interna de retorno é feita de maneira iterativa ou por métodos de interpolação, com o objetivo de encontrar a raiz da equação do VPL, conforme a Equação 4.

$$VPL = \sum_{t=0}^{T} \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \cdots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \tag{4}$$

A avaliação de um investimento se dá pela comparação da TIR com uma TMA ou taxa de oportunidade do projeto. Por definição, o projeto é aceito se a TIR for superior à taxa mínima de atratividade, caso contrário, deve-se rejeitar o projeto. (ROSS et al., 2015)

Para o mesmo exemplo utilizado anteriormente, o VPL foi calculado para vários valores de TMA. A Tabela 4 mostra a variação no VPL dada uma variação na TMA.

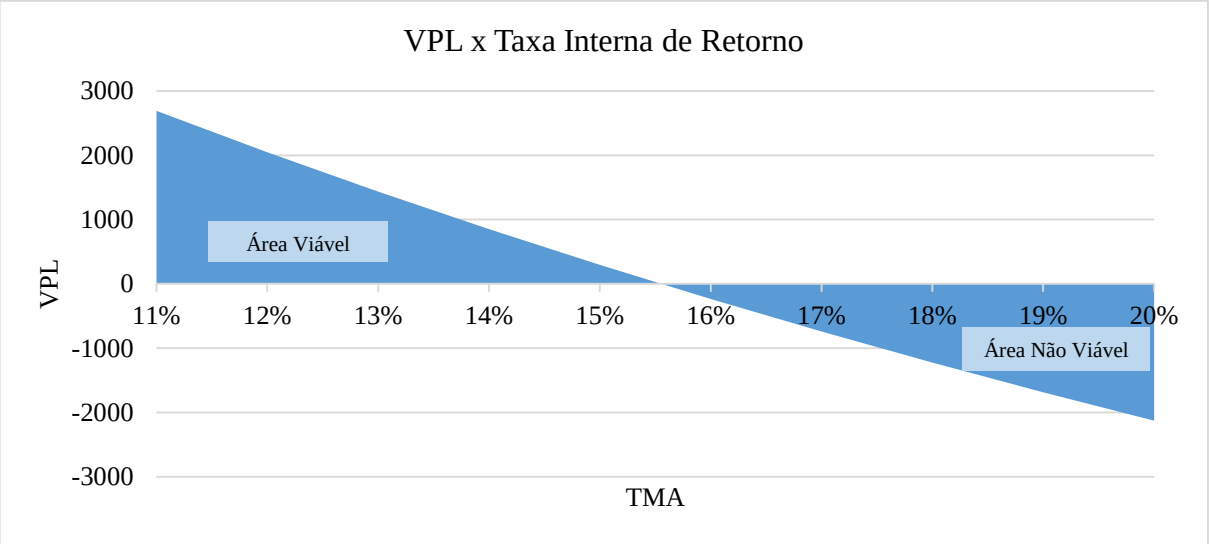
Tabela 4 – VPL em função da TMA

TMA	VPL
11,00%	R$ 2.689,53
12,00%	R$ 2.046,73
13,00%	R$ 1.434,78
14,00%	R$ 851,84
15,00%	R$ 296,16
16,00%	-R$ 233,84
17,00%	-R$ 739,68
18,00%	- R$ 1.222,73
19,00%	- R$ 1.684,31
20,00%	- R$ 2.125,62

Fonte: Brasil (2002).

Na curva da Figura 8 foram plotados os pontos TMA x VPL. A TIR é o valor de TMA em que o VPL é nulo. Para este projeto em análise, a TIR é 15,55%, sendo a TMA deste projeto 12%, logo o projeto deverá ser realizado.

Figura 8 – Representação gráfica do VPL *versus* TMA



Fonte: Adaptado de Brasil (2002).

O uso prioritário da TIR em comparação ao VPL é um dos erros mais comuns na aplicação das técnicas do fluxo de caixa descontado, devido ao fato de que a TIR é representada em porcentagem e o VPL é expresso em valores absolutos. Sendo assim, decisões de cunho estratégico podem ser distorcidas ao se levar em conta a priorização da TIR na avaliação de projetos de investimentos. Também vai de forma contraditória sob a ótica da teoria das finanças, sendo que o objetivo para o gestor deve ser a maximização do valor agregado para os seus acionistas e ao negócio. (BREALEY; MYERS, 1991)

De acordo com Santos (2001), é possível expor algumas anomalias na análise de investimentos, oriundas da aplicação da taxa interna de retorno, conforme segue:

a) Na hipótese de reinvestimento do saldo atual, o cálculo da TIR assume implicitamente que todos os fluxos de caixa gerados pelo projeto podem ser reinvestidos à própria TIR, o que na maioria das vezes não se verifica uma taxa real para essa TIR;
b) A violação do princípio da adição de projetos, ou seja, a escolha entre projetos mutuamente excludentes muda, caso eles sejam combinados a um terceiro projeto;
c) Quando existe a ocorrência de múltiplas TIR's, caso ocorra mais de uma mudança de sinal nos fluxos de caixa estimados;
d) Em projetos de longo tempo e intensivos em investimento, o valor da TIR tende a diminuir em comparação a projetos curtos e de baixo investimento. Sendo assim, projetos de longa duração tendem a ser analisados somente pelo VPL, sendo descartado portanto o valor da TIR.

2.1.5 Tempo de Retorno do Investimento - *Payback*

O tempo de retorno do capital é o momento em que o fluxo de caixa acumulado passa a ser positivo dentro do período de tempo estabelecido pelo projeto.

Também pode ser avaliado como um indicativo ao risco do investimento realizado, pois ele considera todo o tempo necessário para que se possa recuperar o investimento. Portanto, com um tempo de recuperação curto, o retorno sobre o capital se dará de forma mais rápida e consequentemente o risco do projeto será menor. Por outro lado, quanto maior o tempo de recuperação, mais arriscado se torna o projeto. (BRASIL, 2002)

Existem alguns problemas acerca do método, conforme apontam Ross, et al. (2015), pois em uma comparação com dois ou mais projetos de mesmo tempo de análise e de valores

de fluxo de caixa acumulados iguais ao final do período, é possível apontar as seguintes anomalias: a distribuição no tempo dos fluxos de caixa dentro do período de *payback* pode interferir no tempo de recuperação e não condizer com a realidade ao se observar o VPL de cada um dos projetos; os fluxos de caixa não são levados em conta depois do período de recuperação, o que pode apontar novamente a VPL's diferentes, mas com o mesmo tempo de recuperação; e o *payback* ideal para se tomar a decisão, nada mais é que um valor arbitrário pelas partes interessadas ao projeto, sendo que para um projeto o ideal pode ser 2 anos e para outro o ideal pode ser 4 anos, independente do VPL projetado de cada projeto.

Para determinar o *Payback* corrigido de um projeto é necessário calcular o VPL acumulado do projeto ano a ano. Quando o *Payback* ocorre entre dois anos, pode ser usada uma interpolação para obter seu valor, aplicando a Equação 5. A Tabela 5 exibe os cálculos para o exemplo citado anteriormente. O VPL acumulado passa a ser positivo entre os anos 5 e 6.

$$Payback = \frac{|VPL_{t-}|}{\left(|VPL_{t-}| + VPL_{t+}\right)} \cdot \left(Ano_{+} - Ano_{-}\right) + Ano_{-} \tag{5}$$

Logo:

$$Payback = \frac{635{,}52}{\left(635{,}52 + 1.418{,}56\right)} \quad (5 - 4) + 4 = 4{,}30$$

Tabela 5 – Valores de fluxo de caixa e valor presente líquido

Tempo	FC	VPL Acumulado
0	R$ -18.0000	R$ -18.000,00
1	R$ 4.500,00	R$ -12.053,57
2	R$ 4.500,00	R$ - 7.174,75
3	R$ 4.000,00	R$ - 3.558,90
4	R$ 4.000,00	R$ - 635,52
5	R$ 3.500,00	R$ 1.418,56
6	R$ 10.000,00	R$ 6.332,89

Fonte: Brasil (2002).

Embora o método de cálculo seja bastante simples, é equivocado tomar a decisão por esse método, visto que existem alguns problemas como citado anteriormente, logo as decisões podem ser insensatas sob o prisma estratégico. (ROSS et al., 2015)

2.1.6 Custo do Capital da Empresa

Uma das formas utilizadas para avaliação de projetos pelo método de fluxo de caixa descontado é a utilização da taxa de desconto pelo método de custo médio ponderado de capital (CMPC), ou remetendo à sua origem o *Weighted Average Cost of Capital* (WACC). Esse método foi estruturado e difundido por Modigliani & Miller em 1958, ele leva em consideração a estrutura de capital da empresa própria e de terceiros na composição do custo de capital. O custo médio ponderado de capital de uma empresa deve ser calculado com uma média ponderada dos custos de capital próprio e de terceiros. Sendo que o capital próprio da empresa é o patrimônio líquido e, o capital de terceiros, são as dívidas que por ela estão incorporadas ao balanço da empresa. Uma das limitações relacionadas com o uso do CMPC é que a taxa de desconto de projetos atua em caráter estático, ou seja, é adotado um valor único para todos os fluxos de caixa durante o tempo em que o projeto for analisado. (COPELAND; ANTIKAROV, 2002)

A fórmula para determinar o custo médio ponderado de capital, se dá através da Equação 6.

$$WACC = \frac{E}{E+D} \times R_E + (1 - T_C) \times \frac{D}{E+D} \times R_D \tag{6}$$

Sendo que:

E – *Equity* ou valor do capital próprio da empresa;
D – Valor da dívida ou capital de terceiros;
R_E – Custo de capital próprio;
R_D – Custo das dívidas após imposto de renda;
T_C – Alíquota de imposto de renda mais a contribuição social sobre o lucro líquido.

Ainda segundo Copeland e Antikarov (2002), uma das vantagens ao descontar os fluxos de caixa do projeto pelo CMPC é que essa técnica separa as decisões de investimento da empresa das decisões financeiras. Como a definição de fluxos de caixa livre demonstra, a empresa obterá ganho após os impostos, supondo que não terá dívida de capital, sendo assim, variações no índice de endividamento não afetam a definição de fluxo de caixa com fins de orçamento de capital, logo os efeitos das decisões financeiras são refletidos no custo de capital.

2.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO COM INCERTEZA

No momento em que poucos dados são conhecidos sobre um fluxo de caixa, a análise acontece sob incertezas. Mas quando as probabilidades dos dados de um fluxo de caixa são conhecidas, ocorre uma análise sob condições de risco. (MEIRELLES, 2004)

Desta maneira, existem algumas técnicas que podem ser tratadas para avaliar projetos de investimentos sob condições de incertezas ou risco. Neste trabalho serão abordados alguns métodos com esse fim.

2.2.1 Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM)

Uma das formas mais utilizadas para avaliação de risco de mercado é o modelo de formação do preço de ativos de capital que deriva do inglês como sendo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), sendo que esse modelo considera que um prêmio de mercado acima da taxa livre de risco seja pago aos acionistas por assumirem o risco de forma sistêmica. Sendo que essa taxa precisa estar relacionada a uma indústria ou setor da economia. Após a determinação desta taxa, a mesma é considerada para descontar os fluxos de caixa relacionados ao projeto. (COPELAND; ANTIKAROV, 2002)

O modelo CAPM é representado na Equação 7 a qual permite a avaliação do retorno mínimo exigido de um ativo (R_E) em função do risco intrínseco a esse investimento. (KEOW et al., 2005)

$$R_E = R_f + \beta_i \left(R_m - R_f \right) \tag{7}$$

Onde:

R_f = Taxa Livre de Risco

β_i = Beta do Ativo i ou do projeto

R_m = Retorno médio do Mercado

O coeficiente Beta reflete a tendência de movimento de uma ação ou de uma carteira de ações em relação ao mercado e pode ser calculado através de regressão linear. É também a

covariância de um título com o mercado, dividida pela variância do mercado. Para calculá-lo é possível usar a técnica de regressão, e o resultado da inclinação da reta é o Beta da equação. (KEOW et al., 2005)

Em um exemplo apresentado por Ross et al. (2015), em que se procura saber o custo de capital próprio de uma empresa de software, o Beta considerado foi a média dos Betas das maiores empresas de software dos EUA, sendo 0,97. A taxa livre de risco considerada foi de 1,0% e o prêmio pelo risco foi de 7%, sendo assim o retorno mínimo exigido dessa empresa ficaria em:

R_m = 1,0%+(7%*0,97) = 7,79%

Logo, a forma de calcular o custo do capital é baseada na determinação de três variáveis a saber: taxa de retorno do ativo livre de risco (R_f); a taxa média de retorno da carteira do mercado (R_m); e o risco do ativo medido pelo índice Beta da empresa. Esse índice é uma medida da extensão, visto que os retornos de um determinado ativo se movem em relação ao mercado similar desses ativos, e representa a volatilidade do retorno do ativo em relação à média de um grupo de ativos que reflete o comportamento do mercado. A expressão ($R_m – R_f$) da Equação 7 representa o prêmio pelo risco, ou seja, é o ganho adicional obtido por se enfrentar o risco de mercado em relação a um ativo livre de risco.

2.2.2 Taxa Livre de Risco

A taxa livre de risco é representada de forma simples, pelo retorno de um título ou um conjunto de títulos que não mostra risco algum e nem correlação com retornos de qualquer outro fator econômico, em que o Beta da equação tende a zero. Também a taxa de juros a longo prazo reflete a expectativa de taxas futuras de curto prazo até o vencimento, formadas à luz das informações atuais. Expectativas correntes são muito mais adequadas do que as médias de valores efetivos passados, não necessariamente relacionados com a realidade corrente. Portanto, a taxa livre de risco atual é mais adequada do que a taxa de risco histórica, pois reflete o custo de capital corrente e as expectativas de taxas de curto prazo futuras condicionadas a informações atuais. (MINARDI, 2004)

Para uma seleção da taxa de risco em convergência com a realidade do projeto, deve-se encontrar um investimento em títulos do governo, com prazo de vencimento o mais próximo

possível do horizonte demonstrado pelos fluxos de caixa do projeto. É possível perceber que os títulos públicos sofrem menos volatilidade que os títulos de empresas, pois o governo sempre pode cobrar novos impostos para saldar suas dívidas, reduzindo o risco de inadimplência para com o credor do título. (NORONHA, 2009)

O limite superior para a determinação da taxa de risco pode ser considerado a taxa de juros de financiamento da maior e mais segura empresa de um país, mas na prática é difícil identificar essa situação, bem como garantir que essa segurança terá continuidade ao longo do tempo. Já como limite inferior, é possível considerar a taxa de retorno oferecida pelos bancos, onde, como exemplo no Brasil, pode-se considerar o retorno da poupança. (DAMODARAN, 2002)

Dependendo da forma como é estimado o fluxo de caixa, os efeitos da inflação devem ser também considerados. Segundo Lapponi (2007), a consideração da inflação pode ser feita de duas maneiras. A primeira consiste em incluir os efeitos inflacionários sobre as estimativas do projeto durante todo o prazo de análise, considerando índices de preços adequados conforme a aplicação. Nesse caso portanto, as estimativas são realizadas em moeda corrente ou nominal, e a taxa livre de risco ou de desconto para o projeto deverá ser a nominal. (LAPPONI, 2007)

A outra maneira consiste em não incluir os efeitos inflacionários, fazendo com que as estimativas permaneçam constantes durante todo prazo de análise do projeto de investimento. Nesse caso, as estimativas são realizadas em moeda constante ou real, e a taxa livre de risco ou de desconto para o projeto, deverá ser a real, portanto sendo a taxa nominal descontada da inflação. (LAPPONI, 2007)

2.2.3 Análise por Árvore de Decisão

O objetivo desse método é buscar inserir a incerteza e flexibilidade gerencial no modelo teórico, estruturando o problema de decisão através do mapeamento de alternativas gráficas. Essa abordagem permite a concepção e o controle de problemas com investimento sob incerteza. (NORONHA, 2009)

O método da análise por árvore de decisão segue a seguinte estrutura, conforme Monteiro (2003):

a) A gerência deve tomar decisões entre diversos cursos de ações;
b) A distribuição de probabilidades pode ser descrita e originada através de decisões que por sua vez dependem de eventos futuros e incertos;

c) A administração da unidade de análise escolhe entre os caminhos factíveis disponíveis, aqueles que maximizem o VPL, de acordo com a minimização do risco.

Em comparação com o VPL, em que as decisões são focadas no momento inicial, a análise por árvore de decisão, se importa com a estratégia operacional e com a mutualidade entre a primeira e todas as demais decisões que venham a seguir. Esta natureza de avaliação garante que as árvores de decisão tenham um poder de avaliação de investimentos de forma sequencial, conforme demonstra o terceiro passo. (MONTEIRO, 2003)

Conforme Brandão e Dyer (2003), incluir nós de decisão correspondentes às opções do projeto num modelo de árvore de decisões, mas utilizar a taxa de oportunidade ajustada ao risco utilizada no fluxo de caixa descontado é uma abordagem ingênua e incorreta, porque a otimização que acontece nos pontos de decisão modifica os fluxos de caixa futuros esperados, e portanto, as propriedades de risco do projeto. Consequentemente, os fluxos de caixa de projetos com flexibilidade têm desvio padrão diferentes dos projetos sem flexibilidade. Ainda assim, a taxa de atratividade ajustada ao risco definida inicialmente para o projeto sem o tratamento de opções não será a mesma para o projeto utilizando o método de opções reais.

Esse argumento tem conduzido alguns autores a concluir, de forma equivocada, que é inapropriado avaliar problemas de opções reais usando o tratamento de análise por árvore de decisão. Entretanto, com o uso de probabilidades neutras ao risco, os problemas de opções reais podem ser resolvidos com a ferramenta da análise por árvore de decisão. Nessa abordagem, uma taxa livre de risco pode ser adotada para descontar os fluxos de caixa do projeto, desde que essa taxa se ajuste de forma adequada ao risco de probabilidades de acordo com o ambiente em que o projeto está inserido.

2.2.4 Simulação de Monte Carlo

A Simulação de Monte Carlo pode ser classificada como uma técnica de geração de números aleatórios através de um ou mais parâmetros. Ou seja, valores de resposta como o desvio padrão e a frequência são gerados a partir de uma determinada distribuição probabilística, onde seus limites já foram estabelecidos. (DIAS, 1996)

No caso de análise de investimentos na versão determinística, o fluxo de caixa descontado gera apenas uma estimativa de resultado correspondente a um único ponto. Também existe frequentemente pouca confiança em sua precisão, dado que eventos futuros provocados por outras variáveis são incertos e afetam o fluxo de caixa previsto. A simulação de Monte

Carlo pode ser empregada para melhor estimar o valor presente de um determinado projeto. (DIAS, 1996)

Geralmente, a primeira atividade é executar uma análise de sensibilidade no modelo de fluxo de caixa descontado. Isto é, conceder o VPL como a variável de saída ou resposta, pois é possível modificar algumas de suas variáveis de entrada e verificar a alteração da variável resultante. Podem ser consideradas como variáveis de entrada receitas, custos, taxas de desconto, taxas de impostos, depreciação ou outras, as quais, em última instância, fluem através do modelo e podem afetar o VPL. Outras variáveis de saída como a TIR e o índice de lucratividade poderiam ser consideradas. No entanto, o VPL e o retorno do investimento são os mais utilizados em análise de risco. (NORONHA, 2009)

A ferramenta tem como base de tratamento a simulação e não a otimização, o que pode gerar dúvidas entre os usuários os quais utilizam a técnica. Ocorre que o resultado de uma simulação, não necessariamente é a decisão a ser tomada, pois esse resultado é o comportamento de uma ou mais variáveis frente a diferentes situações que podem ou não ser a melhor tomada de decisão a depender do ambiente a ser levado em conta. Sendo assim, a partir do comportamento das variáveis, o *decisor* pode tomar a decisão que mais converge ao objetivo estratégico do negócio. (DIAS, 1996)

Ainda conforme Dias (1996), essa técnica não faz qualquer diferenciação entre os tipos de incerteza em que está atuando. Desta forma, no fornecimento dos dados ao modelo, as incertezas técnicas e econômicas devem ser previamente bem analisadas de tal forma que contemplem mudanças na variável de resposta ao modelo. Portanto, esse tipo de simulação é de grande utilidade quando existe modelagem de situações em que a incerteza apresenta um valor expressivo, como no contexto de opções reais. Sendo que, essa atividade pode ser realizada através de processos estocásticos neutros ao risco ou combinados com regras de decisão ótima. A descrição das etapas para a realização da simulação de Monte Carlo são as seguintes:

a) Especificar as distribuições das variáveis de entrada e suas respectivas correlações;
b) Apresentar as distribuições de dados de entrada, gerando os *inputs*;
c) Utilizar dados gerados nos modelos gerando os *outputs*;
d) Calcular média e desvio padrão e outras propriedades da distribuição resultante dos *outputs*.

Programas como o *Crystal_Ball*® ou o *At_Risk*® executam eficientemente a simulação Monte Carlo em planilhas Excel. Também é possível a simulação ser gerada em representação

gráfica, em que as variáveis de entrada mais sensíveis são exibidas em ordem de influência da variável resposta, auxiliando assim o analista na seleção das variáveis-chave que representam incertezas fortes, para com isso poder fazer um planejamento para a mitigação dos riscos. (NORONHA, 2009)

2.3 OPÇÕES FINANCEIRAS

A seguir, será feito um breve resumo sobre as características de uma opção, cujo ativo-objeto é a ação. O entendimento do seu significado é condição necessária para o estudo da teoria das opções reais.

2.3.1 Conceitos e Características

Opções financeiras constituem parte de um grupo de instrumentos cuja denominação são derivativos, pois possuem valor próprio. Portanto, seu valor deriva de um outro ativo mais básico, denominado ativo subjacente ou ativo-objeto. (HULL, 2002)

As opções sobre ações são os tipos mais comuns entre compra e venda de ações ordinárias e, têm negociação na bolsa de valores desde 1973. Uma opção reflete o direito por parte de seu detentor, em comprar ou vender um determinado ativo-objeto em uma data específica, ou a qualquer momento até uma determinada data, por um preço estabelecido, denominado preço de exercício. A data combinada de compra ou venda é chamada de data de vencimento, sendo que após essa data, a opção extingue-se. Uma opção financeira exige um pagamento adiantado que reflete o valor da flexibilidade. (BRASIL, 2002)

Empreender uma opção refere-se ao ato de vender um determinado ativo-objeto via contrato de opção. Existem, basicamente dois tipos de contratos de opção: opção de compra e opção de venda. Elas também denotam expressões próprias, podendo ser inicialmente classificadas como opções de compra (*call*) e opções de venda (*put*). Uma opção de compra proporciona ao seu detentor o direito de comprar determinado ativo-objeto, em certa data, por um preço preestabelecido. Já a opção de venda dá o direito de vender o ativo-objeto, até certa data, pelo preço determinado. (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

As opções podem também ser diferenciadas pela data de exercício. Uma opção europeia pode ser exercida apenas quando for o vencimento do título. Uma opção americana pode ser exercida em qualquer período, até a data de vencimento. Esse perfil atribui às opções

americanas um valor, no mínimo, idêntico ao valor de opções europeias semelhantes. A caraterística de opções americanas são a maioria dos tipos de ações negociadas em bolsa. (BRASIL, 2002)

A avaliação de opções americanas pretende uma determinação na política ótima de investimento, ou seja, deve ser determinado qual o valor inicial do preço para o ativo-objeto deve ser exercido pela opção, de maneira a maximizar o valor presente a ser remunerado. O fator central dessa política da teoria das opções reais é determinante para as opções, visto que é possível determinar o melhor momento para se aderir a um projeto de investimento. (BRASIL, 2002)

Hull (2002) menciona que os compradores de opções são denominados de titulares e possuem posições compradas (*long positions*), enquanto os vendedores de opções são intitulados lançadores e possuem posições vendidas (*short positions*). O vendedor da opção sempre faz o contrário do que indica o nome da opção: o vendedor da opção de compra irá vender as ações, caso a opção tenha sido exercida pelo seu detentor e o vendedor da opção de venda tem a obrigação de comprar as ações, se o proprietário da opção exercer a opção.

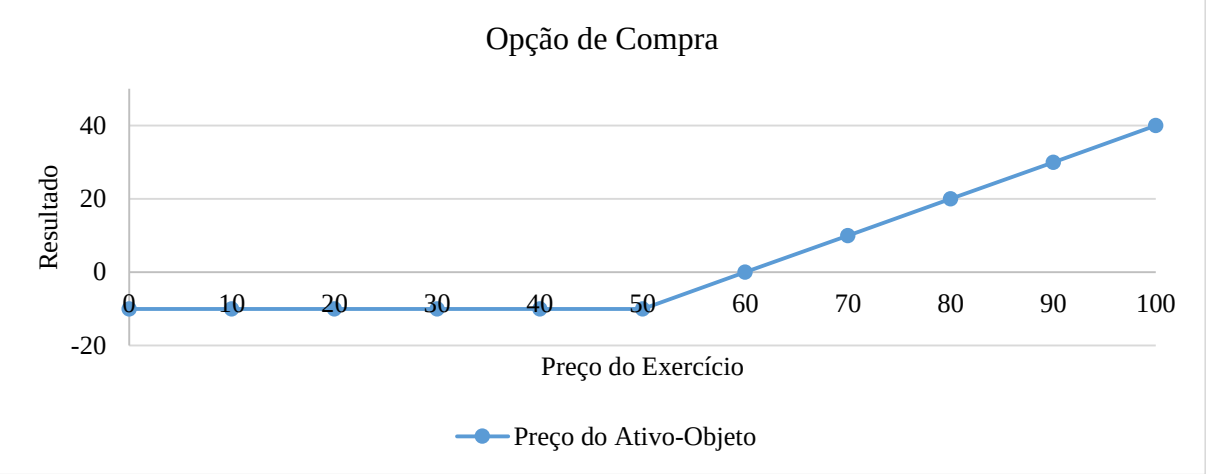
2.3.2 Estratégia Com Opções

Existem várias estratégias operacionais que envolvem a combinação de duas ou mais opções diferentes para o mesmo ativo-objeto. Ou ainda existe a combinação de uma posição, numa opção de um ativo-objeto com a posse do próprio ativo-objeto. (HULL, 2002)

Uma opção de compra dá a seu titular o direito de comprar o ativo-objeto a um preço predeterminado durante certo período. Não há restrição alguma ao tipo de ativo, mas as mais comumente negociadas em bolsa são as opções sobre ações e ativos de renda fixa. (HULL, 2002)

No caso de uma opção de compra, com preço de $50 e prêmio igual a 10, o resultado com a opção, em função do preço do ativo-objeto é exemplificado na Figura 9.

Figura 9 – Opção europeia de compra na data de vencimento *versus* valor do ativo-objeto



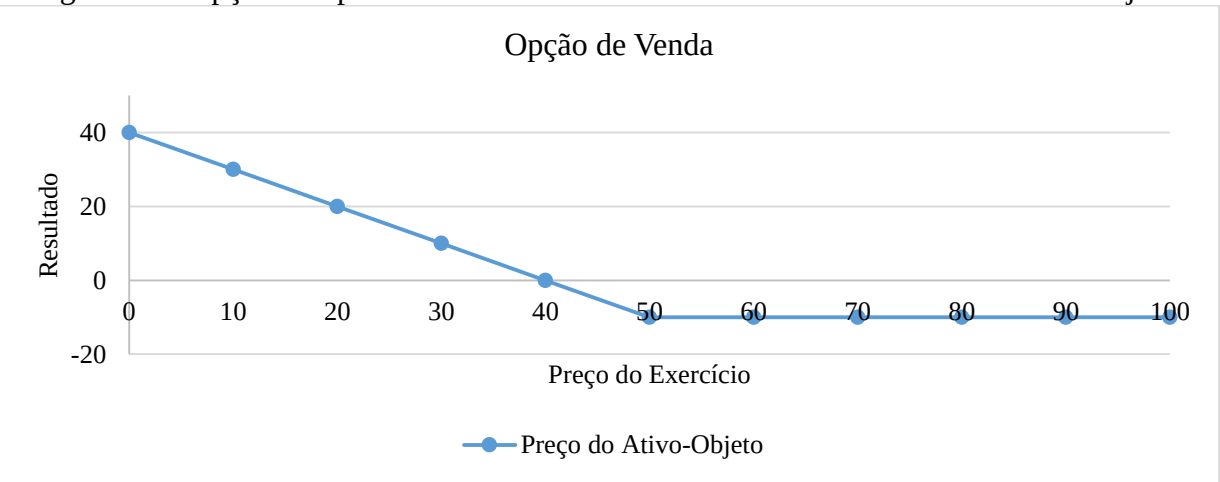
Fonte: Adaptado de Hull (2002).

Observa-se que a ação só tem valor quando o preço do ativo-objeto for superior ao preço do exercício. O valor da opção de compra nunca poderá ser menor que zero, pois é um instrumento com responsabilidade limitada, ou seja, aquilo que seu titular pode perder, o prêmio da opção, é o preço pago por ela. (HULL, 2002)

Uma opção de venda atribui o direito ao seu titular de vender o ativo-objeto a um preço predeterminado durante certo período. Sendo assim, as circunstâncias que determinam o valor de uma opção de venda são o oposto para uma opção de compra. (HULL, 2002)

No caso de uma opção de venda, com preço de exercício de R$ 50,00 e prêmio igual a R$ 10,00, o resultado com a opção em função do preço do ativo-objeto é demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Opção europeia de venda na data de vencimento *versus* valor do ativo-objeto



Fonte: Adaptado de Hull (2002).

Observa-se que a ação só tem valor quando o preço do ativo-objeto for inferior ao preço do exercício.

Os objetivos das opções de venda e compra funcionam como partes fundamentais de contratos com opções mais complexas e, elas podem ser combinadas, gerando assim travas que eliminam os riscos e garantem lucros em função de determinados valores do ativo-objeto. (ROSS et al. 2015)

2.3.3 Métodos de Precificação

Dentre os fatores que determinam o preço das opções, é possível dividir em dois conjuntos. O primeiro conjunto refere-se às características contratuais, como o preço do exercício e a data de vencimento. O segundo conjunto de fatores, refere-se às características do ativo-objeto e do mercado, como preço do ativo-objeto, taxa de juros, volatilidade do preço do ativo-objeto e os dividendos esperados durante a vida da opção. (ROSS, et al. 2015)

A origem da precificação foi oriunda em 1973 quando Black e Scholes partiram da premissa de que o comportamento dos preços do ativo-objeto deve seguir uma distribuição log-normal; não há custos operacionais, nem impostos; a ação ou ativo-objeto não receberá dividendos durante a vida da opção; não há oportunidades de arbitragem sem riscos; a taxa de juro e a volatilidade do ativo-objeto são constantes durante a vida da opção.

Porém Merton (1973), flexibilizou algumas dessas medidas para que a fórmula de Black e Scholes pudesse ser utilizada na precificação de opções de ações com dividendos. A fórmula de Black e Scholes (1973) para precificação de opções de compra e de venda, do tipo europeia sem dividendos, é apresentada pelas Equações 8 e 9.

$$c = SN(d_1) - X_e^{-rt} N(d_2) \tag{8}$$

$$p = X_e^{-rt} N(-d_2) - SN(-d_1) \tag{9}$$

Sendo que:

$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})t}{\sigma\sqrt{t}};$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}\,;$$

Em que:

c = preço da opção de compra;

p = preço da opção de venda;

S = preço do ativo-objeto, negociado no mercado financeiro;

X = preço do exercício da opção;

r = taxa de juros livre de risco;

t = tempo até a data de vencimento da opção;

e = base dos logaritmos naturais (constante = 2,1728...);

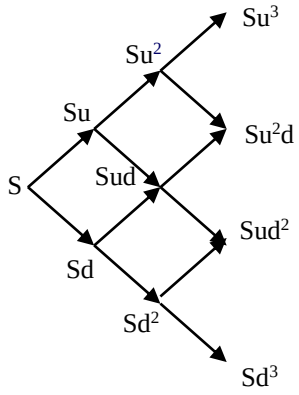
σ = volatilidade do preço do ativo-objeto.

Para solucionar os problemas encontrados na precificação de opções, podem ser utilizados métodos numéricos alternativos à fórmula de Black e Scholes. Os métodos numéricos mais usados em opções financeiras são os métodos gradeados que em geral não necessitam da formulação da equação diferencial e partem diretamente do processo estocástico de difusão dos preços. O modelo binomial de precificação de opções é baseado em uma fórmula simples do processo de preços de ativos, em que a qualquer momento pode deslocar-se para um de dois preços possíveis. (DAMODARAN, 2002)

Conforme Rochman (1998), o modelo binomial é considerado intuitivo e flexível, podendo ser aplicado na precificação tanto em opções europeias, quanto em opções americanas, com ou sem dividendos. Modelos binomiais têm encontrado larga aplicação para avaliar opções reais, pois eles generalizam o modelo de Black-Scholes-Merton, resolvendo algumas das restrições deste modelo.

O primeiro passo para avaliar a opção é dividir a vida desta opção no maior número possível de intervalos de tempo de extensão Δt. A cada intervalo de tempo, o preço do ativo - objeto é multiplicado por uma variável aleatória que pode ter dois valores, u ou d, conforme ilustrado na Figura 11. Esta variável aleatória é a taxa de variação do preço do ativo-objeto, que pode ser ascendente (u) ou descendente (d), refletindo as condições favorável e desfavorável do mercado.

Figura 11 – Modelo binomial de três passos para determinar o preço de um ativo-objeto



Fonte: Hull (2002).

Ou seja, a cada intervalo o preço do ativo-objeto partirá de seu valor inicial, *S*, para um dos dois novos valores, *S.u* ou *S.d*. Como, em geral, $u > 1 > d$, a mudança de S para *S.u* corresponde a um movimento ascendente, com probabilidade de ocorrência *p*, e a mudança de S para *S.d* corresponde a um movimento descendente, com probabilidade $q = 1 - p$.

Os parâmetros *p, u* e *d* devem dar valores corretos para a média e a variância do preço do ativo-objeto, num intervalo de tempo *Δt*. De acordo com Hull (2002), a avaliação livre de risco não implica que os investidores estejam livres do risco, mas determina que os títulos derivativos, como opções, podem ser avaliados com base na suposição de que os investidores estejam livres de risco. Portanto, a avaliação de opções é uma avaliação limitada de risco e o retorno esperado de um ativo-objeto é a taxa de juros livre de risco *r*. Desta maneira, o valor esperado do preço do ativo-objeto no final do intervalo de tempo *Δt* é dado conforme Equação 10.

$$S = \frac{pSu + (1-p)Sd}{1+r} \tag{10}$$

Sendo:

$$p = \frac{a-d}{u-d}$$

Em que:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$a = e^{r\Delta t}$$

O modelo binomial tem suporte na matemática e álgebra simples, se aproxima muito do modelo de Black e Scholes (1973), mas pode ser resolvido de forma mais simples sem o uso de equações diferenciais.

2.4 TEORIA DAS OPÇÕES REAIS

Nesta seção será abordado uma breve evolução histórica da teoria das opções reais, seguida pela apresentação dos conceitos e características, tipos de opções, ambientes para aplicação e, por fim, se abordarão as limitações entre opções reais.

2.4.1 Breve Evolução Histórica

As opções reais vêm sendo consideradas desde o final da década de 70 como o novo paradigma para a análise econômica de projetos. A expressão "*real options*" foi criada por Stewart C. Myers, professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) em 1977, 4 anos após a publicação dos artigos de Black e Scholes (1973) e Merton (1973) que mencionava a valoração de opções financeiras. Myers (1977) teve como premissa caracterizar projetos de investimentos em ativos reais nas firmas, análogo às opções de compra sobre esses ativos. Com isso, a teoria das opções reais admite e valoriza o fato de que as firmas têm o direito, mas não a obrigação de investir em um determinado projeto. (DIAS, 2005)

Conforme mencionam Myers (1977) e Trigeorgis (1996), seu trabalho gerou grande discussão, pois afirmam que os métodos tradicionais e suas taxas arbitrárias de risco desprezam oportunidades de investimento, como no caso da opção de expansão, já que aumentariam o valor de mercado da empresa. Esses pressupostos, somados ao salto qualitativo na teoria financeira nas últimas décadas, conduziriam a teoria de opções reais a um nível de sofisticação e variedade de aplicações apresentados a seguir.

A primeira aplicação da teoria de opções a ativos reais for realizada pelo brasileiro Octavio Tourinho em 1979, em sua tese de PhD em Berkeley, na avaliação de uma reserva de

recursos naturais. Já a opção de parada temporária e reabertura de operações foram apresentadas e valoradas nos artigos de McDonald e Siegel; e Brennan e Schwarts, ambos em 1985. (DIAS, 2005)

A concepção do valor da espera em opções reais foi introduzida por McDonald e Siegel (1986) ao avaliar o *timing* ótimo para um investimento irreversível. Segundo Dias (1996), esse pode ser considerado um dos marcos para a teoria de opções na década de 80. Esse mesmo conceito é incorporado às análises de um investimento em exploração de petróleo por Paddock, Siegel e Smith, em 1988.

Em 1992, Igrsoll e Ross apresentaram uma opção de deferimento em razão da possibilidade de declínio da taxa de atratividade do investimento. Já em 1987, Majd e Pindyck apresentam uma abordagem diferente para a opção de deferimento, definindo as opções do tipo *time-to-build*. Nesse trabalho, os autores afirmam que o crescimento da incerteza aumenta o valor da opção de compra e concluem que o *time to build* reduz os retornos no momento da conclusão do investimento. (TRIGEORGIS, 1996)

Entretanto, de acordo com Trigeorgis (1996), as oportunidades futuras de investimento só foram precificadas com opções reais de crescimento nos trabalhos de Kester (1984), Trigeorgis e Manson (1987), Brealey e Myers (1991), Chung e Charoenwong (1991). Opções de expansão e contração da capacidade de produção são examinadas nos trabalhos de Trigeorgis e Manson (1987) e Pindyck (1988).

Ainda conforme menciona Trigeorgis (1996), as opções de troca de insumo (*option to switch*) são incorporadas pioneiramente nos trabalhos de Kensinger (1987) e Kulatilaka (1988). Já na década de 1990, o trabalho de Myers e Majd (1990) discute o abandono de um investimento mediante seu valor residual.

Outra importante contribuição verificada somente na década de 1990 foram as aplicações envolvendo opções múltiplas, conhecidas como opções compostas, pois até então os trabalhos valoravam um tipo de opção por vez, sem considerar que um investimento apresenta diversas opções que interagem entre si ao longo do tempo. (TRIGEORGIS, 1996)

Conforme menciona Dias (2005), o primeiro trabalho a abordar opções compostas explicitamente foi o de Trigeorgis (1993), sendo que o autor demonstra que a interação de múltiplas opções ao longo do projeto cria mais valor do que as opções quando analisadas separadamente. Kulatilaka (1995) verifica a interação das opções compostas de maneira a orientar o *timing* ótimo para exercício destas.

Antecedendo o salto dado pela teoria de finanças na década de 70 por meio da teoria das opções, aconteceram grandes avanços na teoria de finanças corporativas com contribuições que foram gratificadas com o Prêmio Nobel de Economia em 1990 através de: Markowitz, pela teoria do portfólio; Modigliano e Miller sobre as proposições de estrutura de capital; e Sharpe sobre o apreçamento de ativos de capital. (DIAS, 2005)

2.4.2 Conceitos e Características

O conceito de teoria das opções reais originou-se no campo das finanças de Black e Scholes (1973), no qual a sua definição é de que o modelo de precificação ajuda a determinar o valor de mercado para os investimentos e ativos, além de trazer a disciplina de livre mercado na escolha entre as alternativas disponíveis. No entanto, a abordagem em aplicações estratégicas é muito mais ampla.

Opções reais são investimentos iniciais que permitem à administração capitalizar oportunidades favoráveis e mitigar riscos, gerenciando pró-ativamente a incerteza ao longo do tempo em vez de não tentar gerenciar a incerteza. (KESTER, 1984)

O que distingue as opções de outros recursos da empresa é que os recursos com valor de opção “geram escolhas” e permitem acesso preferencial a oportunidades futuras, como por exemplo, investimento em desenvolvimento em nova tecnologia de produtos ou mercado; ou aquisição de direitos exclusivos de venda num mercado emergente. (BOWMAN; HURRY, 1993)

Mun (2002) comenta que a teoria das opções reais é uma solução integrada que se vale da análise econômica, da teoria financeira, da estatística e da modelagem econométrica para executar a teoria de opções na avaliação de ativos reais, num ambiente dinâmico e com incertezas em que decisões de negócios são flexíveis.

Uma das características na TOR, segundo Dixt e Pindyck (1994), é que as empresas investem em ativos físicos e humanos, em que ocorre um custo nas expectativas de criar fluxos de receitas futuros. A maioria desses ativos compartilham de três características importantes: irreversibilidade – o custo inicial não pode ser parcial ou totalmente recuperado se tiver uma mudança de ideia; incerteza – sobre as futuras recompensas do investimento; tempo – pode-se adiar a ação para obter a incerteza resolvida, pelo menos de forma parcial.

Sendo assim, é válido mostrar no Quadro 2 uma exposição sintética dos conceitos de opções reais e suas características referenciadas pelos principais pensadores do tema ao longo do tempo.

Quadro 2 – Definições e características das opções reais

Autor	Definições	Características
Black e Scholes (1973)	Ter modelos de precificação que ajudem a determinar o valor de mercado para os investimentos.	Uso de Equações Diferencias Ordinárias para determinação do preço da opção. É aplicado para opções do tipo europeia.
Myers (1977)	Descrevem os ativos corporativos, incluindo as oportunidades de crescimento como opção cujo valor depende do futuro do investimento discricionário da empresa.	Esses ativos não são apenas tangíveis mas também resultados dos gastos em pesquisa e desenvolvimento, aprendizado por meio de gastos com treinamentos, adversidades e complementariedades de mercado e contingências tratadas no investimento inicial.
Dixit e Pindyck (1994)	Ato de arcar com os custos ao investir em recursos físicos ou humanos com expectativa de criar fluxos de receitas futuros	É focado nas características de irreversibilidade; incerteza e tempo
Amram e Kulatilaka (1999)	Uma opção é o direito, sem qualquer obrigação real de agir de uma maneira particular no futuro. Opções estão disponíveis quando há incerteza	Se caracteriza por um contrato escrito para criar o direito de comprar e vender um ativo a um preço pré-determinado. O titular da ação cria esse direito em seu favor pagando um preço que é a sua opção de investimento para o vendedor.
Mun (2002)	É uma solução integrada que utiliza da teoria financeira, da análise econômica, da estatística e da modelagem econométrica	Analisar o fluxo de caixa descontado é assumir uma decisões estática, pois é desconsiderada a capacidade da gerência em responder às incertezas. Opções reais é um modelo de aprendizagem.
Mcgrath; Ferrier e Mendelow (2004)	Fazer um compromisso de investimento específico, mas limitado, que cria futuros direitos de decisão.	Tem o valor da opção como um componente do valor da empresa, que representa uma oportunidade de crescimento. Uma proposta específica de investimento com propriedade de ação. Escolhas podem pertencer a uma ou mais propostas. O uso racional de opções como heurística de estratégia.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Muito embora existam mais definições de outros autores, procurou-se expor as ideias dos principais nomes dentro do tema abordado neste trabalho.

Opções reais pode ser visto como um meio de capturar a flexibilidade que os administradores possuem quando decidem sobre decisões de investimentos. O termo "real" distingue estas opções sobre ativos tangíveis ou intangíveis das opções sobre seus ativos financeiros. (YOSHIMURA, 2007)

Segundo Minardi (2004), a flexibilidade em adaptar suas futuras ações em resposta às futuras alterações do mercado expande o valor da oportunidade do investimento pela melhoria do potencial de ganhos, enquanto limita as perdas das expectativas iniciais da administração sob uma gerência passiva. Ainda segundo Minardi (2004) e Trigeorgis (2005), a assimetria resultante criada pela adaptabilidade requer uma regra para um "VPL expandido" que reflita os dois valores componentes: o VPL tradicional (estático ou passivo) e o valor da opção e adaptabilidade estratégica, definida pela Equação 11.

$$VPL_{Expandido} = VPL_{Tradicional} + \text{Valor da Flexibilidade Gerencial} \quad (11)$$

Logo, um VPL considerando a flexibilidade gerencial, vai levar em conta o valor da mesma e resultar num VPL incremental ao adicionar o VPL pelo método tradicional.

2.4.3 Tipos de Opções

O valor das opções reais se refere intrinsicamente às possibilidades mais comuns encontradas na indústria e inseridas em projetos de investimentos. Logo, conduzindo a partir desse ponto, as opções podem ser categorizadas pela flexibilidade que oferecem de acordo com a taxonomia apresentada no Quadro 3 e representadas por alguns autores.

Quadro 3 – Taxonomia das opções reais (continua)

Opções	Descrição	Tipo de Flexibilidade	Literatura
Diferimento	Semelhante a uma opção de compra americana. Existe quando o administrador pode adiar a decisão sobre o investimento por um certo período de tempo. Importante na indústria de extração de recursos naturais, desenvolvimento imobiliário, agricultura e outros.	Potencial de vantagem	McDonald e Siegel (1986); Paddock, Siegel e Smith (1988); Tourinho (1979); Titman (1985); Ingersoll e Ross (1992); Dixit (1992).

(conclusão)

Timing ou Estágio	Relata a possibilidade de estágios de investimentos como uma série de desembolsos para criar tanto opção de crescimento como abandono. Tal estágio pode ser visto como uma opção do valor dos estágios subsequentes (opção composta). Eles são importantes na indústria intensiva de Pesquisa e Desenvolvimento, nos projetos de capital intensivo e em empreendimentos iniciais.	Potencial de vantagem e proteção contra desvantagem	Brennan e Schwartz (1985); Majd e Pindyck (1987); Carr (1988); Trigeorgis (1993).
Alterando o Estado de Operação	Se as condições de mercado são melhores que o esperado, uma companhia pode decidir aumentar seu nível de produção investido na escala da planta da fábrica, quer temporária ou permanentemente. Da mesma forma, se as condições de mercado forem adversas, a firma pode decidir temporariamente interromper a produção. Ela é importante nas indústrias de recursos naturais, em que os preços da produção podem variar constantemente, e em indústrias cíclicas, como roupas e produtos de consumo.	Potencial de vantagem e proteção contra desvantagem	Brennan e Schwartz (1985); McDonald e Siegel (1986); Trigeorgis e Mason (1987); Pindyck (1988).
Expansão	Uma opção de expansão é semelhante à compra europeia ou americana. Elas existem quando os investimentos são prematuros como em P&D. Oportunidades de crescimento são opções compostas, cujo valor depende de uma opção pré-existente.	Potencial de vantagem	Myers (1977); Brealey e Myers (1991); Kester (1984, 1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung e Charoenwong (1991).
Abandonar	Semelhante a uma venda americana. Se as condições de mercado deterioram, os administradores podem abandonar operações correntes permanentemente e recuperar o valor salvo do ativo. É importante na indústria de capital intensivo com mercado de usados para seus ativos, tal como indústria de aviação, ferrovias e serviços financeiros.	Proteção contra desvantagem	Myers e Majd (1990); Sachdeva e Vanderberg (1993).
Conversão	Uma combinação de compra e venda que permite a seus proprietários mudarem entre dois ou mais modos de operação nas entradas ou saídas. Essas opções podem criar flexibilidade nos produtos e processos. Elas são importantes nas instalações que são altamente dependentes de uma compra cujo preço varia constantemente, produtos eletrônicos de consumo, brinquedos e indústria de automóveis no qual a especificação dos produtos está sujeita à volatilidade da demanda.	Potencial de vantagem e proteção contra desvantagem	Magrabe (1978); Kensinger (1978); Kulatilaka e Trigeorgis (1993).

Fonte: Ramirez, 2002.

Opções para adiar o estágio ou abandono são normalmente utilizadas em casos envolvendo grandes investimentos sob incerteza. Opções de flexibilidade para alterar a escala de operações ou alterar entradas ou saídas de processos são construídas no projeto inicial, quando as incertezas nos mercados de fator ou os produtos são antecipados, como por exemplo,

sistemas de manufatura flexível, recrutamento de mão de obra com múltiplas qualificações. (MYERS, 1977)

Opções de crescimento são consideradas em situações em que são necessários muitos investimentos para novos projetos, abrindo-se oportunidades para crescimento futuro. Caso não ocorra o investimento no primeiro projeto, os subsequentes não poderão ser realizados, como a geração de produtos ou processos, o que pode possibilitar vantagem competitiva considerável à firma que realizar o projeto primeiro. (TRIGEORGIS, 1996)

Ainda conforme Copeland e Antikarov (2002), existem opções denominadas opções compostas, que são opções sobre opções em que os investimentos planejados se enquadram nessa categoria. Por exemplo, uma fábrica pode ser construída em etapas, como projeto, engenharia, e construção. Cada etapa constitui uma opção contingente ao exercício anterior de outra opção.

2.4.4 Ambientes Para Aplicação e Benefícios

Trigeorgis (1996) afirma que a possibilidade de quantificar o potencial de valor das opções para um gerenciamento ativo e de suas interações estratégicas são oriundas de decisões de investimento avaliadas por opções reais. Esse valor é manifestado como um conjunto de opções contidas em possibilidades de investimento de capital, sendo o valor do projeto um ativo básico, em que esse valor é traduzido pelo fluxo de caixa descontado a partir das receitas operacionais.

Mun (2002) adiciona ainda que o método de opções reais envolve um modelo de aprendizagem conduzindo os gestores a tomar decisões estratégicas otimizadas à medida que o nível de incerteza é esclarecido com o passar do tempo, enquanto que a execução do projeto por fluxo de caixa descontado condiz com decisões de investimentos de forma estática, onde as decisões estratégicas são avaliadas na parte inicial, sem a possibilidade de mudança de decisões ao longo do tempo. Uma analogia proposta seria a de enxergar opções reais como um mapa estratégico de tomada de decisões, sendo capaz de orientar os *decisors* em ambientes desconhecidos e incertos, visto que é possível sinalizar o caminho mais factível a seguir e continuar apoiando decisões utilizando-se de mais informações, conforme o andamento do projeto.

De forma complementar, os fatores que caracterizam a natureza dos investimentos são: a irreversibilidade, a incerteza e o *timing*. A teoria das opções reais é notada como o único

método de avaliação de ativos que reconhece a interação dessas características. (DIXIT; PINDYCK, 1994)

Conforme menciona Trigeorgis (2005), é fato que investimentos são total ou parcialmente irreversíveis, ou seja, na maioria dos projetos o investimento inicial é parcialmente perdido ou não pode ser recuperado mesmo que se mude de ideia. Como exemplo, pode-se citar que o desenvolvimento de um produto deixa de ser interessante ainda no meio do processo de desenvolvimento, onde certamente a venda da solução tecnológica gerada terá um valor muito abaixo dos custos já empreendidos.

A presença de incertezas acerca de qualquer investimento é absolutamente normal. Logo, uma solução que mostra uma situação mais realista é analisar as incertezas e desvios probabilísticos que cercam o projeto, valorizando também a perda total ou parcial do investimento. Enfatiza-se ainda que a consideração de opções reais institui uma nova visão a respeito dos impactos probabilísticos nos investimentos ao mesmo tempo em que ambientes de alta variabilidade passam a incorporar maior valor nas opções, visto que pontos mais extremos das oportunidades podem ser administrados pelo corpo gestor, no qual esse tem a autonomia de valorizar a flexibilidade de abandonar, expandir ou continuar um projeto. (TRIGEORGIS, 2005)

Dixit e Pindyck (1994) menciona que, mesmo tendo à disposição todas as informações relevantes ao projeto, essas por sua vez nunca serão suficientes para extinguir todas as incertezas presentes no ambiente de negócios. Logo, na maioria dos casos, existirá a flexibilidade em relação ao *timing* do investimento, sendo que dessa forma, a tomada de decisão pode ser adiada até que se consigam essas informações mais reais sobre o cenário em que o projeto está planificado. Outrossim esse adiamento necessita de uma avaliação criteriosa, visto que acarretará custos referentes à perda de fluxo de caixa, caso o projeto seja lançado de forma imediata ou ainda incorporado ao risco de outra organização se lançar ao mercado de forma antecipada.

Por fim, a teoria das opções reais se estabelece de forma sólida nesses três aspectos para a tomada de decisão. Como exemplo, considera a mensuração da incerteza que influenciará os resultados do investimento, através de um coeficiente de volatilidade; aprecia o período de *timing* correto dentro do fluxo de caixa para exercer ou não determinada opção; e considera as perdas financeiras quando existe a decisão de abandonar ou contrair um projeto, contemplando a irreversibilidade. (NORONHA, et al. 2014)

Sendo assim, de acordo com Brasil (2002), é interessante o emprego do modelo de opções reais quando:

a) os investimentos favorecem revisões durante sua vida útil;
b) as oportunidades estratégicas são mais importantes do que o fluxo de caixa;
c) existem decisões contingenciais;
d) é interessante aguardar por mais informações;
e) a flexibilidade gerencial é axiomática, numa condição de alta incerteza.

Desta forma, foram elencados os conceitos e aspectos mais relevantes sobre o assunto de objeto desse trabalho, a fim de, esclarecer alguns conceitos e pensamentos dos principais autores sobre o assunto, que porventura não tenham ficado claros para o leitor.

A superioridade da TOR em relação aos métodos baseados no fluxo de caixa descontado é também justificada pelo fato das decisões de investimento serem raramente do tipo agora ou nunca. Aliado a isso, constata-se que os métodos tradicionais são estáticos, desconsiderando a capacidade da gerência em responder às incertezas. (SANTOS, 2001)

Uma outra anomalia em analisar o FCD são as taxas de retorno geradas pelos cálculos de viabilidade dos investimentos, que remetem a taxas que incorporam aversão ao risco dos agentes tomadores de decisão, o que neste caso representa uma subjetividade no critério de análise de decisão do próprio projeto. (DIXIT; PINDYCK, 1995)

2.4.5 Limitações Entre Opções Reais

Para melhor entendimento das limitações no uso das opções reais, será ilustrada uma analogia entre uma opção real, considerada aqui por um projeto de investimento, e uma opção financeira como demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Analogia entre opção real e financeira

Projeto de Investimento	Variável	Opção Financeira
Valor presente do projeto	S	Preço do ativo-objeto
Investimento inicial	X	Preço de exercício
Vida útil do projeto	t	Tempo até o vencimento
Taxa de desconto	r	Taxa de retorno livre de risco
Incerteza sobre o fluxo de caixa	σ	Volatilidade

Fonte: Meirelles, 2004.

Considerando as opções financeiras, o ativo-objeto é negociado no mercado financeiro, mas nas opções reais esse mesmo ativo não é negociado no mercado financeiro. Com isso diferenças entre opções financeiras e reais podem levar a determinadas dificuldades na avaliação destas últimas e acarretar limitações a sua aplicação. (MEIRELLES, 2004)

Outra diferença é que as opções financeiras constituem-se de apostas secundárias. Sendo assim, elas não são emitidas pelas empresas a que pertencem, mas por agentes independentes. Com isso, o agente que emite uma opção sobre ações não tem influência sobre o que a empresa faz e nenhum controle sobre o preço de suas ações. Já em opções reais, a gerência controla o ativo-objeto que aqui é representado pelo projeto de investimento, em geral o ato de melhorar o valor do ativo também melhora o valor da opção, (COPELAND; ANTIKAROV, 2002)

Conforme menciona Minardi (2004), embora seja possível exercer uma opção financeira antes de seu vencimento (tipo americana), a análise desse exercício é periférica, considerando uma vida curta da opção, pois o custo de não exercê-la no momento ótimo não é significativo. Para o caso das opções reais, a decisão de executar uma opção de forma antecipada ou de se aderir a um projeto é mais crítica. Além disso, as opções financeiras são exclusivas de seu titular, outra pessoa não pode exercer a opção que pertence a ele. O mesmo não acontece com opções reais, pois o grau de exclusividade depende de como a indústria se caracteriza. A empresa terá exclusividade da opção em seu setor, se a indústria na qual está inserida for caracterizada por um monopólio.

Os preços são ajustados de forma rápida através da eficiência do mercado, com isso refletindo todas informações correntes. A taxa de equilíbrio prevalece sobre retornos acima do mercado, que não são duradouros. Por outro lado, os mercados de bens e serviços não possuem a eficiência dos mercados financeiros, o que possibilita que uma firma tenha ganhos acima do equilíbrio de mercado enquanto a sua vantagem competitiva for percebida pelo mercado (MINARDI, 2004)

Questões referentes ao tempo necessário para que um projeto de investimento entre em funcionamento são essenciais ao avaliar a opção de adiar o investimento. Um momento considerado favorável à realização do projeto que pode levar à aceitação do mesmo, pode mudar e tornar-se desfavorável antes mesmo que o projeto esteja concluído, caso o desenvolvimento demande muito tempo. (MEIRELLES, 2004)

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2

O objetivo desse capítulo foi apresentar as opções reais a partir de suas origens nas opções financeiras, passando pela construção e aplicações das opções reais ao longo do tempo, mostrando os principais pesquisadores sobre o tema e suas contribuições no meio científico. Também foi tratado dos conceitos balizadores que contribuem para a execução desse método de análise de investimento, sendo que os métodos tradicionais de investimento; métodos de avaliação sob incerteza; e conceitos relacionados às opções financeiras, alicerçam o entendimento e a execução das opções reais.

Em seguida foram esclarecidos os tipos de opções que existem na literatura, bem como relacionados os mais usuais dentro do campo de aplicação. Num momento posterior, foram mencionados os ambientes de aplicação com seus benefícios e vantagens. Porém, o mais importante foi esclarecer a diferença entre o uso dos métodos tradicionais frente às opções reais. Diferença essa que precisa ficar esclarecida para os *decisors*, pois pode ser determinante na avaliação de um investimento sob pena de comprometer seu fluxo de caixa ao longo do tempo.

A partir disso se abordou as limitações do tema, indo de encontro com situações já vivenciadas na prática por trabalhos publicados e aplicados em empresas para o uso da ferramenta. Desta forma fica demonstrado como a teoria pode ou não ter sucesso em sua aplicação.

Dando sequência ao desenvolvimento do trabalho, no próximo capítulo será apresentado o método utilizado para o desenvolvimento do mesmo e também será abordado o método de pesquisa, o método de trabalho e a descrição da unidade de análise.

3 MÉTODO

Neste capítulo será tratado a forma como o método de pesquisa e de trabalho será executado, bem como mostrar-se-ão todas as fases, detalhando os passos e as principais atividades para o cumprimento dos objetivo específicos.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado foi a pesquisa-ação, pois segundo Bryman (1989), é uma aproximação da pesquisa social aplicada. Sendo que, o pesquisador e o pesquisado participam de forma concomitante no desenvolvimento de um diagnóstico e também na solução de um problema, cujo objetivo é que essas descobertas resultem em uma contribuição como base de conhecimento em uma esfera empírica particular. Conforme Appolinário (2006), a natureza da pesquisa foi do tipo aplicada com abordagem qualitativa, cujos resultados foram aplicados na elucidação de um problema real.

A conversão de uma realidade tem origem através da produção do conhecimento que é gerado pela pesquisa-ação, sendo parte do processo de pesquisa. O termo pesquisa se refere à produção do conhecimento e o termo ação é uma modificação intencional de uma dada realidade. Dessa forma, a produção de conhecimento guiada pela prática, com a mudança de uma realidade, pode ser definida como pesquisa-ação. Neste método, o conhecimento é produzido e a realidade é modificada de forma simultânea, mas em dependência entre um e outro. (OQUIST, 1978)

Thiollent (2007) menciona que a pesquisa ação tem como caraterística resolver um problema complexo ou que seja de difícil solução, sob o ponto de ter investigação científica para sua elaboração e condução. Para isso acontecer, é necessária a implantação de uma ação por parte dos agentes ou grupos de indivíduos inseridos no problema em observação. Sob o prisma estratégico, a pesquisa ação tem a estrutura de contemplar e organizar uma pesquisa social com finalidade prática, estando de acordo com as regras da própria ação e da participação dos membros da situação que é observada. Pode-se dizer, ainda, que a pesquisa ação visa produzir conhecimento científico e resolver uma adversidade prática. Para atingir esses desses resultados, é indispensável alcançar dois objetivos:

a) Objetivo Técnico: pretende contribuir para o melhor equacionamento possível do problema central na pesquisa considerado, levando em conta levantamento de

soluções e argumentos de ações correspondentes às respostas para auxiliar o agente na sua atividade transformadora da situação;

b) Objetivo Científico: obter informações que seriam de difícil alcance por meio de outros procedimentos, de forma a expandir a base de conhecimento para determinadas situações.

Conforme os trabalhos de Westbrook (1995), Coughlan e Coghlan (2002) e Thiollent (2007), a estruturação da pesquisa ação é composta das seguintes fases: planejar a pesquisa ação; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; e avaliar os resultados e gerar o relatório. Para cada fase existem algumas etapas que desencadeiam em atividades, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Método da pesquisa ação

Fase	Etapas	Participantes	Atividades
Planejamento	Iniciar projeto de pesquisa-ação	Pesquisador	Iniciação dirigida pela pesquisa ou pelo problema
	Definir contexto e propósito	Pesquisador, Gerente de Projetos e Direção.	Determinar questões e definir objetivos da pesquisa
			Definir tema e interessados
			Delimitar o problema
			Definir critérios de avaliação
			Diagnosticar situação
	Definir estrutura conceitual teórica	Pesquisador	Mapear a literatura
			Delinear ideias e proposições
Implementação	Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados	Pesquisador, Gerente de Projetos, Gerente Financeiro e Direção.	Selecionar unidade de análise
			Elaborar protocolo de pesquisa-ação
			Fazer a coleta de dados
	Implementar ações	Pesquisador e Gerente de Projetos	Registrar dados
			Implementar plano de ações
Análise	Analisar dados e monitorar ações	Pesquisador, Gerente de Projetos e Direção.	Comparar dados empíricos com a teoria
			Comparar resultados com os objetivos
Avaliação	Avaliar resultados e gerar relatório	Pesquisador, Gerente de Projetos e Direção.	Avaliar resultados
			Prover estrutura para replicação
			Redigir relatório

Fonte: Adaptado de Mello et al. (2012).

Na primeira fase existe a etapa inicial que é uma decisão de pesquisa a ser observada pelo pesquisador, na qual foi identificar, se o problema é caracterizado na literatura ou se é uma organização que define o problema.

Na etapa seguinte, definiu-se o contexto e propósito em que Thiollent (2007) considera este instante como o momento de desvendar o campo da pesquisa, para que os interessados mostrem as suas perspectivas a fim de estabelecer as questões e objetivos da pesquisa, bem como definir o tema e os interessados, delimitar o problema e definir os critérios de avaliação. Na parte final desta etapa, foi realizado um diagnóstico da situação atual a fim de que pudesse ser conhecida a realidade presente para aplicação do método.

Posteriormente, definiu-se a estrutura teórica que irá compor a base de conhecimento, pois a fundamentação é um aspecto crítico em função da pesquisa existente. Rowley e Slack (2004) afirmam que a fundamentação teórica reconhece e estabelece os conceitos descobertos em trabalhos relevantes, cujo objetivo é compreender o estado da arte dentro de um campo do conhecimento.

O final dessa fase foi a geração, em conjunto, de um plano de ação em que esse incluiu todas as recomendações para a solução do problema, sendo que foi apontado os responsáveis pela sua implantação e o prazo estipulado. Os critérios de avaliação foram definidos através da aderência das respostas do entrevistado com os conceitos apresentados no referencial teórico.

Na fase de implementar as ações, o objetivo foi executar o que foi planejado ou o que precisa ser feito para cumprir a solução de um determinado problema, com objetivo ainda de refinar ou expandir a teoria pesquisada. Os planos foram também implantados de forma colaborativa.

Na primeira etapa da fase de implementação, selecionou-se a unidade de análise e técnica de dados, sendo que a mesma já foi selecionada, pois o projeto foi voltado à iniciação ao problema, caso contrário deveria ser escolhida a unidade de análise antes de se obter a iniciação científica. A definição de unidade de análise é relacionada à maneira como as questões iniciais da pesquisa foram definidas. Os aspectos identificados dentro da fundamentação teórica devem também ser considerados na seleção da unidade de análise. (YIN, 2005)

Conforme cita Thiollent (2007), as principais técnicas de coleta de dados utilizadas são a entrevista coletiva nos locais de trabalho e a entrevista individual aplicada de modo aprofundado. No que diz respeito a informações já existentes, técnicas documentais permitem resgatar e analisar o conteúdo de arquivos internos da unidade de análise em estudo.

Entretanto uma técnica mais utilizada é a observação do participante, que consiste na participação ou interação real do pesquisador com o indivíduo, grupo ou comunidade. O objetivo principal é ganhar a confiança do grupo e fazer com que os indivíduos compreendam a importância da investigação sem ocultar o objetivo principal. (MARCONI; LAKATOS, 2006)

Para a realização da coleta de dados, Thiollent (2007) afirma que independentemente de quais forem as técnicas e métodos utilizados, as equipes de observação, compostas de pesquisadores e de integrantes em comum, procuram a informação considerada necessária para o rumo da pesquisa, transmitindo a solicitação da etapa de acompanhamento da pesquisa.

Na etapa de analisar os dados e monitorar as ações, o objetivo foi comparar os dados coletados em relação à literatura e também verificar, se os resultados foram convergentes com os objetivos gerais do trabalho, elencados na fase de planejamento.

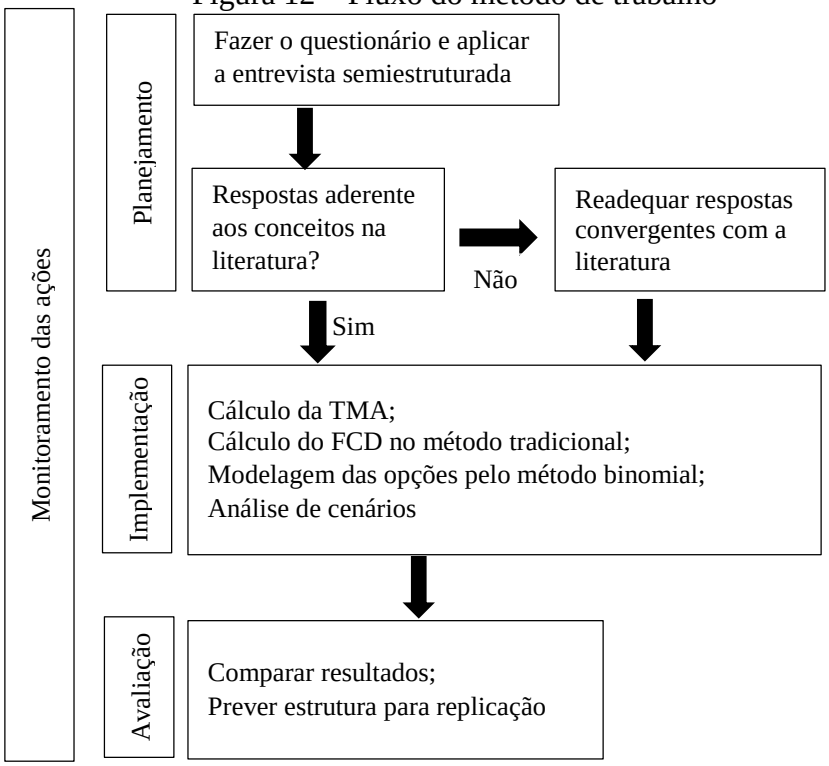
Por fim, tem-se a etapa de avaliar resultados e gerar o relatório, cujas atividades foram: fazer uma avaliação dos resultados; gerar estrutura para replicação; e escrever o relatório em sua integralidade. Coughlan e Coghlan (2002) acreditam que a avaliação envolve ponderação sobre os resultados das ações tanto intencionais quanto não intencionais, e uma reavaliação do processo para que no próximo ciclo de planejamento seja possível se beneficiar com mais eficiência. Algumas formas de avaliação sugeridas pela literatura são: reuniões do pesquisador com os integrantes; apresentação para a direção e grupos de interesse em comum; comparações com os critérios propostos na fase de coleta de dados; e análise comparativa entre projetos de pesquisa similares com e sem intervenção do pesquisador.

Ao final do processo dessa estruturação, fecha-se o ciclo de melhoria, conforme adaptação de Westbrook (1995), Coughlan e Coghlan (2002) e Thiollent (2007), contemplando as fases do ciclo que são: planejar; implementar; observar e avaliar.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O método do trabalho se concentrou conforme mencionado no método de pesquisa, contendo as seguintes etapas: planejamento; implementação; monitoramento e avaliação dos resultados. A Figura 12 mostra de forma esquemática de como se decorreu o método de trabalho.

Figura 12 – Fluxo do método de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O planejamento foi originado através de uma entrevista semiestruturada, conforme o Apêndice C, realizada com o gerente de projetos e com aval dos demais participantes da pesquisa conforme Quadro 7. A finalidade dessa entrevista foi gerar *inputs* para que os dados fossem usados para o cálculo de viabilidade do projeto. Também a partir das respostas e análise crítica, foi delineado a estrutura do trabalho e se fez um mapeamento do processo a fim de atingir os objetivos do mesmo. Também foi o momento de expor os resultados esperados referentes aos aspectos de maior aderência com o modelo de avaliação de investimentos proposto frente ao realizado.

Para a implementação, o trabalho teve como base o desenvolvimento de um modelo binomial para tomada de decisão nos investimentos, e também da simulação de Monte Carlo para a análise de cenários. A execução do modelo binomial, se justifica pelo fato de seus cálculos serem compreendidos e visualizados de forma mais fácil pelos tomadores de decisão, proporcionando a clareza esperada pelo grupo participante no projeto, conforme já visto no Capítulo 2.

O processo de conjectura de opções reais pelo modelo binomial proposto na pesquisa-ação foi definido em quatro passos, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 – Passos do processo de avaliação em opções reais

Sequência	Etapas	Atividades	Objetivo	Interpretação
1	Cálculo do caso base tradicional.	Análise padrão do valor presente do projeto com técnicas tradicionais.	Cálculo do valor presente sem flexibilidade.	Valor presente tradicional.
2	Modelagem da incerteza por meio de árvore de eventos.	Construção de uma árvore de eventos, baseada em um conjunto de incertezas combinadas, que influenciam a volatilidade do projeto. Na maioria dos casos, as múltiplas incertezas que influenciam o valor de um projeto podem ser combinadas por meio de uma análise de Monte Carlo, em uma única incerteza: a distribuição dos retornos do projeto. Essa estimativa de volatilidade é utilizada na construção da árvore binomial.	Compreender como o valor presente evolui ao longo do tempo.	Neste ponto não há flexibilidade. Esse valor deve ser ainda igual ao passo 1. Estimar a incerteza, tomando como referência dados históricos ou estimativas gerencias.
3	Identificação e incorporação da flexibilidade gerencial criando árvores de decisão.	Determinação das decisões gerenciais a serem tomadas nos nós da árvore de eventos, para transformá-la em uma árvore de decisões. As árvores de eventos modelam o conjunto de valores que o ativo subjacente sujeito a risco pode assumir ao longo do tempo. A árvore de decisão mostra os retornos das decisões ótimas, condicionadas às situações que se apresentam.	Analisar a árvore de eventos para identificar e incorporar flexibilidade gerencial a fim de responder a novas informações.	A flexibilidade é incorporada à árvore de eventos, o que a transforma em uma árvore de decisões. A flexibilidade altera características do risco do projeto, portanto o custo do capital se altera.
4	Precificação e análise das opções reais.	O último passo é a avaliação dos retornos da árvore de decisão obtida.	Avaliar o projeto total, empregando um método algébrico simples.	O retorno sobre o investimento será composto do caso base sem flexibilidade mais o valor da opção (flexibilidade).

Fonte: Adaptado de Copeland e Antikarov (2002).

Para o cálculo base tradicional, foi abordado o conceito de VPL que tem por finalidade tratar apenas fluxos de caixas previstos, descontados a uma taxa de oportunidade constante, sendo que o risco considerado será constante ao longo da vida do empreendimento. (COPELAND; ANTIKAROV, 2002)

A construção da árvore de eventos, sendo o segundo passo, foi colocada sob um conjunto de incertezas combinadas que influenciam a volatilidade do projeto. Sendo assim, uma árvore de eventos não engloba definições, mas sim tem por objetivo modelar as incertezas que influenciam o valor do ativo sujeito ao risco ao longo do tempo. Em alguns caso pressupõe-se que múltiplas incertezas devem ser submetidas e combinadas entre si, por meio de simulação de Monte Carlo. (COPELAND; ANTIKAROV, 2002)

O último passo foi a avaliação dos retornos que foram gerados através da árvore de decisão considerando as opções de diferimento, *timing*, expansão ou abandono, conforme já mencionado no Quadro 3.

Adicionalmente a pesquisa teve o monitoramento pela ferramenta das atividades 5W2H, como forma de acompanhamento das atividades citadas na implementação, as quais visam o cumprimento dos prazos, bem como corrigir eventuais desvios que possam ocorrer no desenvolvimento do trabalho. Para tanto, foi feito um comparativo entre os resultados dos métodos tradicionais com os resultados gerados por opções reais, conforme o referencial teórico aqui exposto.

Por fim, a pesquisa utilizou como ferramenta para avaliação dos resultados de cada ciclo da pesquisa-ação, indicadores referentes ao processo, e também reuniões de avaliação dos resultados em acordo com o planejamento estratégico da unidade de análise. Os indicadores utilizados foram metas estimadas pela direção da empresa, como por exemplo, retorno sobre o investimento e tempo para implementação do projeto. A estrutura de replicação foi construída em planilha excel, de modo que para análise de projetos futuros, basta colocar os *inputs* de dados gerados pelas perguntas do Apêndice C, e com isso ter o conhecimento técnico para avaliar os resultados gerados dentre as opções analisadas. Quanto às implicações, já foram mostradas na seção 2.4.5 algumas limitações do uso da ferramenta, contudo cabe uma avaliação mais detalhada quando for tratado um projeto específico. Por fim, foi redigido o relatório conforme os resultados encontrados, além de ser colocado um parecer ao final do mesmo para que o leitor possa avaliar a importância da ferramenta no uso de projetos de investimento.

3.3 DESCRIÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

O objeto de estudo deste trabalho foi uma empresa do ramo moveleiro, nomeada aqui por empresa “A”, situada na serra gaúcha. Fundada em 1987, seu propósito é produzir e comercializar móveis residenciais e comerciais. Atualmente seu faturamento para o mercado externo representa 70% sobre o montante total. Entre os principais destinos estão: Reino Unido, EUA, Alemanha e França. O objetivo da empresa é voltada para a inovação, cuidado com o meio ambiente e preocupação com seus colaboradores e clientes. Com a sua competência de mercado, ela foi premiada em várias oportunidades pela Associação dos Dirigentes de Marketing e Vendas do Brasil (ADVB), com o prêmio exportação na categoria destaque

setorial. Seu quadro de pessoal conta hoje com 280 colaboradores, divididos em duas plantas fabris.

Para tanto, se decidiu em conjunto propor um método de análise de investimentos, pois a empresa executa vários projetos com necessidade de aporte financeiro. Mas para se fazer uma análise de viabilidade, ela se reporta aos indicadores tradicionais de fluxo de caixa descontado, VPL e *payback*. Como já visto, um projeto com VPL próximo a zero ou mesmo negativo, pode se tornar um obstáculo para a realização do projeto, sendo que nem sempre esse tipo de investimento se demonstra desvantajoso para empresa ao longo do tempo.

Diante desses fatos, se formou um grupo de trabalho para avaliar um projeto de investimento sob a ótica das opções reais, sendo que buscou-se pessoas dentro da empresa com conhecimento e experiência de acordo com seus cargos. Assim foi composta a equipe para a execução do projeto, aqui demonstrada conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Componentes da pesquisa-ação e suas qualificações

Ator	**Função no Projeto**	**Formação**	**Experiência na Empresa**
Autor e Pesquisador	Redator do trabalho científico, líder da pesquisa.	Graduado em Engenharia de Produção, Especialização em Gestão Empresarial e Mestrando em Engenharia de Produção	Não Aplicável
Gerente de Projetos	Líder do projeto de melhoria a ser aplicado na empresa em estudo	Graduado em Processos Gerenciais	Trabalha na empresa há 7 anos, sendo 4 nesta função
Gerente Financeiro	Apoio no levantamento de dados relacionados a custos e controladoria.	Graduado em Gestão de TI, Especialização em Controladoria e Direito Empresarial	Trabalha na empresa há 8 anos, sendo 4 nesta função
Diretor Administrativo	Patrocinador do projeto de pesquisa, facilitador da pesquisa em nível estratégico.	Graduado em Administração de Empresas, Especialização em Gestão de Projetos	Trabalha na empresa há 8 anos, sendo 8 nesta função
Coordenador de Eng. de Processos	Apoio no levantamento de dados relacionados a operações.	Graduado em Engenharia Química, Especialização em Gestão Industrial	Trabalha na empresa há 4 anos, sendo 3 nesta função

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Nota-se uma equipe multidisciplinar com conhecimento concreto nas funções em que atua. Diante disso, é mais factível atingir o objetivo de forma estruturada, seguindo o método de trabalho proposto. A escolha das pessoas da empresa respeitou as normas internas, sendo que estas foram sugeridas pela direção em conjunto com o gerente de projetos.

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 3

Neste capítulo foi apresentado inicialmente o método de pesquisa, o qual se caracteriza pela pesquisa-ação, que é um método com aplicação prática e interação do pesquisador e pesquisado na busca da resolução dos problemas. O método de pesquisa é composto das fases de: planejamento; implementação; análise dos dados e avaliação dos resultados. Após delineou-se o método de trabalho que será empregado para direcionar o desenvolvimento deste estudo.

O método de trabalho é originado de uma entrevista semiestruturada e segue os passos do método de pesquisa, foi acrescentado na fase de análise de dados o modelo binomial para resolução numérica de cada opção a ser analisada. Em seguida foi exposto a unidade de análise, sendo demonstrado o ambiente em que foi tratado o projeto e os participantes envolvidos com suas atribuições e qualificações.

No capítulo seguinte, serão apresentados os resultados aqui considerados, conforme os objetivos propostos, sendo iniciado pela contextualização do cenário atual, assim como mencionando o projeto em que será realizada a análise de viabilidade. Posteriormente, será definida as variáveis de entrada do projeto tais como: investimentos, receitas, despesas, taxas de inflação e crescimento, determinação da TMA e taxa livre de risco. Em seguida será abordado o cálculo de viabilidade iniciando pelos métodos tradicionais e posteriormente definindo as variáveis de incerteza, será considerado a viabilidade pelo método da opções reais. Por fim, o capítulo fará um comparativo dos resultados entre métodos tradicionais e opções reais.

4 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo expor os resultados encontrados através da aplicação do método proposto. Com isso, o capítulo se inicia com a exposição de um diagnóstico originado através de uma entrevista semiestruturada, conforme demonstrado no Apêndice C. Através desta intervenção é possível alinhar alguns pontos que porventura estejam divergentes com os objetivos do trabalho. Na sequência, será abordada a forma de cálculo das opções, sendo detalhada a forma como será feita a construção das matrizes, originando os resultados finais que farão parte dos objetivos centrais do trabalho.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL

Para demonstrar a atual situação da empresa em estudo foi realizada uma entrevista a fim de extrair as informações pertinentes ao projeto, para estruturação dos dados de entrada a fim de satisfazer os objetivos deste trabalho. A entrevista foi respondida pelo gerente de projetos com parecer posterior dos demais componentes já qualificados no Quadro 7. As respostas serão descritas e será feita uma análise crítica quando necessário a fim de que o esclarecimento das questões fique mais alinhado com os objetivos do trabalho. Em algumas respostas informadas, houve desvios de conceitos, e assim o autor fez uma intervenção para corrigir a fim de que os dados de entrada ficassem de acordo com a proposta das questões.

O projeto analisado será a implantação do sistema *Manufacturing Execution Systems* (MES) no ambiente fabril em uma das plantas produtivas da unidade de análise. O sistema tem por objetivo gerenciar atividades e gerar informações de produção em tempo real, a fim de estabelecer uma conexão entre o planejamento e o chão de fábrica. Para tanto, o objetivo do investimento será obter um ganho de eficiência global, que por sua vez se reverterá em horas produtivas e receita para empresa. Isso já foi constatado em outras análises pela equipe interna, em que a capacidade de produção é menor que a demanda de mercado, e com isso o ganho de eficiência gerará mais receita para a organização. Os detalhes de investimentos, receitas e despesas serão melhor expostos na seção 4.3.

Esse investimento por sua vez pode ser escalonado, pois a implantação do sistema pode ser feita em etapas e estas poderão ser visualizadas na seção 4.2.2 relacionado ao cronograma do projeto.

O índice de ciclo financeiro da empresa, considerando o tempo médio de estoques em 60 dias, prazo médio de recebimento dos clientes em 15 dias e prazo de pagamento aos fornecedores em 30 dias, é 1,5 vezes ao mês ou 0,1225 vezes ao ano. Logo o valor de capital de giro necessário será o valor da despesa incremental ao projeto multiplicado pelo índice de ciclo financeiro.

O tempo para a avaliação dos fluxos de caixa do projeto será de 8 anos, ou seja, é o tempo estimado para a vida útil do investimento aportado. Na resposta preliminar, o gerente de projetos pensou que fosse o tempo estimado do retorno do projeto, mas foi corrigido e explicado que são conceitos diferentes. Após esse tempo de avaliação, o valor do ativo não terá valor contábil a ser considerado.

O tempo de depreciação considerado para o investimento será de 5 anos, e os mesmos não terão valores residuais ao final desse tempo para efeito de cálculo de viabilidade.

O investimento será aportado pela própria empresa, mas ela não sabe qual o seu custo efetivo de oportunidade ou taxa mínima de atratividade, sendo esse um dos objetivos do trabalho. O que a empresa tem como meta é que seu retorno sobre o capital próprio precisa ser, no mínimo, 20% a.a.

A projeção de ganho com o projeto será o aumento de capacidade, que por sua vez se reverterá em receita, pois atualmente sua demanda é maior que a capacidade produtiva, sendo esse um dos objetivos da implantação do sistema MES. A seção 4.3.2 mostrará de forma detalhada como será considerado esse incremento de capacidade e revertido em ganhos operacionais.

Para as despesas e custos, serão considerados os valores adicionais de: mão de obra; licença de manutenção do sistema e reposição dos equipamentos. A seção 4.3.3 trará, com mais riqueza de detalhes, como ocorrerão esses custos.

Além do já exposto, foram consideradas as variáveis de maior relevância no projeto e de maior variação no âmbito da operação. Neste caso foram apontados os índices de eficiência que afetariam os ganhos de operação, inflação que afetaria os custos de operação e a demanda de mercado que pode ter flutuações consideráveis dentro dos clientes tradicionais.

Por fim, foi constatado que a empresa atua no regime de tributação pelo lucro real. O que lhe dá o direito de obter créditos de impostos conforme legislação vigente. Esse fator tem impacto no fluxo de caixa e pode ser significativo, implicando uma decisão de investimento equivocada sob pena da decisão não ser a mais racional dentro da ótica econômica.

4.2 O PROJETO ANALISADO

O MES é uma ferramenta desenhada e construída para a manufatura. Muitas empresas utilizam o MRP, ERP ou equivalente para determinar quais produtos serão fabricados, que nesse caso o MES vem a complementar a funcionalidade dos mesmos. (HWANG, 2006)

O programa MES é um sistema de informação que, de forma ativa e em tempo real, coleta, processa e analisa materiais, produtos semiacabados e acabados, máquinas, tempos, custos e outras variáveis presentes na produção. Também monitora o trabalho, enquanto este ocorre. Também é possível mencionar que o sistema MES funciona como uma central para distribuição de dados do chão de fábrica, para todos os outros sistemas da empresa. Com a necessidade de obter vantagens competitivas num mercado cada vez mais exigente e a informática se desenvolvendo de forma rápida e a custos menores, o uso de TI como o MES se tornou um elemento fundamental para soluções de problemas de comunicação gerados entre os níveis da empresa. (HWANG, 2006)

A instituição *Manufacturing Execution Systems Association* (MESA), que é a associação que integra empresas fornecedoras do sistema MES, define como sendo um sistema que disponibiliza informação e possibilita a otimização das atividades de produção desde a ordem de lançamento até o produto acabado. Usando dados atualizados e precisos, o MES dirige, inicia, responde e envia relatórios das atividades do chão de fábrica de forma rápida. O resultado dessa resposta a rápidas condições de mudança, somado ao fato de reduzir atividades que não agregam valor, faz com que o MES dirija efetivamente as atividades do chão de fábrica e seus processos. O MES, ainda, de forma bidirecional, provê de informações do sistema ERP que ocorre nas atividades de produção. (NEVES; MARINS, 2009)

As principais funções do MES conforme Hwang (2006), incluem: gerenciamento dos recursos de produção; programação detalhado de operações; expedição de unidades de expedição; controle de documentos; coleta aquisição e centralização dos dados; gerenciamento de trabalho; gerenciamento da qualidade; gerenciamento de processos; gerenciamento de manutenção; rastreamento de produtos e análise de desempenho. Logo, o sistema MES é provido de uma central de informação formada por esses 11 elementos ou funções, que se unem a outros bancos de dados.

4.2.1 Abrangência do Projeto

O projeto para análise do investimento se limitou a uma das unidades de negócio da empresa, pois conforme a direção da empresa, é uma forma de avaliar os detalhes antes de amplificar a ferramenta em outra unidade sem ter garantia de que o investimento fora bem sucedido. Importante ressaltar que essa unidade a ser investida, detém a maior parte da receita da empresa, chegando a 80% do valor total. Logo, o motivo pela escolha se justifica pelo alto volume de produção sendo que existe maior complexidade no processo de fabricação. O projeto também contemplará somente a área produtiva da empresa, pois é o objeto central da ferramenta.

4.2.2 Cronograma de Execução

O cronograma para execução do projeto de implantação do MES tem por objetivo mostrar todas as atividades relevantes, a fim de que o valor de investimento possa ser justificado perante a direção da empresa. Esse cronograma foi elaborado em conjunto entre o gerente de projetos da empresa “A” e os técnicos da empresa fornecedora do software. Para melhor observação das atividades e tempo estimado, o cronograma de execução é apresentado no Apêndice D.

Observa-se que o tempo total de implantação do projeto será de 374 horas, isso equivale aproximadamente a 12 meses. O início do projeto aconteceu em outubro de 2019, e sua previsão de início da operação, será em outubro de 2020. Importante salientar que eventos fora da normalidade ao cronograma de implantação, tais como, maior tempo para tomada de decisão entre orçamentos ou maior tempo necessário para treinamentos, não estão contemplados no tempo previsto neste cronograma de implantação.

4.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA

Esta seção abordará as variáveis de entrada do projeto a serem consideradas entre: investimentos; projeção de receitas e despesas; inflação e taxa mínima de atratividade. Essas variáveis são o ponto de partida para o cálculo base do VPL que posteriormente será usado para determinar o valor das opções.

4.3.1 Investimentos

Os investimentos necessários para a execução do projeto foram determinados a partir da necessidade do projeto em conjunto com os técnicos do sistema e dos componentes participantes pela empresa "A", conforme expostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Investimentos necessários para a execução do projeto

Investimentos	Etapas do Investimento	Valor Contábil	Impostos Creditados	Valor Líquido
Software (Licença de Uso)	Planejamento $t = 0$	78.200,00	9,25%	70.966,50
Coletores de Testes	Planejamento $t = 0$	12.100,00	9,25%	10.980,75
Instalações (hardware)	Planejamento $t = 2$	15.000,00	9,25%	13.612,50
Consultoria de Implantação *(ver cronograma-Apêndice D)*	Planejamento $t = 2$	100.425,00	9,25%	91.135,69
Coletores Oficiais	Execução $t = 4$	42.500,00	9,25%	38.568,75
Treinamentos	Execução $t = 4$	10.000,00	9,25%	9.075,00
Capital de Giro	Execução $t = 4$	18.000,00	0,00%	18.000,00
TOTAL		**276.225,00**	**8,65%**	**252.339,19**

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

Nesta composição de investimentos é importante ressaltar o crédito de impostos considerado, pois como já detectado nas respostas da entrevista, a empresa "A" é tributada pelo lucro real e com isso está no regime não cumulativo, sendo possível se beneficiar desses créditos, conforme Lei 10.637 de 30 de dezembro de 2002.

A depreciação considerada será sobre os ativos tangíveis, ou seja, os valores líquidos do software e coletores totalizando R$ 120.516,00 a ser depreciado de forma linear em 5 anos. Também as fases do investimento serão escalonadas conforme o andamento do projeto e análise e decisão de investimento para a próxima etapa. Esses pontos de decisão serão exatamente onde a equipe do projeto avaliará o valor da opção entre prosseguir, postergar ou abandonar o projeto.

4.3.2 Projeção de Receitas

A projeção de receitas considerada será o ganho em capacidade operacional dentro do setor gargalo, que na prática será revertido em produtos faturados. Como já mencionado e considerado aqui nesta análise, verificou-se que a demanda por produtos ofertados pela empresa "A" é maior que a capacidade disponível entregue atualmente e, portanto é possível justificar que o aumento da capacidade se reverterá em receitas. Atualmente a empresa "A" tem macros

setores produtivos com especificidades e particularidades de seus processos. Esses setores são denominados de “mini fábricas” ou setores nominalmente assim chamados: preparação da madeira; usinagem; pintura e montagem e embalagem. Para cada “mini fábrica” é realizada a medição de eficiência adotada pela própria empresa. Sendo essa medida conforme Equação 12.

$$E_i = \frac{\sum Tap_i}{T_i}, \tag{12}$$

E = Eficiência operacional em % num período i;

T_{ap} = Somatório dos tempos apontados das ordens de produção dentro de um período i;

T_i = Tempo de operação disponível total em um período i.

Portanto, a eficiência considerada na “mini fábrica” em um determinado período é registrada de forma mensal e será o somatório dos tempos apontados nas ordens de produção, que corresponde à diferença temporal entre o apontamento final e o inicial de cada ordem. Nesse mesmo cálculo são descontados apontamentos de parada durante a execução da ordem, como, por exemplo, paradas de manutenção corretiva ou falta de material. Todo esse tempo apontado com os descontos das paradas é representado em função do tempo total disponível, sendo o tempo cronológico disponível para o trabalho. Não sendo portanto, descontados tempos de paradas pré-programadas ou tempos de *set-up*. Por exemplo, se em um mês foram gerados um somatório de 100 horas de produção em função dos apontamentos, já descontados os apontamentos de parada e, o tempo disponível em 21 dias foi de 184,80 horas, a eficiência registrada será de 54,11%.

Considerando então que cada “mini fábrica” gera um índice, a eficiência global será aquela que registrar o menor valor, pois o processo de fabricação é dependente entre os setores. Portanto, pela verificação das informações nos registros, o menor índice é verificado na unidade de pintura, que por consequência é o gargalo da empresa.

O histórico da eficiência em 24 meses dentro do setor gargalo na empresa “A” é demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Eficiência mensal da empresa “A”

Período	Eficiência da Fábrica
jul/17	52%
ago/17	51%
set/17	53%
out/17	55%
nov/17	51%
dez/17	45%
jan/18	40%
fev/18	48%
mar/18	47%
abr/18	53%
mai/18	55%
jun/18	52%
jul/18	47%
ago/18	45%
set/18	34%
out/18	38%
nov/18	47%
dez/18	40%
jan/19	42%
fev/19	53%
mar/19	50%
abr/19	56%
mai/19	50%
jun/19	51%
Média	**48,13%**
Desvio Padrão	**5,84%**

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

Considerando em análise conjunta entre o fornecedor do software e a empresa “A”, o ganho de eficiência média com o uso e a racionalização das informações provenientes do MES terá um acréscimo de 5% na eficiência do índice atual. Para tanto, o ganho médio da eficiência global da empresa será na ordem de 2,41 pontos percentuais com um mínimo de 1 p.p. Para medir o valor que representa esse índice, se traduziu em incremento de vendas. Logo foi verificado nos registros o histórico médio anual de quantidade de produtos vendidos entre 2013 a 2018, considerado assim uma quantidade média de 115.254 peças por ano com um desvio padrão de 7.682 ou 6,67%. O preço médio verificado foi de R$ 354,86 com desvio padrão de R$ 85,62 ou 24,1%. Com isso é possível demonstrar os ganhos de receita a partir do incremento de eficiência conforme demonstram os dados na Tabela 8.

Tabela 8 – Composição da receita gerada com o projeto

Sequência	Fatores de Receita	Situação Atual	Situação Proposta	Ganho com o Investimento
1	Produção (pcs/ano)	115.254	121.017	5.763
2	Capacidade Nominal em pçs/ano	239.464	239.464	0
3	Eficiência Atual	48,13%	50,53650%	2,41%
4	Preço Médio s/ impostos (R$/pç)	354,86	354,86	0
5	Receita Anual s/ Impostos	40.899.034	42.943.986	2.044.952

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

Sendo assim, o incremento com um adicional de 2,41 p.p. na eficiência, será gerado por ano 5.763 peças, revertendo em uma receita no ano 1 de R$ 2.044.952, tendo evolução anual conforme taxas de crescimento mencionadas na seção 4.3.4.

4.3.3 Projeção de Custos de Despesas

A projeção de custos e despesas aqui considerados, será partindo de uma média atual encontrada nos registros entre 2013 e 2018, que é de 81,3% sobre a receita. Nesse percentual estão considerados os custos variáveis e fixos sobre a operação. Adicionado o custo e despesas relacionado com o projeto ao longo do tempo como a manutenção do sistema tanto de software quanto hardware, bem como o incremento de mão de obra para coleta e análise das informações, têm-se os valores projetados conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Composição dos custos gerados com o projeto

Sequência	Fatores de Custos e Despesas	Situação Atual	Situação Proposta	Custos com o Investimento
1	Custo Operacional Atual	33.250.915	34.913.461	1.662.546
2	Custos com o projeto	0	144.000	144.000
2.1	Manutenção do Sistema	0	36.000	36.000
2.2	Reposição de Equipamentos	0	6.000	6.000
2.3	Analistas de Produção (2)	0	102.000	102.000
3	Custos Operacionais com Projeto (1+2)	33.250.915	35.057.461	1.806.546
4	Custos Operacionais (% s/ receita)	81,30%	81,64%	0,34%

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

Dessa forma, o custo adicional do ano 1 será de R$ 1.806.546 com a implantação do projeto, adicionado com o custo da operação incremental de peças. Esses valores serão reajustados anualmente conforme previsão de inflação adotada na seção 4.3.4.

4.3.4 Inflação e Taxa de Crescimento Projetada

O crescimento considerado nas receitas será de 3% a.a. com desvio padrão de 1%, conforme diretrizes da empresa, embora seja um crescimento pequeno, será utilizado esse índice por experiências da organização, visto que vários fatores de ordem macroeconômica podem afetar o crescimento das organizações e do mercado. Outro fator a considerar é a aceitação de novos produtos no mercado, uma vez que algumas linhas se renovam em um período médio de 3 anos e, em alguns casos, pequenas alterações de *design* ou relevância técnica é motivo para ajustes de demanda.

Outrossim, será considerado um crescimento médio nos custos do projeto em 5,98% a.a. com desvio padrão de 3,47%, conforme dados oriundos da Confederação Nacional da Indústria (CNI) entre os anos de 2007 a 2018. Esses custos estão relacionados à reposição salarial, custos de mensalidade e reposição de equipamentos que porventura venham a ocorrer.

Com isso a Tabela 10 mostra os percentuais de crescimento e custos considerados para a geração incremental de receitas do projeto.

Tabela 10 – Crescimento e inflação projetada para o projeto

Período	Crescimento da Empresa	Custos para o Projeto	Custos Totais s/ Receita
0			
1	3,00%	5,98%	81,64%
2	3,00%	5,98%	81,65%
3	3,00%	5,98%	81,66%
4	3,00%	5,98%	81,67%
5	3,00%	5,98%	81,68%
6	3,00%	5,98%	81,69%
7	3,00%	5,98%	81,70%
8	3,00%	5,98%	81,71%

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

4.3.5 Determinação da Taxa Mínima de Atratividade

O modelo aqui usado será o custo médio ponderado de capital (CMPC), que se dará conforme Equação 6, mencionada na seção 2.1.6. Para tanto os dados reais da empresa “A” e o CMPC adotado estão expostos conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Determinação da TMA para o projeto

Variáveis	Valores	Participação
Capital próprio	18.028.552	49,00%
Capital de terceiros (dívida)	18.761.930	51,00%
Custo do capital próprio a.a. após IR	20,00%	9,80%
Custo da dívida a.a. após IR	12,00%	6,12%
TMA Considerada	**15,92%**	

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Os dados de capital próprio e de terceiros foram extraídos do balanço patrimonial da empresa "A" referentes ao ano fiscal de 2018. O custo do capital próprio e da dívida, foram provenientes da direção da empresa.

4.3.6 Taxa Livre de Risco

A taxa livre de risco, conforme parâmetros descritos no projeto na seção 2.2.2, foi considerada a taxa nominal. A Tabela 12 resume a taxa livre de risco considerando o período de 2008 a 2018. A série histórica do CDI foi obtida através do portal do Banco Central e ainda foi descontado 15% de imposto de renda sobre a taxa nominal, conforme legislação vigente.

Tabela 12 – Cálculo da taxa livre de risco

Ano	Taxa Nominal CDI	IR	Taxa Livre de Risco
2008	12,28%	1,84%	10,44%
2009	9,97%	1,50%	8,47%
2010	9,80%	1,47%	8,33%
2011	11,65%	1,75%	9,90%
2012	8,44%	1,27%	7,17%
2013	8,04%	1,21%	6,83%
2014	10,77%	1,62%	9,15%
2015	13,35%	2,00%	11,35%
2016	14,06%	2,11%	11,95%
2017	10,07%	1,51%	8,56%
2018	6,47%	0,97%	5,50%
Média do Período			**8,88%**

Fonte: Portal do Banco Central do Brasil (2019).

Logo, verificou-se que a média da taxa real ao ano do CDI já descontado o imposto de renda no período verificado, resultou em 8,88%. Ainda é importe salientar que foi considerado o indexador do CDI, pois o mesmo mede a taxa de juros na economia vinculado ao setor

privado. E a taxa SELIC tem como base a medição de juros do setor público. Como o projeto em análise está vinculado a uma empresa do setor privado, esta é a justificativa para o uso do CDI frente a SELIC, embora as duas taxas sejam muito próximas.

4.4 CÁLCULO DA VIABILIDADE DO PROJETO

Neste momento será tratado o cálculo de viabilidade econômica do projeto analisado. Sendo assim a abordagem iniciará pela avaliação tradicional dos investimentos, que é uma visão muito tradicional usada pelos gestores e tomadores de decisão em projetos de investimento, e também necessária, pois o trabalho pretende fazer uma comparação de análise entre o método tradicional e o método por opções reais.

Em seguida será abordada uma modelagem de variáveis estocásticas, com o objetivo de modelar essas incertezas por faixa de parâmetros estimados com a equipe envolvida no projeto. E por fim, se fará uso do método das opções reais no projeto aqui aplicado, mas também poderá ser usado em investimentos futuros, se a empresa assim optar para avaliação dos programas de investimentos.

4.4.1 Avaliação Tradicional do Investimento

Na Tabela 13, é demonstrado o fluxo de caixa descontado na forma tradicional para o projeto em análise. Recordando que a empresa em estudo é tributada pelo lucro real, logo a taxa de imposto de renda e contribuição social será de 34% sobre a diferença entre receitas e custos, incluindo a depreciação.

Tabela 13 – Fluxo de caixa tradicional do projeto em análise

Ano	Investimento	Receitas Projetadas	Custos Operacionais	IR/CSLL	Depreciação	LL	FC	VP
0	-120.516		-131.823	0			-252.339	-252.339
1		2.044.952	-1.806.546	-72.863	24.103	141.440	165.543	142.808
2		2.106.300	-1.865.033	-73.836	24.103	143.328	167.431	124.600
3		2.169.489	-1.916.406	-77.853	24.103	151.127	175.230	112.494
4		2.234.574	-1.969.320	-81.991	24.103	159.160	183.263	101.493
5		2.301.611	-2.023.821	-86.254	24.103	167.433	191.537	91.507
6		2.370.660	-2.079.957	-98.839		191.863	191.863	79.074
7		2.441.779	-2.137.778	-103.361		200.641	200.641	71.335
8		2.515.033	-2.197.333	-108.018		209.682	209.682	64.311
						VPL	R$ 535.282,87	
						VP	R$ 787.622,06	
						TIR	67,16%	
						TIRM	33,64%	

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Verifica-se portanto que o projeto é viável, pois seu VPL é maior que zero e a sua taxa interna de retorno descontada é 33,64% a.a., ou seja, maior que a TMA de 15,92% a.a. calculada anteriormente conforme Tabela 11. O *payback* desse projeto ficou em 2,9 anos, conforme aplicação da Equação 5 da seção 2.1.5, relacionada o valor presente acumulado na última coluna da Tabela 13.

Entretanto, é possível notar que esse é um fluxo de caixa determinístico, sendo assim variáveis em que a empresa não tem um controle efetivo podem ter variações fora dessa projeção ao longo do tempo, como por exemplo, a eficiência operacional e a taxa de inflação. Desta maneira, será demonstrado, nas seções seguintes, como as opções podem ajudar a minimizar essas incertezas.

4.4.2 Modelagem de Incertezas

Copeland e Antikarov (2002) propõem um modelo de tempo discreto para análise de opções reais, tendo por base que a melhor estimativa de valor de mercado para o projeto é o valor presente sem opção, ou seja, o valor presente apresentado de forma determinística. Essa hipótese é conhecida como a negativa do ativo negociado, em que o valor presente do projeto sem opção é considerado como preço de mercado, do mesmo modo que se fosse um ativo negociável no mercado financeiro.

Assumindo que o mercado é eficiente, a aquisição do projeto a esse preço garante um VPL zero e o retorno esperado do projeto será exatamente a sua taxa de desconto ajustada ao risco. Como resultado, o retorno médio esperado do projeto é definido de forma exógena, sendo normalmente adotado o WACC do projeto. (BRANDÃO; DYER, 2003)

A fim de determinar o VPL do projeto pelo método de Monte Carlo, foram elencadas algumas variáveis independentes que farão parte da simulação. Essas variáveis aqui consideradas em conjunto com os participantes do projeto, conforme o Quadro 7 serão: eficiência operacional, demanda de mercado, taxa de crescimento e inflação. Com isso a partir de um histórico de dados foram expostas as distribuições e o comportamento de cada variável a fim de projetar o VPL de forma estocástica para o período de 8 anos. Os parâmetros das variáveis são mostrados através da Tabela 14.

Tabela 14 – Variáveis estocásticas consideradas no projeto

Variável	**Média**	**Desvio Padrão**	**Distribuição**	**Fonte**
Eficiência total projetada (%)	50,54%	1,41%	Log-normal com mínimo de 49,13%	Dados históricos da empresa e projeção para o projeto
Demanda de mercado (pçs/ano)	115.254	7.682	Log-normal a partir de zero.	Dados históricos da empresa
Taxa de Crescimento (% a.a.)	3,00%	1,00%	Normal	Diretriz da Empresa
Inflação (% a.a.)	5,98%	3,47%	Normal	Dados de Pesquisa (CNI)

Fonte: Dados de Pesquisa (2019).

Para a variável de eficiência projetada, foi considerado que a partir de média histórica de 48,13% será acrescido 5%, o que elevaria a média para 50,54%. Entretanto o fornecedor do software garante por contrato que a eficiência aumentará no mínimo 1 p.p., o que equivale dizer que o índice será de no mínimo 49,13%, por isso a escolha desse tipo de distribuição. O desvio adotado é de 1,41 p.p., sendo a diferença entre a média de 50,54% para o mínimo esperado de 49,13%. Ainda assim é importante frisar que esse é o ganho do projeto aplicado na manufatura, o que significa dizer que se a fábrica ficou em algum período com uma eficiência abaixo de 48%, pelas medições atuais, o projeto ainda assim gerará um aumento de capacidade de, no mínimo 1 p.p., com o uso do software.

Na demanda de mercado, já foi mencionada a origem dos dados e sua base de cálculo. Considerou-se, portanto, uma distribuição log-normal, pois na prática não existem quantidades reais de faturamento menores do que zero. Essa distribuição tem como princípio considerar um

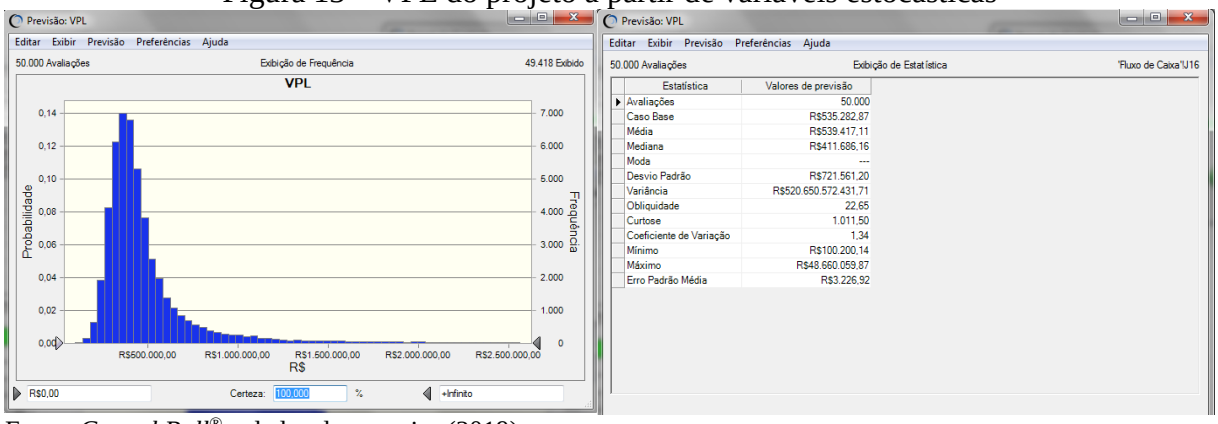
valor mínimo, desde que seja maior que zero, pois não existe logaritmo de números negativos, inclusive o zero.

Para as varáveis de crescimento e inflação, foram considerados os valores já mencionados e classificados como distribuição normal, pois já são conhecidos média e desvio padrão sem valores limitantes.

Contudo, para se determinar o VPL de forma estocástica, com um maior número de combinações possíveis, é sugerido o uso de ferramentas computacionais, neste caso será utilizado o software *Crystal Ball*®. Numa simulação de Monte Carlo, são calculados numerosos cenários de um modelo repetidamente, sorteando os valores da distribuição de probabilidades de todas as variáveis de incerteza, usam-se esses valores no evento e todos esses cenários produzem resultados ou previsões associadas. A distribuição de probabilidades dos valores esperados do VPL é obtida mantendo-se a taxa de desconto *i* constante e FC_t variável de acordo com as incertezas consideradas aqui conforme Tabela 14.

Considerando 50.000 iterações na simulação, se obteve um VPL médio de R$ 539.417, com índice de certeza maior que zero em 100%, conforme distribuição exposta na Figura 13, sendo que a demonstração completa da simulação, pode ser analisada no Anexo A.

Figura 13 – VPL do projeto a partir de variáveis estocásticas



Fonte: *Crystal Ball*® e dados de pesquisa (2019).

Para a avaliação da volatilidade do projeto foi aplicada a abordagem da incerteza de Copeland e Antikarov (2002), em que todas as variáveis estocásticas consideradas sobre o valor do ativo são combinadas numa única incerteza: a variação percentual do valor presente do projeto ao longo do tempo, ou seja, o retorno do projeto é calculado conforme Equação 13.

$$z = \ln\left(\frac{VP_1 + FC_1}{VP_0}\right), \tag{13}$$

Sendo:

$$VP_0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{FC_t}{(1+r)^t}$$

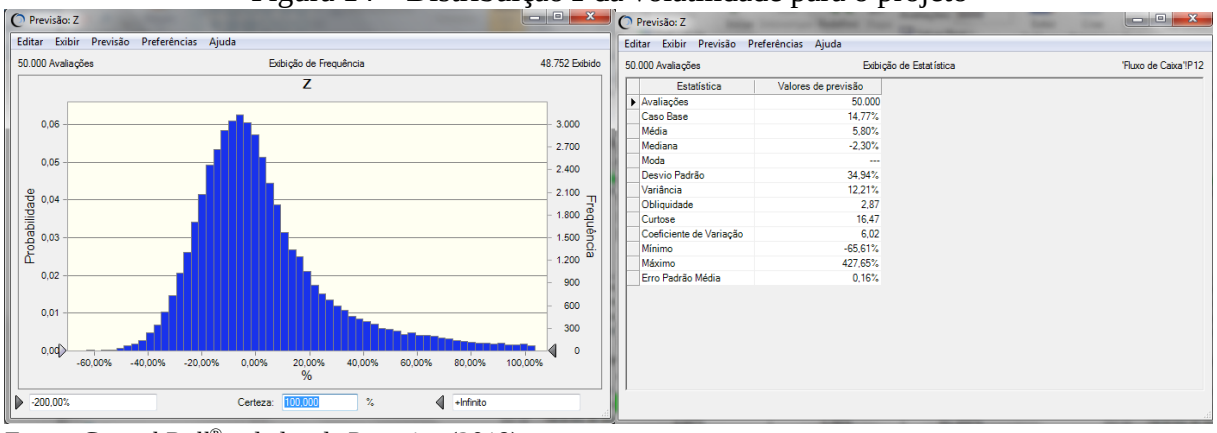
$$VP_1 = \sum_{t=2}^{T} \frac{FC_t}{(1+r)^{t-1}}$$

No projeto em questão, para a taxa de retorno r = 15,92%, o valor presente do caso base VP_0 = R$ 787.622 e o valor presente no ano 1, VP_1 = R$ 747.470, com FC_1 =R$ 165.543, a variação percentual do valor presente do projeto ao longo do tempo resultante é z = 14,77%.

Para tanto a análise de Monte Carlo foi processada novamente no software *Crystal Ball*®, considerando a variável z como resposta a partir do VP_0 constante e deixando VP_1 e FC_1 variarem de acordo com as incertezas consideradas no problema, conforme exposto na Tabela 14.

Na avaliação em 50.000 iterações, é possível perceber graficamente a variação do fluxo de caixa, conforme demostrado na Figura 14, sendo que a demonstração completa da simulação pode ser analisada no Anexo A.

Figura 14 – Distribuição z da volatilidade para o projeto



Fonte: *Crystal Ball*® e dados de Pesquisa (2019).

Logo, o coeficiente de variação do desvio padrão dos fluxos de caixa é de 34,94% ao ano, e a volatilidade é calculada como $\sigma\sqrt{T}$, ou seja, neste caso para 1 ano o valor da volatilidade será exatamente o valor do desvio padrão. Já para um período de 3 meses, a volatilidade será de 17,47%, pois 3 meses equivale a 0,25 de um ano e, com isso, a raiz desse número será 0,5 que multiplicado por 34,94%, resulta em 17,47% ao trimestre. Esse parâmetro da volatilidade trimestral será necessário para o cálculo das opções na seção seguinte.

4.4.3 Abordagem Utilizando Opções Reais

Para a avaliação das opções reais, um dos parâmetros utilizados é a volatilidade do preço do ativo subjacente, negociado no mercado financeiro. Como não há um ativo negociado no mercado financeiro relacionado à otimização de processos produtivos usando o software MES, o VP do próprio projeto de investimento sem flexibilidade foi utilizado como ativo subjacente, sujeito ao risco. E a volatilidade foi considerada o fluxo de caixa atual da operação, conforme já determinado na seção anterior.

A partir desses valores, foram então calculados os movimentos ascendente e descendente, como também as probabilidades neutras ao risco, conforme Equação 10, descritas na seção 2.3.3.

Na Tabela 15, é possível visualizar os parâmetros gerados a partir dessas equações e necessários para posterior cálculo das opções reais do projeto de investimento.

Tabela 15 – Parâmetros para o cálculo das opções

Investimento Fase 1 (t = 0)	81.947
Investimento Fase 2 (t = 2)	104.748
Investimento na Execução (t = 4)	65.643
Preço do Exercício ou Investimento	252.339
Preço do Ativo ou VP do Projeto	787.622
VPL do Projeto	535.282
Volatilidade a.t. (σ)	17,47%
TMA a.t. (i)	3,76%
Prazo da opção em trimestres (t)	4
Frequência de definição por trimestre	1
Taxa de dividendos (b)	0,00%
Probabilidade neutra ao risco ascendente (p)	0,4772
Probabilidade neutra ao risco descendente (q)	0,5228
Taxa livre de risco a.t. (r)	2,15%
Taxa de crescimento ativo-objeto (u)	1,1892
Taxa de redução ativo-objeto (d)	0,8409

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

O prazo da opção do investimento será de 1 ano, sendo que foi definido em um ciclo de análise de 4 trimestres para o projeto, pois existem 3 pontos de decisão onde acontecerá o investimento. O primeiro ponto é no instante inicial ou t = 0, onde será necessário um investimento de R$ 81.947. Em seguida, a primeira decisão será no segundo trimestre em t = 2, com valor de R$ 104.748. E por fim, será no quarto trimestre ou t = 4, com valor de R$ 65.643.

Como existem dois momentos de decisão após t = 0, o fracionamento do tempo foi escolhido de forma trimestral para verificar a evolução do valor da opção antes de cada decisão de investimento. Fazendo o cálculo em estágios mensais, como sugere a literatura, os valores ficariam muito próximos o que, de certa forma, deixaria a árvore de decisão com muitas informações e, sem necessidade de aplicação, pois não existem pontos de investimentos considerando essa frequência mínima.

Estimados os valores da probabilidade ascendente (p), e descendente (q), além da taxa de crescimento (u), e redução (d) do ativo, conforme consta na Tabela 15, foi criada a árvore de eventos para o VP do projeto de investimento, a partir de t = 0 até t = 4, ou seja, até o quarto trimestre do primeiro ano. A Tabela 16 apresenta os valores do VP para todos os períodos.

Tabela 16 – Árvore de eventos para o VP do projeto sem flexibilidade

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
787.622	936.658	1.113.895	1.324.669	1.575.327
	662.299	787.622	936.658	1.113.895
		556.918	662.299	787.622
			468.304	556.918
				393.790

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Com isso em t = 1, o VP pode subir até R$ 936.658 através da multiplicação do VP no instante zero, pela taxa de crescimento u que é de 1,1892, ou cair para R$ 662.299 através do produto do VP no instante zero pela taxa de redução d que é de 0,8409, conforme consta na Tabela 15. Se cair para esse valor, em t = 2 o VP pode voltar a R$ 787.622 ou cair para R$ 556.918, mediante multiplicação da taxa de crescimento u e de redução d, respectivamente. Assim ocorrendo dessa forma sucessiva até o quarto trimestre.

Em continuidade ao procedimento para a avaliação das opções, será construída uma árvore para avaliação da opção em cada uma das duas etapas consideradas para esse projeto. Logo, na primeira análise será considerado o valor da opção no final de t = 2 e depois em t = 4. Como já explicado, não terá momento de decisão em t = 3, portanto não há necessidade de determinar o valor da opção nesse estágio.

Para a avaliação da condição inicial de cada uma das opções, o cálculo é iniciado no final do período, voltando de trás para frente até o instante zero, obtendo-se, portanto, o valor presente da opção. Desta forma a avalição tem início pelo final da coluna, e a opção de investimento em uma fase do projeto pode ser interpretada como uma opção de compra americana em que o preço de exercício do projeto de investimento é equivalente ao valor do investimento de R$ 104.748 a ser realizado no segundo trimestre, cujo valor presente é R$ 97.290. Com isso, se estabelece o VP em t = 4 através da diferença entre o VP sem flexibilidade, conforme Tabela 16, e o investimento em t = 2, considerado em valor presente no instante t = 0. A partir dos valores em t = 4, se retroage para calcular o VP em t = 3, conforme Equação 10 da seção 2.3.3, ou seja, é considerado a soma do produto entre o VPu da coluna em t = 4 pelo valor da probabilidade neutra ao risco ascendente p de 0,4772 e o VPd da mesma coluna em t = 4 pelo valor de probabilidade neutra ao risco descendente q de 0,5228. Esse resultado é dividido pela taxa livre de risco r no trimestre que é de 2,15%, calculando de forma continuada até chegar ao período zero. Sendo assim, o VP do projeto em função dos períodos estão expostos, conforme demonstrado na Tabela 17.

Tabela 17 – Árvore binomial de eventos do VP em t = 2

Período (trim.)	***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
VP	698.986	846.024	1.021.126	1.229.730	1.478.038
		571.478	694.744	841.630	1.016.606
			463.935	567.209	690.332
				373.169	459.629
					296.501
Investimento	97.290	100.950	104.748		

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Com isso, para cada célula da última coluna, a opção é avaliada de acordo com a Equação 14.

$$V_{or} = \text{Max}[V\text{-}X;0] \tag{14}$$

Em que:

V_{or} = valor da opção real

V = VP da árvore de eventos;

X = preço do exercício da opção ou valor do investimento na etapa.

Ou seja, quando o valor presente do projeto calculado no nó correspondente da árvore de eventos for maior que o valor investido, a opção deve ser exercida e seu valor é $V – X$. Caso contrário, a opção não deve ser exercida e seu valor será zero. A Tabela 18 mostra o valor da opção real para continuação em cada nó entre os período t = 0 a t = 2.

Tabela 18 – Árvore de avaliação da opção de investimento em t = 2

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
617.039	764.076	939.218	1.147.782	1.396.090
	489.531	612.797	759.682	934.658
		381.987	485.262	608.385
			291.222	377.681
				214.553

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Como exemplo, o VP no primeiro nó da coluna em t = 2, na Tabela 17, é de R$ 1.021.126, subtraído ao investimento inicial que é de R$ 81.947, o valor da opção para continuar o projeto é de 939.218. Calculando de forma sucessiva até o período t = 0.

Como o valor da opção em todos os nós foi maior que zero em t = 2, esse é o próprio valor da opção em cada nó desse mesmo período. Portanto, é possível observar que o valor da continuação do projeto, já descontado o valor do investimento inicial, equivale a R$ 617.039. Sendo portanto esse valor maior que o investimento de R$ 97.290 equivalente em t = 0, a sugestão do investimento é de prosseguir para a próxima etapa.

Para o cálculo da opção em t = 4, a lógica segue a mesma, como efetuado anteriormente. Dessa forma o valor presente do investimento nesse período é de R$ 56.628, com isso a Tabela 19 mostra o VP para cada ponto dos nós calculados até t = 4.

Tabela 19 – Árvore binomial de eventos do VP em t = 4

Período (trim)	***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
VP	660.887	792.896	966.896	1.174.293	1.421.409
		518.350	640.474	786.193	959.977
			409.665	511.772	633.704
				317.733	403.000
					239.872
Investimento	56.628	58.759	60.970	63.264	65.644

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Aplicando a Equação 14, é possível verificar o valor da opção de continuação em cada nó da árvore, conforme exposto na Tabela 20.

Tabela 20 – Árvore de avaliação da opção de investimento em t = 4

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
578.940	710.949	884.949	1.092.346	1.339.462
	436.403	558.527	704.246	878.030
		327.718	429.825	551.757
			235.785	321.053
				157.925

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Como se observa na Tabela 20, o valor da opção ficou maior que zero em todos os nós da árvore, sugerindo assim a continuação do projeto em todas as possibilidades.

A partir do resultado demostrado na Tabela 20, o valor da continuação do projeto no instante zero é de R$ 578.940 já descontado o investimento inicial na fase 1 de R$ 81.947, portanto sendo maior que o valor do investimento de R$ 56.628, a sugestão é que o investimento seja executado, prosseguindo com o projeto.

Para complementar, se fez a análise do valor do VPL expandido, conforme Equação 11, a qual mostra que esse valor é igual à soma do valor da opção real com o VPL estático, sendo o caminho pelo qual a decisão deve ser tomada quando esse resultado for maior que o VPL estático. A Tabela 21 mostra os valores do VPL expandido em cada nó depois de realizado todo o investimento ao longo dos quatro períodos.

Tabela 21 – VPL expandido da árvore de eventos

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
1.114.223	1.246.232	1.420.232	1.627.629	1.874.745
	971.686	1.093.810	1.239.529	1.413.313
		863.001	965.108	1.087.040
			771.068	856.336
				693.208

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Como exemplo, na segunda célula em t = 2, o valor de R$ 1.093.810 é obtido através da soma no mesmo nó da Tabela 20, que é de R$ 558.527, ao VPL estático, conforme Tabela 13, que é de R$ 535.283. Com a exposição desses valores, é possível sugerir o tipo de decisão em cada nó da árvore de eventos, para dessa forma obter a clareza em quais momentos o projeto deve ou não prosseguir. O Quadro 8 mostra a decisão sugestiva em cada nó da árvore.

Quadro 8 – Decisão para prosseguimento ou abandono do projeto

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
		CONTINUAR	CONTINUAR	CONTINUAR
			CONTINUAR	CONTINUAR
				CONTINUAR

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Portanto, a árvore de decisão mostra as estratégias ótimas a serem aplicadas e o investimento projetado, de acordo com diversos estados, mas no mesmo período de tempo. Observa-se portanto que, para o caso em questão, em todas as fases de investimento e dentro do período de decisão estipulado, é aconselhável o investimento no projeto.

Deste modo, ainda é possível acrescentar a probabilidades de ocorrer o evento em cada nó da árvore de decisão, conforme demonstrado por Dias (2014). Os movimentos ascendentes e descendentes de uma árvore são multiplicativos de forma geométrica, com valor inicial

positivo. Além disso, com os retornos discretos das ramificações da árvore variando entre zero e um, é possível determinar a probabilidade de cada nó. Um modelo de cálculo de probabilidades para 4 períodos segue, conforme o Quadro 9.

Quadro 9 – Árvore binomial de probabilidades para 4 períodos

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
p + q	p	p^2	p^3	p^4
	q	2pq	$3p^2 q$	$4p^3 q$
		q^2	$3p q^2$	$6p^2 q^2$
			q^3	$4p q^3$
				q^4

Fonte: Adaptado de Dias 2014.

Substituindo os valores de *p* e *q* do projeto pelos correspondentes no Quadro 9, tem-se as probabilidades reais em cada nó da árvore de decisão, conforme exposto na Tabela 22.

Tabela 22 – Probabilidade de ocorrência em cada nó da árvore

***t* = 0**	***t* = 1**	***t* = 2**	***t* = 3**	***t* = 4**
1,000	0,477	0,228	0,109	0,052
	0,523	0,499	0,357	0,227
		0,273	0,391	0,373
			0,143	0,273
				0,075
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

Como exemplo, em *t* = 3 o nó em 35,7%, é calculado em 3 vezes a multiplicação do movimento ascendente (47,7%) ao quadrado pelo movimento descendente (52,3%). Já para o valor de 39,1% ainda em *t* = 3, o cálculo corresponde a 3 vezes a multiplicação do movimento ascendente (47,7%), pelo movimento descendente (52,3%) ao quadrado. Desta forma, são calculadas sucessivamente em todos os nós as probabilidades, conforme modelo proposto no Quadro 9.

Como o projeto gerou valor da opção maior que zero em todos os nós, as probabilidades aqui calculadas servem apenas para visualizar a possibilidade de ocorrência de valores em cada fase do investimento, visto que a sugestão é de que o projeto seja investido com 100% de certeza. Mas em outros trabalhos e avaliações ele poderá ser útil, pois poderão ocorrer valores da opção menores que zero ou com VPL expandido menor que o VPL estático, e com isso sabe-se qual a probabilidade de isso ocorrer em cada fase do investimento.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

Diante dos resultados encontrados nos dois métodos apurados, é possível fazer a comparação deles visualizando pelas opções reais que, a abrangência de argumentos considerados para uma tomada de decisão é maior diante da simples análise do VPL pelo método tradicional.

Nota-se que em comparação ao cálculo gerado do VPL pelo método estocástico, não revelou-se a possibilidade de ocorrência menor que zero, conforme demostrado na Figura 13. Isso converge para o resultado do valor da opção também ser maior que zero em todos os nós da árvore de decisão. Mesmo que a análise seja feita sob diferente prisma temporal, ou seja, no VPL é analisado o projeto em sua vida útil que é de 8 anos e, as opções reais são analisadas em um horizonte de tempo menor, onde nesse intervalo ainda é possível optar entre continuar o investimento, adiar ou abandonar. Após 1 ano, essa opção não existirá mais, pois o investimento foi todo liquidado e com isso a reversão dos ativos não será mais possível, mesmo que se possa vender alguns ativos do projeto, o mesmo não será maior que o potencial retorno que o projeto dará até o final da sua vida útil pelos resultados apresentados.

Como ilustração são considerados, na Tabela 23, os valores comparativos entre a análise do projeto pelo método tradicional e usando opções reais.

Tabela 23 – Valores comparativos entre os dois métodos

Método	**Período**	**VPL**	**Valor da Opção**	**VPL Expandido**
Tradicional	$t = 0$	535.283	0,00	535.283
	$t = 1$	535.283	0,00	535.283
	$t = 2$	535.283	0,00	535.283
	$t = 3$	535.283	0,00	535.283
	$t = 4$	535.283	0,00	535.283
Opções Reais	$t = 0$	535.283	578.940	1.114.223
	$t = 1$	535.283	567.426	1.102.709
	$t = 2$	535.283	569.794	1.105.077
	$t = 3$	535.283	572.134	1.107.417
	$t = 4$	535.283	574.443	1.109.726

Fonte: Dados de pesquisa (2019).

A partir do período $t = 1$, foi considerada a média ponderada do valor da opção, conforme Tabela 20, em função da probabilidade de cada nó, conforme Tabela 22, para cada período. Com isso, os dois métodos devem ser comparados com o objetivo de agregar valor na

decisão tomada, visto que, em projetos com VPL próximo a zero ou negativo, essa decisão utilizando apenas o método tradicional poderá ser equivocada, além de a empresa poder deixar de agregar valor à sua operação diante dos *stakeholders*. Lembrando que, no trabalho de Koussis, Martzoukos e Trigeorgis (2007) é feita a recomendação de aplicação de opções reais nesses tipos de projetos, pois ações interativas e a exploração do trabalho podem ser importantes para agregar valor ao projeto.

Portanto, uma comparação entre a sistemática utilizando opções reais e o método tradicional evidencia que o projeto, agregando as opções, apresenta um valor superior, uma vez que incorpora a flexibilidade gerencial de diminuir perdas à medida que as circunstâncias sejam desfavoráveis.

Essa mesma sistemática aplicada, também evita a utilização de taxas de atratividade arbitrárias que possam representar resistências ao investimento de novos projetos, como discutidas no artigo de Copeland e Tufano (2004).

O modelo desenvolvido na empresa "A" proporcionou um aprendizado que já justifica a aplicação das opções no projeto em questão. Também permitiu a modelagem de cenários futuros, de modo que a equipe possa mitigar ações gerenciais a fim de minimizar as ocorrências de cenários impactantes ao resultado do projeto. Mesmo considerando um projeto de investimento abaixo da média de valores em comparação a outros investimentos, o trabalho serviu como conhecimento para aplicação do método em projetos futuros de maior valor agregado e impacto de valor diante dos clientes.

Conforme o relato da equipe participante na empresa, esta será uma ferramenta importante a partir de agora para avaliação de projetos mais robustos e com investimento maior, além de ser possível escalonar um tempo definido. Pois dessa forma é possível visualizar o quanto é provável o projeto obter viabilidade econômica ao longo do tempo, visto que nos quadros de probabilidades tem-se uma noção da ocorrência em cada estágio da árvore de decisão. Como a aplicação do método é trabalhosa e exige conhecimentos mais específicos de estatística, esse tipo de análise será feita apenas para projetos com maior risco de investimentos, em que o cálculo do VPL tradicional seja próximo a zero ou mesmo negativo. Assim será possível se obter uma melhor tomada de decisão presente para gerar valor à empresa no futuro. Desta forma, a empresa conseguiu incorporar na gestão este método como uma ferramenta de apoio para a tomada de decisão na locação dos recursos direcionados a um determinado ativo.

4.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 4

O presente capítulo teve como objetivo aplicar a técnica de análise por opções reais mediante um projeto de ordem prática. Para isso se iniciou, juntamente com a equipe de trabalho aqui mencionada, a coleta dos dados como investimentos, receitas e custos projetados, bem como a determinação da taxa mínima de atratividade da empresa, sendo que ela não tinha conhecimento sobre tal. Em seguida foram coletados dados de cunho macroeconômico, como taxa de inflação buscada no segmento industrial, taxa livre de risco e determinação da projeção de crescimento junto à direção da empresa.

Em seguida foi necessário detectar a variabilidade do fluxo de caixa do projeto, ou como chamado no mercado financeiro, a volatilidade do projeto. Para isso se fez necessário o uso de métodos computacionais com o objetivo de obter as respostas das variáveis independentes de forma mais ágil e com várias interações entre as variáveis dependentes. A partir disso foi possível comparar os resultados pelo cálculo das opções em relação ao método tradicional, observando assim que mesmo com uma probabilidade baixa, é possível o projeto se tornar inviável economicamente, sendo que essa percepção é impossível de verificar pelos métodos tradicionais de análise.

A partir de agora se chegará às conclusões pertinentes ao projeto, expondo o modo de comparação entre os métodos, sob o prisma dos objetivos do trabalho, do autor e dos componentes participantes do projeto, assim como serão tratadas as limitações aqui encontradas e trabalhos futuros que possam ser construídos a partir desse.

5 CONCLUSÕES

Esse capítulo tem por finalidade fazer as considerações finais do trabalho realizado até então mediante objetivos traçados no mesmo. As ponderações se darão a partir dos seguintes pontos: dos objetivos atingidos tanto geral quanto específicos; da perspectiva do autor do trabalho e da equipe envolvida no projeto; das limitações do estudo; além de considerações para trabalhos futuros, podendo ser ou não, na empresa em que foi executado o projeto.

5.1 OBJETIVOS ATINGIDOS

No que tange ao propósito dos objetivos, os mesmos foram atendidos de acordo com o método proposto. Em temos gerais, no âmbito das respostas do questionário de pesquisa, não houve resistência em diagnosticar a situação atual e fundamentar a técnica a partir das respostas recebidas. Por outro lado, não se pode garantir um fator de confiabilidade sobre as respostas recebidas, embora tenha sido realizada uma análise crítica para verificar se as respostas estavam em sintonia com a prática atual e convergentes com os conceitos mínimos que a literatura indica. Essa ferramenta teve o intuito de ajudar a organização a obter uma melhor criticidade na decisão de seus investimentos a partir do capital disponível, sendo então aplicada em um projeto real de investimento para verificar a funcionalidade da mesma em conjunto com os envolvidos na unidade de análise. Por isso, esse tipo de ferramenta pode ser adaptada tanto de acordo com as mudanças latentes internas na organização, quanto com às que acontecem no âmbito externo.

A dissertação iniciou abordando a literatura sobre análise de investimentos em opções reais, bem como apresentou os principias trabalhos referentes ao assunto com ênfase em aplicações práticas já consolidadas. Com isso, percebeu-se que a técnica é recente e que ao longo dos últimos 20 anos, as publicações vêm crescendo de forma aproximadamente linear. Entretanto ao observar especificamente a aplicação na indústria moveleira, notou-se que não existem ainda trabalhos publicados e que esse aprendizado pode contribuir para próximos estudos ligados ao tema presente nesse tipo de indústria.

Em seguida, apresentou-se o referencial teórico sobre o tema pesquisado. Conclui-se que as pessoas que farão a construção do modelo de viabilidade necessitam não só conhecerem bem os conceitos como também terem clareza sobre eles, assim como os indivíduos que diante

de um projeto terão a incumbência de tomar a decisão entre contrair, expandir, postergar ou adiar um investimento sob à luz das opções reais.

Diante dos fatos apresentados, buscou-se na proposta do método de trabalho, apresentar uma forma didática diante de uma ferramenta inovadora dentro da unidade de análise, porém já bastante difundida e testada no mercado financeiro e até mesmo em outros setores da economia. Com isso, o método proposto por Copeland e Antikarov (2001) veio ao encontro dessa proposta inicial e com entendimento fácil perante as pessoas envolvidas no processo, pois a forma de análise por métodos algébricos com uso da árvore de decisão é mais tangível frente ao uso apenas de equações diferenciais.

Por questões de informações restritas, para o cálculo da TMA, foi adotada uma solução mais tradicional e ao mesmo tempo mais simplificada, sendo definida essa taxa pelo método do CMPC. A origem dos dados para esse método é o próprio balanço da empresa e adicionalmente as suas respectivas taxas de capital próprio e de terceiros extraídas conforme respostas obtidas dentro da entrevista semiestruturada.

Na proposição de um método de avaliação pelas opções reais, o tema perante os integrantes da empresa é definido como uma técnica robusta que sustenta argumentos mais avançados. Por outro lado, esse procedimento exige alto conhecimento do assunto e uma certa prática de aplicação, pois nem todos os projetos avaliados irão gerar um valor agregado maior do que o original, conforme procedimentos de cálculo e estratégia definida. Contudo, é possível que um tempo maior de análise seja tomado, para projetos de maior volume financeiro e com dúvidas quanto ao retorno fundamentado nesse tema antes que o investimento se torne irreversível, pois o objetivo será obter um valor agregado através da flexibilidade gerencial.

Para a aplicação da sistemática de avaliação, foram encontradas algumas dificuldades na interpretação de algumas respostas, como a projeção de receitas por meio do ganho de eficiência operacional e a determinação da taxa de oportunidade usada pela empresa. Também foi possível evidenciar que havia um erro de conceito, de acordo com o relato dos participantes da empresa, entre retorno sobre o capital próprio e taxa mínima de atratividade. Isso pode ser considerado absolutamente normal, visto que um mesmo conceito usado entre indivíduos de um mesmo grupo de trabalho pode ser interpretado de forma diferente. Muito embora sejam conceitos importantes, em alguns momentos não são entendidos de forma homogênea entre as pessoas de uma mesma organização, o que pode apresentar equívocos na tomada de decisão final.

Na avaliação dos resultados e contribuições perante a empresa em que o projeto foi desenvolvido, o assunto contribuiu para que em novos projetos de investimentos a equipe possa ter uma melhor análise crítica das principais variáveis que impactam o resultado final. Com isso será possível mensurar a probabilidade que poderá comprometer o projeto a longo prazo. Essa técnica pode ser realizada através da modelagem das variáveis e simulação das mesmas pelo método Monte Carlo, ou aplicar a técnica de opções reais para verificar dentro do tempo da opção de investimento, como tomar a decisão de prosseguir, esperar ou desistir.

Quanto à comparação entre os métodos, foi possível perceber que eles são avaliações complementares, visto que é necessário ter inicialmente uma avaliação pelo método tradicional para depois prosseguir a avaliação com as opções reais. O contrário não é possível, pois nas opções reais é necessário saber o VPL tradicional para se obter o VPL expandido. Na comparação é possível perceber que mesmo tendo diferenças entre eles, se identificam as lacunas entre os momentos de execução do projeto, e que em alguns desses, fica evidente que a inclusão da flexibilidade gerencial modifica consideravelmente o valor do projeto.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados alcançados, é possível verificar que a ferramenta para análise de projetos de investimento se norteia de vários parâmetros de cunho financeiro e estatístico. Sendo assim, um cuidado adicional para a determinação desses valores deve ser bem conduzido, haja vista que a determinação de algum fator de forma equivocada conduz a resultados não reais e divergentes com valor do ativo em estudo. Um dos parâmetros mais importantes é a volatilidade do projeto, sendo balizador importante para a determinação da taxa ascendente e descendente do ativo. Uma limitação para apontar esse índice é quando o mesmo é calculado pelo fluxo de caixa da operação já existente, pois, nesse caso, o projeto é baseado em estimativas dentro de uma faixa de ocorrência e o valor final da opção está relacionado ao projeto em análise e não na operação já presente. Esta é a diferença de quando se pretende investir recursos em ativos já existentes, como compra de ações de empresas, já que nesse caso fica mais tangível e real determinar a volatilidade pelo fluxo de caixa real dessa empresa, pois o investimento será feito inteiramente no ativo já em operação.

Se houvesse a possibilidade de no futuro acontecer da mesma forma como foi previsto, não haveria necessidade de se pensar em opções, pois seria possível saber ao certo o que iria acontecer. Contudo, em um ambiente de incertezas, a flexibilidade para adiar, expandir, contrair

ou abandonar um projeto tem um valor possível de ser determinado. Os métodos tradicionais de investimento não detêm adequadamente a flexibilidade disponível aos gerentes para revisar e adaptar os projetos de investimento. Portanto, deixar de estimar essa flexibilidade gerencial faz com que o valor presente líquido do projeto seja subestimado.

As árvores de decisão podem ajudar a entender o processo decisório, mas a teoria das opções reais pode ser vista como combinação correta de árvores de decisão com o método do VPL, com uso de probabilidades e taxas de desconto adequadas. Também é possível verificar que as opções reais complementam o método tradicional, uma vez que o VPL expandido corresponde ao VPL estático, adicionado ao valor da opção real, acrescentando assim um componente adicional ao valor do projeto, além de considerar de maneira satisfatória a incerteza implícita no projeto.

Importante ressaltar que variáveis de cunho qualitativo, como a cultura das organizações, podem ser resistência e entraves para a aceitação de um novo processo de avaliação de investimentos. Sendo assim, é importante estar atento não só ao processo de modelagem mas também à maneira como esse processo será apresentado aos colaboradores da empresa em que será realizado o estudo.

O método usado nesse trabalho, se voltou ao uso de álgebra simples, em lugar de equações diferenciais e planilhas de cálculo mais complexas. Isso ajuda a evitar a sensação de "caixa preta" junto à gerência e aumenta a receptividade para com o novo método. Mas mesmo assim, a análise de opções exige que os participantes envolvidos usem suas estimativas conscientes e entendam a incerteza e quais decisões devem ser tomadas em respostas a ela e o que pode ser considerado como um novo desafio.

Em um ambiente comercial instável e competitivo, as empresas devem sofisticar-se na maneira como avaliam seus investimentos, podendo encarar as opções reais como uma escolha promissora capaz de auxiliar a administração a pesar, de forma mais transparente e realista, o processo de tomada de decisão.

5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Quanto à limitação na pesquisa bibliográfica, é possível destacar que foram pesquisados trabalhos em algumas bases e com palavras-chaves específicas, tal fato ocorre porque a pesquisa bibliográfica ocorreu durante os meses de julho de 2018 a maio de 2019, portanto não é possível dar conta de todo avanço da produção científica após este período, fato

que pode constituir um limite na busca de outros trabalhos que não foram descobertos, e que poderiam fornecer contribuições maiores para a pesquisa. A delimitação e a abrangência da população dos trabalhos mapeados impõe barreiras as quais inexistem no dinamismo e aprimoramento da teoria, visto que uma pesquisa relacionada ao estado da arte nunca terá um limite, pois a evolução da ciência é ininterrupta, ou seja, vai se construindo ao longo do tempo, podendo ser em diferentes abordagens. Sendo assim, os conceitos sofrem mutações, devido às influências do campo de pesquisa e dos atores inseridos.

De certa forma, poderia ter expandido o trabalho utilizando o cálculo do CAPM para melhor aprofundamento do valor da TMA, mas isso não foi possível porque existe somente um ativo listado no IBOVESPA equivalente ao mesmo segmento da unidade de análise considerada nesse trabalho. Sendo assim, não tendo outras empresas ou o próprio segmento para comparar o índice Beta da equação, ficaria de forma inconsistente determinar a TMA por esse método. Outra solução para o índice Beta poderia ser elencada através de outras empresas pertencentes ao IBOVESPA, mas como são de segmentos diferentes, seus indicadores rementem a uma realidade divergente da empresa “A”, na qual foi aplicado esse trabalho.

A medição da eficiência atual não é aderente à medição de ganhos mencionados no sistema de produção, pois na fórmula atual, o divisor é o tempo total disponível, não descontando, por exemplo, paradas de máquinas pré-programadas ou tempo útil sem demanda de produção. Para isso a sugestão é usar a medição segundo o método *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou ainda considerar realmente o tempo útil de trabalho na fórmula atual. Mas para comparar o real ganho com o sistema, isso teria que ser recalculado nos dados históricos de medição da eficiência, conforme registrados na Tabela 7.

Cabe ressaltar que o modelo e os dados utilizados referem-se a um projeto específico, significando que se aplicado a outros programas de investimento, poderá não reproduzir a mesma lógica de análise, pois cada projeto tem particularidades específicas como: tempo de análise do investimento; estágios de decisão; taxa de retorno; volatilidade; etc. Entretanto, o modelo aqui proposto pode vir a ser utilizado como base e exemplo para a aplicação do método em outros projetos.

5.4 TRABALHOS FUTUROS

Para finalizar, o trabalho deixará algumas vertentes para que possam ser exploradas em outras oportunidades de estudo pelo próprio autor ou pela comunidade científica. Diante

das considerações feitas até então, se pressupõe que podem ser desenvolvidos mais trabalhos com aplicação no setor industrial e, de forma específica, no segmento moveleiro, pois como já visto, não existem estudos formais realizados com o uso de opções reais nesse setor importante da economia. Os trabalhos podem ser desenvolvidos através de outros projetos, tais como: desenvolvimento de novos produtos; expansão para aumento de escala industrial; ativos para melhoria do processo de fabricação; entre outros.

Na determinação do custo de capital, é importante fazer estudos determinando esse índice através do método CAPM. Embora para esse segmento em específico, a divulgação de dados seja mais restrita, poderia ser considerado o índice Beta dentro de um segmento ligeiramente acima do moveleiro e com isso comparar o resultado das opções com o custo de capital relacionado ao CMPC da empresa. Pode ser ainda considerado um custo de capital específico para o projeto em análise, que teoricamente poderá ser diferente do custo de capital global da empresa.

Na avaliação de risco de projetos de investimento, além de considerar o uso do método de Monte Carlo como já exposto aqui, é importante também considerar um maior número possível de variáveis independentes de forma estocástica. Desta forma, o resultado de risco da variável dependente do projeto ficará mais tangível, com possibilidade de mitigar essas ameaças de acordo com as premissas do projeto em estudo.

Em projetos de redução de custos, em que o ganho de receita é em função de aumento de eficiência operacional, deve-se utilizar medições de acordo com a bibliografia já consolidada e com trabalhos já publicados, sendo possível verificar os ganhos que já são consistentes. Como exposto aqui, um dos métodos de medição da eficiência de forma global proposto pela literatura é o índice de rendimento operacional global (IROG) ou também conhecido de forma global como o OEE.

Dentro do âmbito financeiro, é recomendado utilizar o método de opções reais para avaliar a estrutura de capital, pois, como visto neste trabalho, o custo de capital da empresa é aproximadamente 15% a.a. Com a taxa nesse nível, é possível obter no mercado financiamento a custos menores ou ainda verificar a possibilidade de geração de títulos ao mercado com custos menores do que o atual. Sendo assim, é possível alavancar uma parte da empresa de forma financeira e pagar menos tributos como imposto de renda e contribuição social. Mesmo tendo um passivo a longo prazo, as disponibilidades podem ser usadas tanto para operação da empresa, quanto para investimentos no mercado financeiro.

REFERÊNCIAS

ALKARAAN, F.; NORTHCOTT, D. Strategic capital investment decision-making: a role for emergent analysis tools? A study of practice in large UK manufacturing companies. **The British Accounting Review.** v.38, n.2, p. 149-173. 2006.

ALVAREZ, F.; DIXIT, A. A real options perspective on the future of the Euro. **Journal of Monetary Economics.** v.61, p. 78-109, 2014.

ANDALIB, M. S.; TAVAKOLAN, M.; GATMIRI, B. Modeling managerial behavior in real options valuation for project-based environments. **International Journal of Project Management.** v. 36, p. 600–611, 2018.

AMRAM, M.; KULATILAKA, N. **Real Options: Managing Strategic Investment in Uncertain World**. Boston, MA: Harvard Business School Press. 1999.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa.** São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **Journal of Political Economy.** n. 81, p. 637-659, 1973.

BOWMAN, E.H.; HURRY, D. Strategy Through the Option Lens: An Integrated View of Resource Investments and the Incremental Choice Process. **Academy of Management Review.** v.18, n.4, p.760-782. 1993.

BRASIL, H. G. **Avaliação Moderna de Investimento.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

BRANDÃO, L. E.; et al. Government supports in public–private partnership contracts: metro line 4 of the São Paulo subway system. **Journal of Infrastructure Systems.** v. 18 n. 3, p. 218–225, 2012.

BRANDÃO, L. E.; DYER, J. S. Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation. **Operations Research: Recent Advances in Decision Making under Uncertainty**, 2003.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. **Principles of Corporate Finance.** 4. ed., New York: McGraw-Hill, 1991.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies.** 1. ed., London: Routledge, 1989.

COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: Um Novo Paradigma para Reinventar a Avaliação de Investimentos.** Rio de Janeiro: Campus, 2002.

COPELAND, T. E.; TUFANO, P. **A real world way to manage real options.** Harvard Business Review, v. 83, n. 2, p. 90-99, 2004.

COSTA, L. A.; AZEVEDO, F. P.; SAMANEZ, C. P. Investiment Strategies in the Brazilian Industry of aluminium cans: na analysis in the context of real options games. **Journal Business Management.** São Paulo. v. 17, n. 57, p. 1246-1263, jul-set 2015.

COSTA, L. D.; SAMANEZ, C. P. Real Options Analysis of Petrochemicals Industry Investiment Projects. **Interciência**. v. 39, n. 2, p. 85-90, 2014.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations and Production Management.** v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DAMODARAN, A**. Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset.** New York: John Wiley & Sons, 2ª Edição, 2002.

DAVES, J. A.; MARINO, L.; AARON, J. A Real Options Perspective of Platform Investiments in Service Fir. **International Journal of Organizational Analysis**. v. 14, n. 2, p. 107-129, 2006.

DIAS, M. A. G. **Investimento sob Incerteza em Exploração de Petróleo.** 1996. 470 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – PUC/RJ, Rio de Janeiro. 1996.

DIAS, M. A. G. **Opções Reais Híbridas com Aplicações em Petróleo.** 2005. 490 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – PUC/RJ, Rio de Janeiro. 2005. 490 f.

DIAS, M. A. G. **Análise de Investimentos com Opções Reais – Teoria e Prática com Aplicações em Petróleo e em Outros Setores.** Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

DIMPFEL, M.; HABANN, F.; ALGESHEIMER, R. Real Options Theory, flexibility and the Media Industry. **International Journal of Media Management.** v. 4, n. 4, p. 261-272, 2002.

DIXIT, A.; PINDYCK, R. **Investment Under Uncertainty.** Princeton, NJ: Princeton University Press.1994.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. The Options Approach to Capital Investment. **Harvard Business Review.** v. 73, n. 1, Mai-Jun, p. 105-15, 1995.

FLETEN, S.; HAUGOM, E.; ULLRICH, C. J. The Real Options to Shutdown, Startup, and Abandon: U.S. Electricity Industry Evidence. **Journal Energy Economics**. v. 63, p. 1-12, 2017.

FREZATTI, F.; et al. Decisões de Investimento em Ativos de Longo Prazo nas Empresas Brasileiras: Qual a Aderência ao Modelo Teórico? **Revista de Administração Contemporânea (RAC).** V6, n1, p1-22, jan/fev 2012. Rio de Janeiro.

GALINARI, R.; TEIXEIRA JR., J. R.; MORGADO, R. R. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista BNDES Setorial.** n.37, p.227-272, mar. 2013.

GONG, J. J.; STEDE, W. V.; YOUNG, S. M. Real Options in the Motion Picture Industry: Evidence from Film Marketing and Sequels. **Contenporary Accounting Research.** v. 28, n. 5, p. 1438-1466, 2011.

GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. The Teory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field. **Journal of Financial Economics.** v. 60, p. 187-243, 2001.

GULER, I. An Empiracal examination of management of Real Options in the us venture capital industry. **Journal Adavances in strategic Management.** v. 24, p. 485-506, 2007.

HWANG, Y.D. The practices of integrating manufacturing execution system and six sigma methodology. **International Journal if Advanced Manufacturing Technology**, n.30, p. 761-768, 2006.

HARMANTZIS, F. C.; TANGUTURI, V. P. Investiment decisions in the wireless industry applying real options. **Journal Telecommunication Policy.** v. 31, p. 107-123, 2007.

HORN, A.; et al. The use of real option theory in scandinavia's largest companies. **Intertational Review of Financial Analysis.** v.41, p.74-81, 2015.

HULL. J. C. **Options, Future and Other Derivatives.** 5ª edição. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?=&t=series-historicas. Acesso em 31 jul. 2019.

KEOW, A. J.; et al. **Financial Management: principles and applications.** 10 ª edição. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

KESTER, W.C. **Today's Options for Tomorrow's Growth. Harvard Business Review**. v. 62, n.2, p. 153–160, 1984.

KIM, H. J.; WEISS, M. B. H.; MOREL, B. Real Options and Technology management: Assessing technology migration options in wirless industry. **Journal Telematics and Informatics.** v. 26, p. 180-192, 2009.

KINIAS, I.; TSAKALOS, I.; KONSTANTOPOULOS, N. Investment evaluation in renewable projects under uncertainty, using real options analysis: the case of wind power industry. **Journal Investiment Management and Financial Innovations.** v. 14, n.1, 2017.

KOSOWSKI, P.; STOPA, J. An estimation of profitability of investiment projects in the oil and gas industry using real options theory. **Archives of mining sciences**. v. 57, n. 2, p. 391-401, 2012.

KOUSSIS, N.; MARTZOUKOS, S. H.; TRIGEORGIS, L. **Product development with value-enhancing options.** In: 11th Annual Conference of Real Options. Berkeley, CA. June, 2007.

KULATILAKA, N. Operating Flexibilities in Capital Budgeting: Substitutability and Complementarity in Real Options. **Real Options in Capital Investments: Models, Strategies, and Aplications**. Ed. by L. Trigeorgis, Praeger Publisher, Westport, Conn., 1995

KUMBAROGLU, G.; MADLENER, R.; DEMIREL, M. A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation Technologies. **Energy Economics.** v. 30, n. 4, p. 1882-1908, 2008.

LANKTON, L.; LUFT, J. Uncertainty and Industry Structure Effects on Managerial Intuition About Information Technology Real Options. **Journal of Management Information Systems**. v. 25, n. 2, p. 203-240, 2008.

LAPPONI, J. C. **Projetos de Investimento na Empresa.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LAVOIE, B. F.; SHELDON, I. M. The source of Comparative Advantage in the Biotechnology Industry: A Real Options Approach. **Journal Agribusiness.** v. 16, n. 1, p. 56-67, 2000.

LEVYNE, O.; HELLER, D. Cinema Industry: Usefulness of the Real Options Approach for Valuation Purpose. **International Journal of Business**. v. 21, n. 1, p. 26-41, 2016.

LIN, C.; WU, C. Batch Process and Transfer Decisions in Foreign Market: a Real Options Model. **Journal Applied Stochastic Models in Business and Industry.** v. 19, p. 121-131, 2002.

MACKLAN, S.; KNOX, S.; RYALS, L. Using Real Options to help build the business case for CRM investment. **Long Range Planning**. v. 38, n. 4, p. 393-410, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de Metodologia Cinetífica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MCGRATH, R.G.; FERRIER, W.J.; MENDELOW, A. L. Response: Real Options as Engines of Choice and Heterogeneity. **Academy of Management Review.** v. 29, n. 1, p. 86–101, 2004.

MEIRELLES, J. L. F. **A Teoria das Opções Reais como Instrumento de Avaliação de Projetos de Investimento.** 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, 2004.

MELLO, C. H. P.; et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Revista Produção.** v. 22, n.1, p.1-13, jan-fev 2012.

MERTON, R. C. Theory of Rational Option Pricing. **Bell Journal of Economics and Management Science.** n. 4, p. 141-183, 1973.

MILLER, L.; BERTUS, M. License Valuation in the Aerospace Industry: a Real Options Approach. **Journal Review of Financial Economics.** v. 14, n. 2, p. 225-239, 2005.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria de Opções Reais Aplicada a Projetos de Investimento.** São Paulo: Atlas, 2004.

MOAMI, A. M.; AL HAWARI, T. H.; MOUSA, R. W. Using Expaned Real Options Analysis to Evaluate Capacity Expansion Decisions Under Uncertainty in the Construction

Material Industry. **Journal South Africa Journal of Industrial Engineering**. v. 27, n. 2, p. 1-14, 2016.

MONTEIRO, R. C. **Contribuições da Abordagem de Avaliação de Opções Reais em Ambientes Econômicos de Grande Volatilidade – Uma Ênfase no Cenário Latino – Americano.** 2003. 200 f. (Dissertação Mestrado em Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP, São Paulo, 2003.

MUN, J. **Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions.** New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

MYERS, S. C. Determinants of Corporate Borrowing. **Journal of Financial Economics.** p.147-175, nov. 1977.

MYERS, S. C. Finance Theory an Financial Strategy. **Midland Corporate Finance Journal.** v.5, n. 1, p. 14-21, 1987.

NEGRÃO, L. L. L.; et al. Real Options Theory: Financial Economic Assessment of Projects in the Ceramics Industry. **Revista Produção Online.** v. 15, n. 3, p. 1049-1079, jul/set. 2015.

NEVES, J. M. S.; MARINS, F. A. S. Contribuições da implantação da Tecnologia de informação, XVI SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. 2009, Bauru. **Anais [...].** Bauru, 2009.

NORONHA J. **Opções Reais Aplicadas à Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos em uma Indústria de Autopeças.** 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

NORONHA J.; et al. Opções reais aplicadas à gestão do processo de desenvolvimento de produtos em uma indústria de autopeças. **Revista Gestão e Produção.** v. 21, n.1, p.77-94, 2014.

OQUIST, P. The epistemology of action research. **Acta Sociologica.** v. 21, n.2, p.143-163. 1978.

OZORITO, L. M.; et al. Mean Reversion with Drift and Real Options in Steel Industry. **Revista Brasileira de Finanças.** v. 10, n. 2, p. 215-241, 2012.

RAMIREZ, N. **Valuing Flexibility in Infrastructure Developments: The Bogota Water Supply Expansion Plan.** 2002. 226 f. Master of Science in Tecnology and Policy – Enginnering Systems Division, Massachusetts Institute of Tecnology. Cambridge, 2002.

ROCHA, A. B. S.; PINTO, A. C. F. The Air Transport Industry Crisis in Brazil and in the USA and Companies Additional Value Due to Real Options Analysis. **Journal Latin American Business Review.** v. 6, n. 3, p. 84-111, 2005.

ROCHMAN, R. R. **Análise de métodos numéricos para precificação de opções.** 1998. 152 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1998.

ROSS, S. A.; et al. **Administração Financeira.** Porto Alegre: AMG, 2015.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. **Management Research News.** v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.

SANTOS, E. M. **Um Estudo sobre a Teoria das Opções Reais Aplicada à Análise de Investimentos em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).** 2001. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2001.

SANYAL, S.; SETT, P. K. Applying real options theory to HRM: an empirical study of IT software firms in India. **The International Journal of Human Resource Management.** v.22, n.1, p. 72-102, jan.2011.

SCHRYVER, T.; ASSELBERGH, G. The Dinamics of Real Options Thinking on Competition Through Innovation: The Case of Pharmaceutical Industry. **Journal Competitiveness Review.** v. 13, n. 2, p. 16-27, 2003.

SMIT, H. T. J.; TRIGEORGIS, L. **Strategic Investment**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2004.

SPEROTTO, F. Q. Setor moveleiro brasileiro e gaúcho: características, configuração e perspectiva. **Revista Indicadores Econômicos FEE.** v. 45, n.4, p.43-60, 2018.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18a. edição. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

TRANG, N. T.; TAKEZAWA, N.; TAKEZAWA, N. Real Options and the Evaluation of Research and Developement Projects in the Pharmaceutical Industry: a Case Study. **Journal of the Operation Research Society of Japan**. v. 45, n. 4, p. 385-403, 2002.

TRIGEORGIS, L. **Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation.** Cambridge (EUA): MIT Press, 1996.

TRIGEORGIS, L. A making use of real options simple: An overview and applications in flexible/modular decision making. **The Enginnering Economist.** v. 50, n.1 p. 15-53, 2005.

TRIGEORGIS, L.; TSEKREKOS, A. Real options in operations research: a review. **European Journal of Operational Research.** v. 270, p. 1-24, 2018.

WARNER, A. G.; FAIRBANK, J. F.; STEENSMA H. K. Managing Uncertainty in a Formal Standards Based Industry: a Real Options Perspective on Aquisition Timing. **Journal of Management.** v. 32, n. 2, p. 279-298, abr. 2006.

WESTBROOK, R. Action Research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations & Production Management.** v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.

WÖRSDÖRFER, D.; LIER, S.; CRASSELT, N. Real Options based evaluation model for transformable plant designs in the process industry. **Journal of Manufacturing Systems.** v. 42, p. 29-43, 2017.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YOSHIMURA, E. K. **Opções Reais Aplicadas à Análise da Qualidade de Investimento na Construção Civil.** 2007. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ZARCZYNSKI, P. Pricing Methodology and Possibilites of Application the Real Options in Coke Industry. **Journal Mineral Resources Management.** v. 24, n. 3, p. 357-369, 2008.

APÊNDICE A – CARACTERÍSTICAS DOS ARTIGOS PESQUISADOS

Autores	**Título do Artigo**	**Ano e Local**	***Journal***
Moami, A. M.; Al Hawari, T. H.; Mousa, R. W.	*Using Expaned Real Options Analysis to Evaluate Capacity Expansion Decisions Under Uncertainty in the Construction Material Industry*	2016 - Jordânia	*South Africa Journal of Industrial Engineering*
Kinias, I.; Tsakalos, I.; Konstantopoulos, N.	*Investment evaluation in renewable projects under uncertainty, using real options analysis: the case of wind power industry*	2017 - Grécia	*Investiment Management and Financial Innovations*
Costa, L. A.; Azevedo, F. P.; Samanez, C. P.	*Investiment Strategies in the Brazilian Industry of aluminium cans: an analysis in the context of real options games*	2015 - Brasil	*Business Management*
Miller, L.; Bertus, M.	*License Valuation in the Aerospace Industry: a Real Options Approach*	2005 - EUA	*Review of Financial Economics*
Harmantzis, F. C.; Tanguturi, V. P.	*Investiment decisions in the wireless industry applying real options*	2007 - EUA	*Telecommunication Policy*
Lankton, L.; Luft, J.	*Uncertainty and Industry Structure Effects on Managerial Intuition About Information Technology Real Options*	2008 - EUA	*Journal of Management Information Systems*
Kim, H. J.; Weiss M. B. H.; Morel, B.	*Real Options and Technology management: Assessing technology migration options in wirless industry*	2009 - EUA	*Telematics and Informatics*
Lin, C.; Wu, C.	*Batch Process and Transfer Decisions in Foreign Market: a Real Options Model*	2002 - Taiwan	*Applied Stochastic Models in Business and Industry*
Warner, A. G.; Fairbank, J. F.; Steensma H. K.	*Managing Uncertainty in a Formal Standards Based Industry: a Real Options Perspective on Aquisition Timing*	2006 - EUA	*Journal of Management*
Gong, J. J.; Stede, W. V.; Young, S. M.	*Real Options in the Motion Picture Industry: Evidence from Film Marketing and Sequels*	2011 - EUA	*Contenporary Accounting Research*
Ozorito, L. M.; et al.	*Mean Reversion with Drift and Real Options in Steel Industry*	2012- Brasil	Revista Brasileira de Finanças
Fleten S.; Haugom, E.; Ullrich, C. J.	*The Real Options to Shutdown, Startup, and Abandon: U.S. Electricity Industry Evidence*	2017 - Noruega	*Energy Economics*
Negrão, L. L. L.; et al.	*Real Options Theory: Financial Economic Assessment of Projects in the Ceramics Industry*	2015 - Brasil	Revista Produção Online
Levyne, O.; Heller, D.	*Cinema Industry: Usefulness of the Real Options Approach for Valuation Purpose*	2016 - França	*International Journal of Business*
Dimpfel, M.; Habann, F.; Algesheimer, R.	*Real Options Theory, flexibility and the Media Industry*	2002 - Suíça	*International Journal of Media Management*

Trang, N. T.; Takezawa, N.; Takezawa, N.	*Real Options and the Evaluation of Research and Developement Projects in the Pharmaceutical Industry: a Case Study*	2002 - Japão	*Journal of the Operation Research Society of Japan*
Daves, J. A.; Marino, L.; Aaron, J.	*A Real Options Perspective of Platform Investiments in Service Firms*	2006 - EUA	*International Journal of Organizational Analysis*
Schryver, T.; Asselbergh, G.	*The Dinamics of Real Options Thinking on Competition Through Innovation: The Case of Pharmaceutical Industry*	2003 - EUA	*Competitiveness Review*
Lavoie, B. F.; Sheldon, I. M.	*The source of Comparative Advantage in the Biotechnology Industry: A Real Options Approach*	2000 - EUA	*Agribusiness*
Rocha, A. B. S.; Pinto, A. C. F.	*The Air Transport Industry Crisis in Brazil and in the USA and Companies Additional Value Due to Real Options Analysis*	2005 - Brasil	*Latin American Business Review*
Wörsdörfer, D.; Lier, S.; Crasselt, N.	*Real Options based evaluation model for transformable plant designs in the process industry*	2017 - Alemanha	*Journal of Manufacturing Systems*
Guler, I.	*An Empiracal examination of management of Real Options in the us venture capital industry*	2007 - EUA	*Adavances in strategic Management*
Kosowski, P.; Stopa, J.	*An Estimation of Profitability of Investiment Projects in the Oil and Gas Industry Using Real Options Theory*	2012 - Polonia	*Archives of mining sciences*
Costa, L.D.; Samanez, C.P.	*Real Options Analysis of Petrochemicals Industry Investiment Projects*	2014 - Brasil	Interciência
Zarczynski, P.	*Pricing Methodology and Possibilites of Application the Real Options in Coke Industry*	2008 - Polonia	*Mineral Resources Management*

APÊNDICE B – ASSUNTOS DOS ARTIGOS PESQUISADOS

Autores	Assunto Principal
Moami, A. M.; Al Hawari, T. H.; Mousa, R. W.	Análise da expansão dos investimentos em uma indústria de construção com o uso do método de árvore de decisão e análise de cenários.
Kinias, I.; Tsakalos, I.; Konstantopoulos, N.	Análise de investimentos em energia eólica em diferentes países considerando as variáveis de preço e tempo de investimento como variáveis com incerteza elevada.
Costa, L. A.; Azevedo, F. P.; Samanez, C. P.	Analisar o impacto de vantagens na situação que considera o momento ideal de investimento nas indústrias brasileiras oligopólios de alumínio.
Miller, L.; Bertus, M.	Aplicação de opções reais na indústria aeroespacial, verificando oportunidades de licença de atrasos tradicionais, licença de investimentos em contingência, licença com custo de incertezas e licença de atraso indefinido. As opções reais capturam valores de negligências em que a abordagem de fluxo de caixa não é considerada.
Harmantzis, F. C.; Tanguturi, V. P.	Aplicação de opções reais na indústria de tecnologia em rede sem fio. Foi estimado o investimento em duas estratégias: diferimento na expansão de 2.5G para 3G e expansão de uma rede de 2.5G usando rede sem fio como tecnologia. Foram examinados os dados de forma quantitativo e qualitativo usando hipóteses e parâmetros realistas. A análise de sensibilidade foi uma das alternativas usadas para definir parâmetros estratégicos.
Lankton, L.; Luft, J.	O artigo mostra que o método de avaliação de opções reais é oneroso, mas importante. Com isso os autores sugerem o uso de duas teorias econômicas comportamentais para prever o tipo de opção. Essas teorias são: diferenças entre juízos intuitivos e prescrições de opções reais. Uma limitação desse estudo é que pesquisas futuras não devem testar a consistência geral entre o julgamento e as opções reais, mas deve identificar e explicar a variação sistemática na consistência entre tipos e configurações de opções.
Kim, H. J.; Weiss M. B. H.; Morel, B.	O artigo aborda a opção de investimento de uma empresa do segmento tecnológico entre migrar a tecnologia da segunda para a terceira geração. Em caso de migrar, qual caminho deverá ser seguido a fim de atender as estratégias da organização.
Lin, C.; Wu, C.	O artigo discute o modelo de Lin et al. (2002), que aborda a constante de elasticidade para substituição, em que se prolonga a produção por lotes para uma taxa de câmbio incerta, considerando que um fabricante pode decidir alternar livremente entre locais nacionais e estrangeiros conforme os custos de saída e entrada.
Warner, A. G.; Fairbank, J. F.; Steensma H. K.	Empresas podem intervir em padrões de tecnologia a fim de reduzir incertezas e influenciar resultados a seu favor. Focando na aquisição, o artigo mostra que essa opção pode gerar crescimento tanto se os adquirentes não possuem conhecimento técnico, quanto se as empresas possuem meta relevante de conhecimento ou os adquirentes têm prioridade de investimento em capital na empresa alvo.
Gong, J. J.; Stede, W. V.; Young, S. M.	O artigo elucida a escolha entre a continuação de comercializar um filme após seu lançamento que seria a opção de abandonar a produção do filme, ou uma opção de expandir a produção do msmo, dando continuidade ao projeto.

Ozorito, L. M.; et al.	O artigo tem por objetivo avaliar as opções reais pelo processo estocástico dos preços do aço. Além do que os preços do aço podem ser guiados por um componente de reversão à média e componentes de tendência ascendente que elevam a média a longo prazo. O artigo avalia também a implicação desse modelo na avaliação de projetos na indústria siderúrgica.
Fleten S.; Haugom, E.; Ullrich, C. J.	O artigo analisa empiricamente decisões de empresas do setor elétrico de opções irreversíveis de desligamento e de abandono dos ativos de produção existentes sob incerteza de fluxo de caixa e de regulamentação. O artigo detectou que a incerteza regulatória diminui a probabilidade de desligamento, mas que a incerteza de fluxo de caixa aumenta a probabilidade de *start-ups* para grandes geradoras.
Negrão, L. L. L.; Carneiro, M. P.; Ichihara, J. A.; Silva, R. C.	Avaliação de um projeto para substituição da biomassa não renovável para uma renovável no processo produtivo de cerâmica. Foi abordado o método com a inclusão da flexibilidade gerencial adicionada ao fluxo de caixa. Com isso foi adotado a opção de adiamento que contribuiu com informações para tomada de decisão.
Levyne, O.; Heller, D.	Propõe um novo desdobramento no valor da empresa entre o patrimônio e os valores econômicos da dívida. É aplicado um modelo de opções na indústria do cinema com objetivo de comparar o método do fluxo de caixa descontado.
Dimpfel, M.; Habann, F.; Algesheimer, R.	O artigo destaca como as opções reais podem melhorar o gerenciamento nas empresas de mídia. Logo são abordados fundamentos de flexibilidade e opções que visam melhorar a situação de vendas.
Trang, N. T.; Takezawa, N.; Takezawa, N.	O artigo aborda a importância da flexibilidade gerencial nas empresas farmacêuticas, visto que um projeto de desenvolvimento geralmente leva uma década para se concretizar. Sendo assim o método de análise pelo VPL não leva em conta essa flexibilidade e ao analisar o período como um todo faz uma grande diferença entre executar o projeto ou não.
Daves, J. A.; Marino, L.; Aaron, J.	Esse artigo aborda as opções reais de como as empresas de serviços fazem investimentos em plataformas e projetos. Não foi usada aqui a técnica de opções reais para avaliação de investimentos, mas outros métodos estatísticos que não condizem com o plano desse trabalho.
Schryver, T.; Asselbergh, G.	O artigo mostra a visão incremental das opções reais para inovação e estratégias, além de capturar recursos externos, o que dá grande incentivo a criação de novas tecnologias na indústria farmacêutica uma vez que a incerteza é minimizada.
Lavoie, B. F.; Sheldon, I. M.	Simulação estocástica entre as variáveis heterogêneas no processo de investimento em pesquisa e desenvolvimento no segmento de biotecnologia.
Rocha, A. B. S.; Pinto, A. C. F.	Modelagem de uma rota aérea por opções reais entre expandir, reduzir ou abandonar a operação. Eles usaram o modelo de decisão pela árvore binomial de eventos.

Wörsdörfer, D.; Lier, S.; Crasselt, N.	Comparação para investimento entre o valor da flexibilidade gerencial nas variáveis de capacidade, processos e relocação e o investimento em fábricas convencionais.
Guler, I.	O artigo aborda historicamente como as empresas de capital de risco abordam as opções reais. Examinados os investimentos, percebe-se assimetria na gestão de empresas bem sucedidas e malsucedidas. Sinais com número de patentes remetem a investimentos nas empresas bem sucedidas. Por outro lado, experiência em IPO e proximidade geográfica explicam investimentos malsucedidos. Logo sinais de sucesso são mais fáceis de interpretar no uso das opções reais ao longo do tempo.
Kosowski, P.; Stopa, J.	O artigo aborda a comparação na avaliação entre o uso das opções reais e os métodos tradicionais de análise de investimento. Percebe-se que métodos tradicionais de avaliação trazem desvantagens, sendo que o comportamento dos dados de forma estática é o principal deles. Logo, qualquer alteração em função de uma decisão levará a resultados equivocados. Sendo assim, a adoção de métodos que consideram as decisões estratégicas como opções reais na avaliação de investimentos é o mais indicado.
Costa, L.D.; Samanez, C.P.	Investimentos na indústria petroquímica requerem possibilidades de flexibilidade, sujeitos a incertezas. Com isso o artigo propõe uma modelagem da incerteza como um processo estocástico e usa técnicas de simulação de Monte Carlo com graus de liberdade. Foi abordado um projeto específico usando as opções reais para avaliar a capacidade do projeto em alterar os inputs e outputs obtendo a combinação que maximiza o retorno conforme o cenário proposto.
Zarczynski, P.	O artigo aborda a análise de investimentos em uma fábrica de biscoitos, em que a incerteza e o futuro do mercado estão presentes dentro do planejamento estratégico. Sendo assim, o artigo propõe modelos de precificação de opções como o modelo Black Scholes e o modelo binomial.

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

1. Nome do projeto que será realizado o investimento.

2. Valor total projetado do investimento.

3. Coloque os valores de investimento de acordo com cada etapa do desenvolvimento do projeto. Se o projeto não tiver etapas, coloque o valor total na etapa 1. Para cada etapa descreva os eventos que acontecerão. Exemplo: etapa 1: compra de máquinas; etapa 2: instalações; etapa 3: treinamentos, etc.

Etapa	Valor do Investimento	Eventos a Considerar
Etapa 1		
Etapa 2		
Etapa 3		
Etapa 4		
Etapa 5		
Etapa 6		

4. Mencione o índice do ciclo financeiro operacional da empresa.

5. Por quantos anos deve ser considerada a AVALIAÇÃO do projeto.

6. Para o valor considerado na questão 2, descreva qual será o valor desse ativo após o tempo considerado na questão 5.

7. Descreva por quantos anos será feita a depreciação de forma linear do valor mencionado na questão 2.

8. Quanto ao financiamento para o valor colocado na questão 2, preencha a tabela informando qual a composição percentual de cada agente, e o custo efetivo entre juros e taxas.

Agente	% do investimento	Custo em % a.a.
Própria Empresa		
Terceiros		
Fornecedor		
Outros		

9. Informe o custo de capital ou taxa mínima de atratividade que a empresa considera em % a.a.

10. Descreva as formas de como será o ganho para o investimento, e traduza em valores numéricos. (Exemplo: aumento de produtividade, redução de custos, aumento de participação de mercado, receitas de novos produtos, etc.)

11. Descreva a forma de como aumentará o custo fixo e variável na operação em função do investimento. Traduza em valores numéricos. (Exemplo: aumento de “n” pessoas para a operação. O custo variável do produto gerado ficará em “x” % do preço de venda).

12. No ponto de vista da empresa, descreva as variáveis ligadas ao projeto que a empresa tem pouco controle e que afetaria o resultado financeiro de forma significativa.

13. Mencione em qual tributação a empresa se enquadra atualmente (lucro real, lucro presumido ou simples nacional).

APÊNDICE D – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO MES

Fase	Etapa	Seq	Atividades Principais	Horas			
				Pleno	Se-nior	Dir etor	Total
Inicia-ção	Abertura e Organização	1	Realizar reunião de organização	8			8
		2	Realizar reunião de abertura	8			8
Planeja-mento	Sumário Executivo	3	Realizar treinamento preliminar da aplicação	8			8
		4	Levantamentos iniciais e elaborar sumário executivo	28			28
		5	Realizar reunião de validação do sumário executivo	6			6
	Especificação Funcional	6	Elaborar especificação de configuração	16			16
		7	Elaborar plano de contingência	8			8
		8	Elaborar a especificação de configuração do módulo quality	16			16
		9	Elaborar a especificação de configuração do módulo manutenção	0			0
	Especificação da Integração	10	Elaborar a especificação de integração	2			2
		11	Realizar reunião de validação da integração com o cliente	8			8
	Homologação Técnica	12	Realizar homologação do equipamento e sistemas	0			0
	Validação da Modelagem	13	Realizar reunião de validação da especificação funcional	4			4
	Caso de teste	14	Elaborar casos testes	4			4
		15	Realizar reunião de validação dos casos testes	0			0
	Dimensionamento do servidor	16	Realizar levantamento de volumes e transações	0			0
		17	Elaborar a especificação do servidor	0			0
	Passagem para infraestrutura	18	Ministrar treinamento de instalação da infra estrutura	4			4
	Programação do projeto	19	Elaborar check-list de aquisições	4			4
		20	Elaborar check-list de implantação	4			4
		21	Elaborar cronograma definitivo	4			4
		22	Realizar reunião de programação do projeto	4			4
Execu-ção	Instalação do sistema de capacitação técnica	23	Realizar treinamento para gestor técnico	4			4
		24	Instalação do sistema homologação	0			0
		25	Instalação do sistema produção	4			4
	Treinamento de testes de sensorização	26	Realizar treinamento de testes de sensorização	4			4
	Treinamento de dicionário de dados	27	Realizar treinamento de dicionário de dados - Básico	0			0
		28	Realizar treinamento de dicionário de dados - Material tracking	0			0
		29	Realizar treinamento de dicionário de dados - Quality	0			0
		30	Realizar treinamento de dicionário de dados - Manutenção	0			0

	Treinamento de alteração de nomenclatura	31	Realizar treinamento de alteração de nomenclatura - ViewWeb	0			0
		32	Realizar treinamento de alteração de nomenclatura - MWS	0			0
		33	Realizar treinamento de alteração de nomenclatura - Filemanager	0			0
	Treinamento filemanager (FM)	34	Realizar treinamento de cadastros - Filemanager	8			8
		35	Realizar treinamento de cadastros - Material tracking	4			4
		36	Realizar treinamento de cadastros - Filemanager - Quality	8			8
		37	Realizar treinamento de cadastros - Filemanager - Manutenção	0			0
	Treinamento de alarmes	38	Elaborar especificação e treinamento de alarmes de status	4			4
		39	Elaborar especificação e treinamento de alarmes de performance	4			4
		40	Elaborar especificação e treinamento de configuração de alarmes de maintenance	0			0
	Testes integrados	41	Realizar casos de teste de integração de importação	8			8
		42	Realizar casos de teste de processos (coleta de dados e funcionalidade)	48			48
		43	Realizar casos de teste de integração de exportação	16			16
		44	Realizar validação do sistema (parâmetros, integração e processos)	8			8
	Programação de start-up	45	Revisar check-list de implantação	4			4
		46	Elaborar plano de treinamento e operação assistida	4			4
		47	Realizar reunião de autorização para start-up	4			4
		48	Revisão do treinamento gestor técnico e passagem para suporte	8			8
		49	Prepar os treinamentos	0			0
	Treinamento MWS	50	Realizar treinamento de coleta de dados para multiplicadores	4			4
	Treinamento View Web	51	Realizar treinamento módulo view	4			4
		52	Realizar treinamento módulo view material tracking	2			2
		53	Realizar treinamento módulo view maintenance	0			0
	Start-up e operação assistida	54	Realizar start-up e operação assistida	48			48
Conclu-são	Encerramento do projeto	55	Realizar reunião de encerramento do projeto	8			8
Coorde-nação	Coordenação do projeto	56	Coordenação do projeto	32	37	7	76
HORAS TOTAIS				**374**	**37**	**7**	**418**

ANEXO A – SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO GERADA NO *CRYSTAL BALL*®

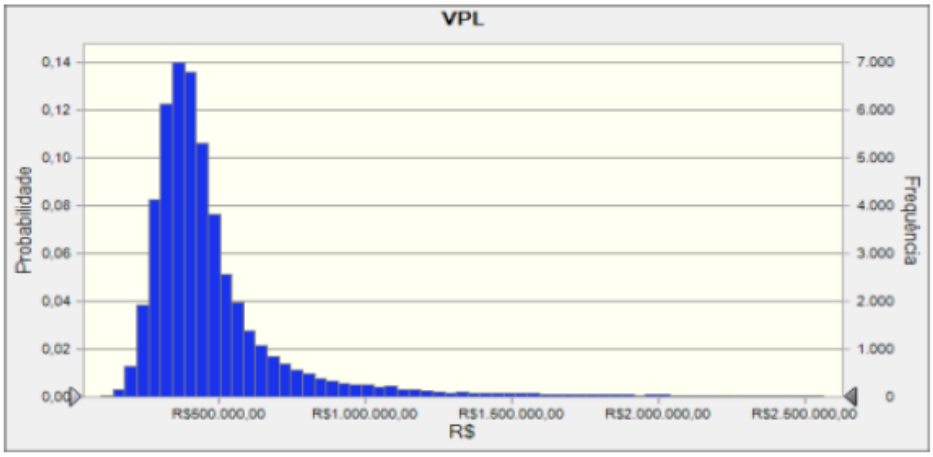
Relatório do Crystal Ball - Completo
Simulação iniciada em14/09/2019 em 15:57
Simulação interrompida em14/09/2019 em 16:06

Preferências de execução:	
Número de avaliações executa	50.000
Monte Carlo	
Semente aleatória	
Controle de precisão em	
Nível de confiança	95,00%
Executar estatísticas:	
Tempo total de execução (seg	89,44
Avaliações/segundo (média)	559
Números aleatórios por seg	2.236
Dados do Crystal Ball:	
Pressupostos	4
Correlações	0
Matrizes de correlação	0
Variáveis de decisão	0
Previsões	2

Previsões

Previsão: VPL **Célula: J16**

Resumo:
O intervalo inteiro de R$100.200,14 a R$48.660.059,87
O caso base é R$535.282,87
Após 50.000 avaliações, o erro padrão da média é R$3.226,92



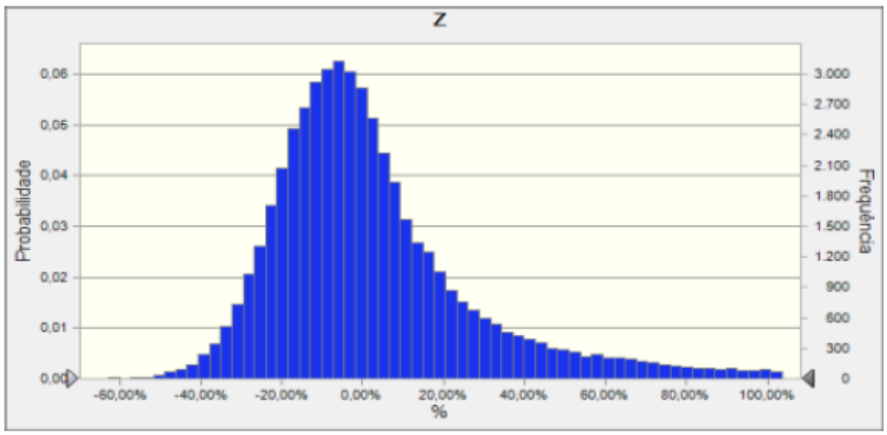
Estatística:	Valores de previsão
Avaliações	50.000
Caso Base	R$535.282,87
Média	R$539.417,11
Mediana	R$411.686,16
Moda	---
Desvio Padrão	R$721.561,20
Variância	###################
Obliquidade	22,65
Curtose	1.011,50
Coeficiente de Variação	1,34
Mínimo	R$100.200,14
Máximo	R$48.660.059,87
Largura do Intervalo	R$48.559.859,73
Erro Padrão Média	R$3.226,92

Previsão: VPL (continuação) **Célula: J16**

Percentis:	Valores de previsão
0%	R$100.200,14
10%	R$286.901,62
20%	R$323.982,02
30%	R$353.991,70
40%	R$382.465,70
50%	R$411.684,93
60%	R$445.488,13
70%	R$491.671,18
80%	R$572.756,03
90%	R$785.053,00
100%	R$48.660.059,87

Previsão: Z **Célula: P12**

Resumo:
O intervalo inteiro de -65,61% a 427,65%
O caso base é 14,77%
Após 50.000 avaliações, o erro padrão da média é 0,16%



Estatística:	Valores de previsão
Avaliações	50.000
Caso Base	14,77%
Média	5,80%
Mediana	-2,30%
Moda	---
Desvio Padrão	34,94%
Variância	12,21%
Obliquidade	2,87
Curtose	16,47
Coeficiente de Variação	6,02
Mínimo	-65,61%
Máximo	427,65%
Largura do Intervalo	493,26%
Erro Padrão Média	0,16%

Previsão: Z (continuação) **Célula: P12**

Percentis:	Valores de previsão
0%	-65,61%
10%	-23,11%
20%	-16,46%
30%	-11,39%
40%	-6,80%
50%	-2,30%
60%	2,67%
70%	9,08%
80%	19,42%
90%	42,32%
100%	427,65%

Fim de Previsões

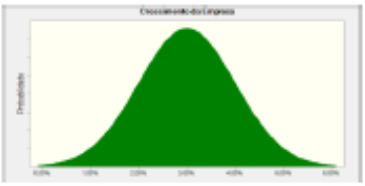
Pressupostos

Planilha: [Calculo VPL e OR Treboll.xlsx]Fluxo de Caixa

Pressuposto: Crescimento da Empresa **Célula: D47**

Normal distribuição com parâmetros:

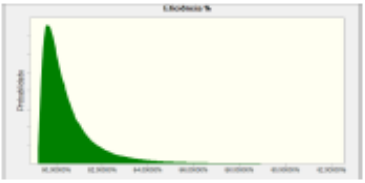
Média	3,00%
Desvio Padrão	1,00%



Pressuposto: Eficiência % **Célula: F26**

Lognormal distribuição com parâmetros:

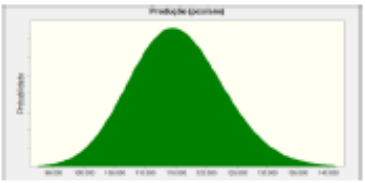
Local	49,13000%
Média	50,53650%
Desvio Padrão	1,41000%



Pressuposto: Produção (pcs/ano) **Célula: E24**

Lognormal distribuição com parâmetros:

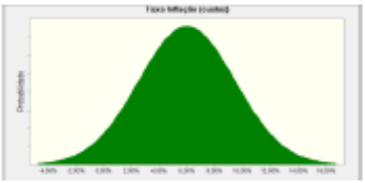
Local	0
Média	115.254
Desvio Padrão	7.682



Pressuposto: Taxa Inflação (custos) **Célula: E47**

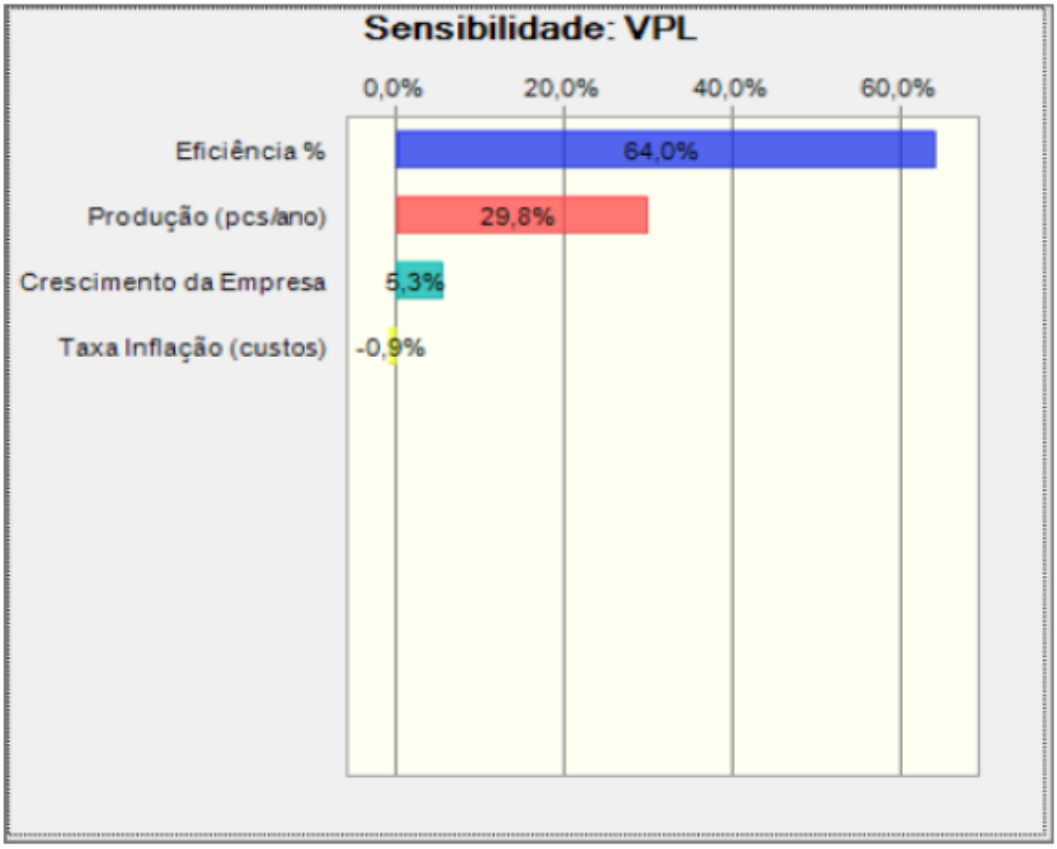
Normal distribuição com parâmetros:

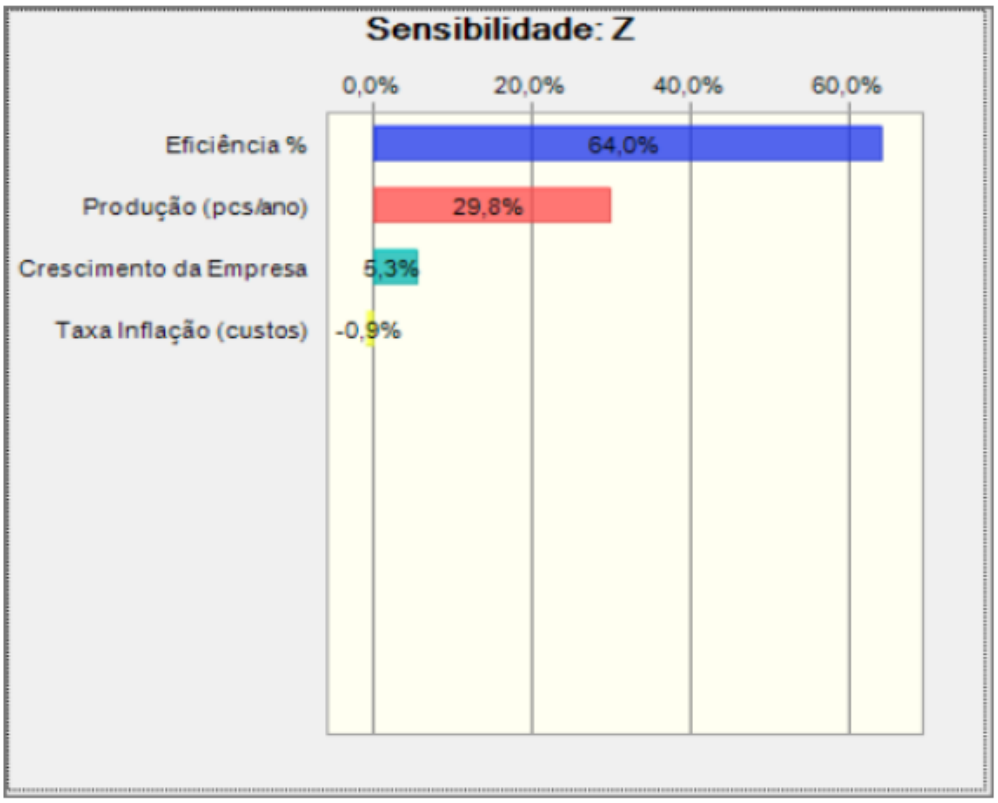
Média	5,98%
Desvio Padrão	3,47%



Fim de Pressupostos

Gráficos de Sensibilidade





Fim de Gráficos de Sensibilidade