

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO - CSE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS - CNM
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

RENAN LUIZ DA ROSA

Opções Reais, Estratégias Gerenciais e Avaliação de Projetos

FLORIANÓPOLIS – SC

RENAN LUIZ DA ROSA

OPÇÕES REAIS, ESTRATÉGIAS GERENCIAIS E AVALIAÇÃO DE PROJETOS

Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Bacharelado.

Orientador: Prof. Dr. Newton C. A. da Costa Jr.

FLORIANÓPOLIS, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO - CSE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS - CNM
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A banca examinadora resolveu atribuir nota **9,0** ao aluno Renan Luiz da Rosa na disciplina CNM 5420 – Monografia, do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, pela apresentação deste trabalho.

Data de Aprovação: 4/12/15

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Newton C. A. da Costa Jr. Orientador

Prof. Dr. Eraldo Sérgio Barbosa da Silva

Prof. Luis Eduardo Nunes

DEDICATÓRIA

Aos meus grandes exemplos de vida.
Minha mãe Gina e meu pai Luiz.

AGRADECIMENTOS

Em especial ao Prof. Dr. Newton C. A da Costa Jr. pela orientação e contribuição ao desenvolvimento deste trabalho. Aos demais professores e servidores de toda minha trajetória até o momento e ao exemplar profissional Rafael Gustavo de Lima da coordenação do curso, meu muito obrigado. Sem vocês não chegaria até aqui.

Aos meus pais Gina e Luiz, por todo o apoio e incentivo e aos meus irmãos Luise e Ramon, que sempre estiveram ao meu lado. Agradeço também em especial ao primo Fernando Karran pela parceria.

Aos grandes amigos(as) que tive o prazer de conhecer e conviver durante a graduação e que os considero para a vida toda, Marco Arruda, João Guilherme, Nicholas Namikawa, Claudio Almeida, Thales Mendonça, Gustavo Bacellar, Tiago Godinho, Dimitri Barranchicwecz, Thiago Marques, Suelen Giroto, Helena Zimmermann e Débora Brum. Obrigado pelos inesquecíveis momentos e pelo companheirismo.

Aos demais amigos, obrigado pela paciência e compreensão durante o período de realização deste trabalho.

“Stay hungry, Stay Foolish”

Steve Jobs

RESUMO

No atual cenário empresarial, caracterizado por um mercado competitivo e incerto, cada vez mais os gestores preocupam-se em analisar o quão benéfico será investir em determinado projeto, ou não. Nesse cenário, ter à disposição ferramentas que propiciem uma administração flexível e realista, pode ser o diferencial entre as organizações. O presente trabalho busca, através de uma revisão bibliográfica, expor os principais modelos e técnicas de avaliação de investimentos como por exemplo Fluxo de Caixa Descontado e Valor Presente Líquido e compará-los com a Teoria de Opções Reais – TOR, exemplificando o quanto esta, através dos modelos binomial e de Black & Scholes, complementa as análises tornando as avaliações mais realistas e flexíveis. O trabalho constata a viabilidade de investimento num prazo de dois anos em uma empresa de táxi aéreo em SC que teria a disposição duas oportunidades: Inicialmente investir numa aeronave menor, ainda que a mesma registre um valor presente líquido negativo, porém compensado pela valiosa opção de compra, via modelo Black & Scholes, de uma segunda aeronave. O modelo constatou a viabilidade do projeto de investimento na segunda aeronave, mesmo frente ao cenário econômico conturbado em que o Brasil vivencia.

Palavras-chave: Teoria de Opções Reais; avaliação de investimentos; flexibilidade gerencial; Black & Scholes.

ABSTRACT

In the current business scenario, characterized by a competitive and uncertain market, managers are concerned in analyze how beneficial it will be to invest in a particular project. In this scenario, having tools that provide a flexible and realistic management, can be the difference between organizations. This study aims, through a literature review, present the main models and investment valuation techniques such as discounted cash flow and Net Present Value and compare them to the Real Options Theory - ROT exemplifying how this through the binomial model and the Black & Scholes, complements the analysis making the most realistic and flexible evaluations. The paper exposes the investment viability within a two years period in an air taxi company in SC that would have two opportunities: first invest in a smaller aircraft, even if the same register a negative net present value, which will be offset by a valuable option purchase, via Black & Scholes model, from a second aircraft. The model found the viability of the investment project in the second aircraft, even facing the troubled economic scenario in which Brazil experiences.

Key Words: Theory of Real Options; investment rating; managerial flexibility; Black & Scholes.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Opção de Compra.....	
27	
Gráfico 2: Opção de Venda.....	
28	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Casos em que a flexibilidade é valiosa.....	30
Figura 2: Árvore de decisão Magna Charter.....	36
Figura 3: Possíveis ganhos do avião com motor a combustão.....	38
Figura 4: Árvores de decisão com intervalos de tempo diferentes.....	41
Figura 5: Preço de exercício.....	42
Figura 6: Preço das opções.....	43
Figura 7: Estrutura de custos operacionais inicial – Aeronave 1.....	53
Figura 8: Estrutura de receita inicial – Aeronave 1.....	54
Figura 9: Fluxo de caixa – Aeronave 1.....	54
Figura 10: Estrutura de custos operacionais inicial – Aeronave 2.....	55
Figura 11: Estrutura de receita inicial – Aeronave 2.....	56
Figura 12: Fluxo de caixa – Aeronave 2.....	56
Figura 13: Cálculo opção de compra aeronave 2 via modelo Black & Scholes.....	64
Figura 14: Cálculo opção de compra aeronave 1 via modelo Black & Scholes.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Analogia entre opções financeiras e opções reais.....	32
Tabela 2: Relação entre os valores dos modelos binomial e B&S.....	47
Tabela 3: Quantidade de embarques e desembarques desde o início das operações do Aeroporto Regional Sul Humberto Ghizzo Bortoluzzi.....	49
Tabela 4: Segmentação classes sociais Brasil/2015.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA E PROBLEMA	16
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	JUSTIFICATIVA	17
2	METODOLOGIA	19
2.1	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO	20
3.1.1	Fluxo de Caixa Livre	21
3.1.2	Payback	21
3.1.3	Taxa de Desconto	22
3.1.4	Fluxo de Caixa Descontado	23
3.1.5	Valor Presente Líquido	24
3.1.6	Taxa Interna de Retorno	25
3.2	CONCEITO DE OPÇÕES	26
3.2.1	Opções de Compra e Opções de Venda	28
3.2.2	Opções Reais	30
3.2.3	Tipos de Opções Reais	33
3.2.3.1	Opção de Expansão	34
3.2.3.2	Opção de Diferimento	34
3.2.3.3	Opção de Contração	35
3.2.3.4	Opção de Abandono	35
3.2.4	Modelo Binomial	36
3.2.4.1	Prós e Contras das Árvores de Decisão	40
3.2.4.2	Calculando o Valor da Opção	41
3.2.5	O Modelo de Black & Scholes	45
3.2.5.1	Utilização da Fórmula de Black & Scholes	46
3.2.5.2	O Modelo Binomial e Black & Scholes	47
4	APLICAÇÃO PRÁTICA – R2 TRANSPORTES AÉREOS	49

4.1	DETALHAMENTO DO PROJETO	49
4.1.1	Modelo de Avaliação.....	52
4.1.1.1	Modelo Black & Scholes na Prática	58
5	CONCLUSÃO	60
6	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O ambiente econômico em que a maioria das empresas está inseridas atualmente, possui duas grandes características que merecem atenção: volatilidade e incertezas. Ou seja, duas medidas de risco que merecem ser tratadas com atenção. A atual conjuntura econômica, corrobora para que esse ambiente seja ainda mais desafiador para os gestores em virtude da globalização dos mercados, da rapidez com que as informações são geradas e disseminadas, e de variáveis econômicas que são de fundamental importância para que as empresas tomem a decisão de investir ou não em determinado projeto. É importante que os administradores tenham conhecimento das opções que suas companhias têm disponíveis ou quais são capazes de criar. Conforme ressaltam Dixit e Pindyck (1995), as opções criam flexibilidade e, num mundo de incertezas, a habilidade de se avaliar e usar a flexibilidade é um grande ativo.

Por muitos anos empresas fizeram, e ainda o fazem, uso de técnicas tradicionais de orçamento de capital, como por exemplo métodos que usam o de fluxo de caixa descontado, como o valor presente líquido e a taxa interna de retorno. A crítica a este modelo está no fato de que técnicas dessa natureza são engessadas e baseadas somente no retorno financeiro, ou seja, usam somente fatores tangíveis e não levam em consideração os intangíveis como por exemplo futura vantagem competitiva, futuras oportunidades e flexibilidade gerencial na tomada de decisões de investimentos, este, principal argumento de defesa do uso das Teorias de Opções Reais. Esta metodologia vê o projeto como uma possibilidade futura, logo, não o avalia com as técnicas semelhantes àquelas usadas para avaliar opções financeiras. Isso significa ter a possibilidade de avaliar se naquele momento do cálculo, é o momento mais apropriado para tomar a decisão de investir ou não. As opções reais dão a possibilidade ao gestor de analisar e definir se o investimento será realizado de fato, se será prorrogado, até que as variáveis estejam mais favoráveis, ou até mesmo se o projeto será suspenso em virtude de resultados não estarem de acordo com as expectativas.

Do exposto, procurar-se-á, neste trabalho, demonstrar que a utilização de modelos tradicionais de análise de investimento pode estar subavaliando projetos de investimentos, fornecendo assim informações gerenciais que não condizem com a realidade e impossibilitando que bons investimentos sejam efetuados em virtude da má escolha do método de avaliação. As opções reais são utilizadas justamente para que problemas dessa natureza sejam evitados.

1.1 TEMA E PROBLEMA

Estudos revelam que no mundo empresarial há um *gap* entre os modelos tradicionais de avaliação e a realidade do dia a dia das empresas.

Segundo Kemna (1993) as principais contribuições da TOR são: primeiro, auxiliar a administração a estruturar a oportunidade de investimento pela definição das diferentes alternativas de investimento, através das árvores de decisão, com suas incertezas e segundo, trabalhar com a flexibilidade de um projeto mais facilmente do que os métodos que usam o tradicional FCD (Fluxo de Caixa Descontado). Dessa forma, a TOR vem a ser uma alternativa para diminuir esse *gap* entre a teoria e a prática da teoria das opções reais.

Segundo Dixit e Pindyck, (1994, p.31) “... o fluxo de caixa descontado (FCD) não está somente errado, ele está muito errado”. Os autores, ao criticar o FCD, frisam que o problema desse modelo clássico de análise de investimento está no fato de não poder exercer a flexibilidade administrativa, ou seja, o modelo assume que o investimento está numa categoria reversível ou irreversível. O reversível assume que os gastos podem ser recuperados caso as condições do mercado mudem ou fiquem piores do que o esperado, enquanto o irreversível define que o investimento é uma decisão do tipo agora ou nunca. Logo, o modelo não pode capturar os investimentos que caem em ambas as categorias, por exemplo, quando um investimento irreversível puder ser postergado. Sendo assim, esse modelo de análise é inapropriado para empresas dinâmicas, onde as mudanças são constantes e ocorrem num ritmo acelerado.

O problema com que muitas empresas se deparam, é justamente encontrar o *timing* para decidir pelo investimento ou não. A TOR vem a colaborar no sentido de excluir a possibilidade apenas do sim ou não, as árvores de decisões por exemplo, irão elucidar as tomadas de decisões mais apropriadas para cada projeto, colaborando assim para o entendimento de como a flexibilidade pode ser incluída no processo de avaliação de viabilidade de um projeto. Nos casos apresentados, serão expostos os resultados tanto das avaliações dos projetos por meio de técnicas convencionais de análise de viabilidade, como é o caso do valor presente líquido (VPL), que usa o FDC, quanto através da TOR, comprovando que a flexibilidade pode – e deve - ser quantificada podendo assim influenciar na tomada de decisão final de investimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade de um projeto de investimento de acordo com a Teoria de Opções Reais, com ênfase no modelo de *Black & Scholes*. O investimento refere-se a uma empresa de taxi aéreo (passageiros e cargas) sediada no recém construído aeroporto de Jaguaruna – SC.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever as principais técnicas de análise de orçamento de capital (Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e etc.)
- b) Apresentar as opções reais e seus principais conceitos;
- c) Analisar, através do modelo de *Black & Scholes* a viabilidade de constituição da empresa no cenário econômico atual.

1.3 JUSTIFICATIVA

Uma Opção Real é a flexibilidade que um gestor tem para tomar decisões em relação a determinado ativo, ou seja, ele tem a possibilidade de visualizar se é o momento certo de investir, se é hora de modificar algumas características operacionais ou até mesmo se é hora de adiar, pausar ou abandonar determinado projeto.

A chance do gestor conseguir visualizar essa flexibilidade nos projetos utilizando os métodos tradicionais de avaliação de projetos é praticamente nula, uma vez que esses métodos são extremamente quantitativos e assertivos. Com isso, acredita-se que o trabalho trará relevância teórica e embasamento para que a flexibilidade das opções reais possa ser utilizada de maneira coerente evitando assim que tempo e recursos sejam desperdiçados em virtude de investimentos mal feitos. A principal motivação para a realização deste está baseada na possibilidade de compartilhar o conhecimento sobre opções reais e demonstrar como essa técnica pode ser utilizada para os mais variados tipos de projetos, inclusive no caso proposto da empresa de transporte aéreo.

Além do acima exposto, pode-se citar o trabalho tipo *survey*, de Graham e Harvey (2001) para conhecer os principais métodos de avaliação de projetos utilizados pelas empresas

norte americanas e canadenses. Nesta *survey*, 26% dos 392 CFO (Chief Financial Officer) responderam que usam sempre ou quase sempre opções reais. Esse número é maior do que o das empresas que usam sempre ou quase sempre Monte Carlo ou *Valeu-at-Risk*. Isso mostra um grande crescimento do uso de opções reais nas empresas (Santos e Pamplona, 2005).

2 METODOLOGIA

Segundo Gil (1991), método significa o caminho para se chegar a um fim. Para que um conhecimento possa ser considerado científico, é preciso identificar o método utilizado para se chegar a esse conhecimento. Ainda segundo GIL (2007 p.64) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

A pesquisa proposta será inicialmente fundamentada em uma pesquisa bibliográfica em livros, revistas científicas, artigos sobre opções reais, bem como trabalhos acadêmicos publicados anteriormente sobre o assunto. Será efetuado uma breve contextualização dos principais indicadores financeiros utilizados nos estudos de viabilidade econômica, tais como VPL, TIR, dentre outros.

Para dar aplicabilidade ao estudo, será considerada a constituição de uma empresa de taxi aéreo, cujas variáveis necessárias para os cálculos serão baseadas em informações do mercado e estimativas de um dos possíveis sócios, o qual possui experiência no setor aeronáutico brasileiro. Os resultados obtidos serão utilizados a título de comparação com os resultados das análises através do VPL, comprovando assim que a TOR é uma teoria com vasta aplicabilidade no mercado, seja ele qual for o segmento.

2.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O estudo será dividido em 5 principais partes. A primeira dedicada à apresentação do tema e problema, objetivos propostos e justificativa do trabalho. A segunda, define a metodologia utilizada, bem como a organização do referencial teórico, apresentando assim as duas principais técnicas da TOR, que é o modelo binomial e o modelo de Black & Scholes. A terceira será composta pela análise dos dados e organização do desenvolvimento, contemplando assim cálculos através do modelo Black & Scholes. A seguinte será composta pela conclusão, verificando assim o resultado do estudo prático bem como as suas possíveis contribuições.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de avaliação de ativos, mesmo sendo baseado em modelos quantitativos, envolve questões subjetivas e por consequência está suscetível a incertezas e a possíveis erros. Essas incertezas, por sua vez, estão relacionadas, principalmente, à própria subjetividade das informações, ou seja, há diferença nas interpretações das questões que envolvem o projeto e nas expectativas de resultados futuros esperados, por exemplo.

Segundo Damodaran (197, p.9), a subjetividade envolvida no processo de avaliação é uma das maiores dificuldades da mensuração do valor de um ativo e “quaisquer concepções ou preconceitos que o analista trazer para o processo de avaliação acabarão por se incorporar ao valor”. Dessa forma, para que o risco de incertezas possa ser minimizado, é importante que o avaliador se abstenha, ao máximo possível, de influenciar as informações utilizadas na construção do modelo de avaliação. Por isso, na tentativa de minimizar essas incertezas e erros e ao mesmo tempo projetar diferentes cenários elegíveis, é que na década de 1970 inicia-se o desenvolvimento dos estudos acerca dos benefícios da técnica de Opções Reais frente ao modelo “convencional”, pode-se assim dizer, de métodos tradicionais de avaliação de investimentos.

3.1 MÉTODOS TRADICIONAIS DE AVALIAÇÃO

Para um bom entendimento da Teoria de Opções Reais – TOR, é interessante que alguns conceitos, os quais estão diretamente ligados aos modelos tradicionais de análises de projetos, sejam previamente discutidos. Utilizados pela grande parte das gerências, conceitos como por exemplo o Fluxo de Caixa Livre – FCL, Valor Presente Líquido – VPL, Taxa Interna de Retorno – TIR, Fluxo de Caixa Descontado – FCD e o *Payback* (GITMAN, 1997) são essenciais para que as decisões de investimentos possam ser tomadas, ou não. Esses e alguns outros conceitos pertinentes ao tema, serão abordados a seguir de maneira breve e sucinta, lembrando que o objetivo principal do estudo é fazer um comparativo dos resultados das análises entre os métodos tradicionais de avaliação de projetos e a TOR.

3.1.1 Fluxo de Caixa Livre

Esse modelo é baseado fundamentalmente em analisar os fluxos de caixa futuros do projeto. De maneira simples, segundo (BREALEY; MYERS; ALLEN, 2008), “O Fluxo de caixa livre é o dinheiro que a empresa pode distribuir aos investidores depois de fazer todos os investimentos necessários para crescer”. O conceito é bastante parecido com o conceito de lucro, porém os autores preocuparam-se em os distinguem da seguinte maneira:

- O lucro é o retorno para os acionistas, calculado depois das despesas com juros. O fluxo de caixa livre é calculado antes dos juros. É o valor monetário obtido durante o ano que está disponível para ser pago em juros aos credores e dividendos aos acionistas;
- O lucro é calculado depois de várias despesas monetárias, entre as quais as depreciações. Por isso, para calcular o fluxo de caixa livre temos que adicionar as depreciações.

Logo, segundo os autores, o fluxo de caixa livre pode ser obtido da seguinte forma:

$$\text{Fluxo de caixa livre} = \text{lucro depois dos impostos} + \text{depreciações} - \text{investimento em ativo fixo} - \text{investimento em ativo circulante}$$

O FCL é amplamente utilizado como ferramenta no auxílio aos modelos tradicionais de avaliação e deve ser cuidadosamente calculado, visto que bons projetos podem ser rejeitados ou maus projetos podem ser aprovados em virtude de erros de cálculo.

3.1.2 Payback

Conceito de fácil entendimento e amplamente utilizado no dia-a-dia das empresas, o período de *payback* é definido por GITMAN (1997, p. 327) como “o período de tempo exato necessário para a empresa recuperar o investimento inicial de um projeto, a partir das entradas de caixa”.

Logo, pode-se inferir que segundo GITMAN (1997), o cálculo do *payback* usa os valores de fluxo de caixa futuros para definir em quanto tempo o valor investido retorna ao investidor, por isso a importância da exatidão nos cálculos dos valores de fluxo de caixa futuros. Na grande maioria dos projetos, os investidores têm um padrão de aceitação, que tenderá a ser um prazo limite para que o investimento seja totalmente retornado, ou seja, tal projeto deverá ser aceito se o investimento for recuperado em no máximo “x” períodos.

No entanto, segundo SANVICENTE (2011 p.45) “... o método não se interessa pelos fluxos que ocorrem após a recuperação do investimento, não proporcionando assim uma visão do projeto como um todo.” O autor ainda completa que o método pode ter alguma utilidade quando a empresa preocupa-se mais com a velocidade do retorno do investimento, ou seja, quando há uma preocupação maior com os efeitos do projeto sobre a liquidez da empresa.

3.1.3 Taxa de Desconto

A taxa de desconto utilizada em análise de projetos, pode ser igual ao Custo Médio Ponderado de Capital – CMPC, quando a empresa tem necessidade de efetuar um financiamento para arcar com os custos do investimento, ou também pode ser composta pela Taxa Mínima de Atratividade – TMA mais o risco inerente ao projeto (prêmio de risco), que é utilizada quando a empresa possui recursos próprios para tal.

A utilização de uma determinada taxa de desconto no presente, nos fluxos de caixa futuros, é a maneira de entender o princípio do valor do dinheiro no tempo. É através da mesma que o investidor conseguirá mensurar o quanto o investimento naquele momento é mais vantajoso que alocar os recursos em um outro investimento/projeto no futuro.

É importante salientar o risco envolvido na mensuração da taxa. GITMAN (1997) afirma que a taxa de desconto ajustada ao risco, deve ser determinada visando preservar ou elevar o valor investido inicialmente.

Ainda segundo GITMAN (1997, p.395) o Custo Médio Ponderado de Capital “reflete o futuro custo médio esperado de fundos da empresa a longo prazo; é encontrado ponderando-se o custo de cada tipo específico de capital por sua proporção na estrutura de capital da empresa”, ou seja, confirma-se neste trecho que o CMPC é obtido através do custo das fontes de financiamento.

Por outro lado, quando a empresa não tem a necessidade de buscar recursos em outras fontes, para efetuar algum investimento, a taxa que geralmente é utilizada é Taxa Mínima de Atratividade – TMA que representa o mínimo que o investidor se propõe a ganhar ao realizar tal projeto.

Para GALESNE, FENTERSEIFER e LAMB (1999, p. 237), a TMA “refere-se à rentabilidade mínima exigida dos investimentos pelos dirigentes da empresa como parte da sua política de investimentos”.

Já para CASAROTTO e KOPITTKKE (1996, p. 108) argumentam que ao

Analisar uma proposta de investimento deve ser considerado o fato de se estar perdendo a oportunidade de se auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos. A nova proposta para ser atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. Esta é, portanto, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Nesta passagem é possível observar que existem dois dos aspectos importantes que devem ser cuidadosamente analisados para que a TMA seja então definida. O primeiro refere-se ao custo de oportunidade intrínseco ao investimento em questão e o segundo, porém não menos importante, com relação ao risco do negócio, ou seja, o ganho precisa remunerar o risco assumido pelo tomador de decisão.

Quanto mais precisa for a taxa de desconto definida, maior será a probabilidade dos cálculos futuros, estarem de acordo com o propósito do projeto.

3.1.4 Fluxo de Caixa Descontado

Um dos modelos mais comuns utilizado atualmente na avaliação de investimentos é o Fluxo de Caixa Descontado – FCD. Esse modelo leva em consideração duas principais variáveis: (1) Fluxo de Caixa Livre e (2) a taxa de desconto do projeto. Para que o FCD seja corretamente calculado, é necessário que ambas variáveis tenham sido criteriosamente definidas, evitando assim distorções e possíveis tomadas de decisões erradas.

O FCD, conforme DAMODARAM (2002), reúne três variáveis que permitem calcular o valor de qualquer ativo. O valor presente de seus fluxos de caixa futuros pode ser definido como apresentado na equação que se segue:

$$\text{Valor} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} CF_t}{(1 + r)^t}$$

Onde:

n = vida do ativo.

CF_t = fluxo de caixa no período **t**

r = taxa de desconto

Por meio do Fluxo de caixa descontado, é possível trazer, para o presente – mediante a taxa de desconto – o fluxo de caixa futuro do projeto. Esta taxa de desconto costuma ser composta por todos os custos do capital e pelos riscos do empreendimento.

3.1.5 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido é um dos modelos mais explorados tanto nas escolas de negócios como nas empresas para que as avaliações de investimentos se fazem necessárias. Seu alto grau de aceitação está ligado à simplicidade de cálculo e a breve avaliação se o projeto será viável ou não.

Gitman (1997, p.328) define o VPL como:

uma técnica sofisticada de análise de orçamentos de capital, obtida subtraindo-se o investimento inicial de um projeto do valor presente das entradas de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo de capital da empresa.

O VPL é definido matematicamente por GITMAN (1997, p. 328) como:

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

Onde:

$$\frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1 + k)^t} = \text{valor presente das entradas de caixa}$$

II= investimento inicial

k= taxa de desconto do projeto

A partir do Fluxo de Caixa Livre futuro descontado pela taxa de desconto do projeto, obtém-se o valor presente, o qual servirá como base de aceitação ou não do projeto.

Pode-se verificar que o VPL é a junção de várias técnicas para se chegar a um valor para o projeto e a viabilidade do mesmo está condicionada ao resultado. Sendo positivo, o

projeto deve ser aprovado. Do mesmo modo, se for negativo, deve ser rejeitado. A rejeição do mesmo está pautada na relação entre risco e retorno, ou seja, um VPL negativo significa que o projeto não está remunerando o capital investido inicialmente de acordo com os interesses dos investidores, logo, o investimento se torna inviável.

3.1.6 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno – TIR é um modelo de avaliação que leva em consideração o cálculo da taxa de desconto do projeto em que o Valor Presente Líquido é igual a zero. Logo, a TIR é utilizada para determinar a taxa de desconto mínima para que o projeto seja aprovado pelo VPL.

GITMAN (1997, p. 330) define a Taxa Interna de Retorno como “a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente a um projeto, resultando, desse modo, em um VPL = \$0”.

A TIR é definida matematicamente por GITMAN (1997, p. 330) como:

$$\$0 = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} FC_t}{(1 + TIR)^t} - II$$

Onde:

$$\frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1 + k)^t} = \text{valor presente das entradas de caixa}$$

II = investimento inicial

TIR = taxa em que o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial

Segundo GITMAN (1997) quando a TIR é usada para tomada de decisão, o critério de aceitação é o seguinte: Se a TIR for maior que o custo de capital, aceita-se o projeto; se for menor; rejeita-se o mesmo. Esse critério garante que a empresa esteja obtendo, pelo menos, sua taxa requerida de retorno.

3.2 CONCEITO DE OPÇÕES

Uma opção pode ser definida como o direito que alguém possui de exercer determinada ação em condições pré-definidas, sem que necessariamente tenha a obrigação de realizá-la. Há quem vendeu a opção, o chamado lançador, o qual pode ter prejuízos por isso e o comprador. Nesse caso, o comprador da opção compensa esse risco de perda, pagando por essa opção, o prêmio da opção. Logo, o comprador passa a exercer um papel ativo no sentido de que é ele quem decide se irá de fato, exercer seu direito. Ao lançador, resta aguardar a decisão do comprador, que será tomada de acordo com os seus interesses.

Spinola (1998, p. 118) conceitua opções como “um contrato em que um indivíduo concede a outro o direito preferencial de comprar ou vender determinado ativo, dentro de um prazo preestabelecido e por um preço pré-fixado”

Para Spinola (1998) as opções podem ser diferenciadas em dois grupos, as europeias e americanas. As chamadas opções europeias são aquelas que somente podem ser exercidas na data do vencimento. Já as americanas podem ser exercidas até a data do vencimento, ou seja, de acordo com as condições do mercado e dos interesses do detentor da opção, a execução da mesma pode ser efetuada em qualquer período entre a data de compra e o prazo de vencimento.

Demodaran (2002) acrescenta o seguinte:

A possibilidade de exercício antecipado faz com que as opções americanas sejam mais valiosas do que as europeias de características semelhantes; também faz com que sejam de mais difícil avaliação. Um fator de compensação permite que as primeiras sejam avaliadas com modelos criados para as últimas. Na maioria dos casos, o ágio pelo tempo associado ao prazo restante de uma opção e os custos de transação fazem com que o exercício antecipado seja indesejável. Em outras palavras, os detentores das opções *In the Money* geralmente têm mais a ganhar com a venda da opção em si a terceiro do que com seu exercício (DEMODARAN, 2002, p.349).

Além da segmentação quanto ao prazo de execução da opção, há a uma importante classificação que diz respeito à posição de valor de mercado da opção. Segundo a ADVFN (*Advanced Financial Network*) essa classificação está subdividida em três níveis: *In the Money*, *Out the Money* e *At the Money*.

- *In the Money* (ITM): pode ser uma opção de compra cujo preço de exercício (*strike*) encontra-se a seguir do valor da cotação do ativo-objeto, ou uma opção de venda cujo preço de exercício encontra-se acima do valor da cotação do ativo-objeto.

- *Out the Money* (OTM): pode ser uma opção de compra cujo preço de exercício (strike) encontra-se acima do valor da cotação do ativo-objeto, ou uma opção de venda cujo preço de exercício encontra-se a seguir do valor da cotação do ativo-objeto.
- *At the Money* (ATM): pode ser uma opção de compra ou de venda cujos preços de exercício (*strike*) encontram-se muito próximos do valor da cotação do ativo-objeto.

Pode-se dizer que uma opção *In the Money* é uma opção com liquidez que apresenta um valor intrínseco maior que zero. Logo, muito provavelmente o seu detentor irá exercer o seu direito de compra ou de venda do ativo-objeto, visto que sua execução é mais lucrativa que a negociação deste ativo no mercado. Por essa razão, o valor do prêmio pago para a aquisição de uma opção ITM é mais alto do que o prêmio de uma opção OTM ou ATM. Analogamente, o detentor de uma opção OTM provavelmente não exercerá seu direito de exercer tal opção e buscará a minimização de suas perdas, por exemplo aguardando que o valor da cotação do ativo objeto aumente, no caso de uma opção de compra ou diminua, no caso da opção de venda

Com relação ao detentor de uma opção ATM, seu comportamento poderá ser tanto de exercer, ou não seu direito, visto que os valores do ativo objeto no mercado são muito próximos ao preço de exercício negociado previamente. Nesse caso, o detentor toma sua decisão da maneira que melhor lhe convir.

A consolidação do mercado de opções se deu nos últimos anos em razão, principalmente, da sua capacidade de reduzir ou quase eliminar o risco entre as transações. Quando um agente decide por comprar uma opção de compra, por exemplo, ele deseja garantir que aquele preço de exercício definido venha a se realizar no futuro e conseqüentemente, estar imune ao risco de que o ativo venha a sofrer um aumento de preço. Para isso ele se dispõe a pagar o prêmio do risco, que é definido por PINDYCK; RUBINFELD, (2010) como “ a soma máxima em dinheiro que uma pessoa com aversão ao risco pagaria para deixar de assumir determinado risco”. Um bom exemplo para ilustrar essa passagem, seria o mercado de seguros, ou seja, as pessoas pagam um montante a fim de eliminar o risco de perder determinado bem.

Os autores também expõem que a aversão ao risco é inerente a cada indivíduo, ainda que seja possível quantificá-la, a certo ponto, através das curvas de utilidade marginal, as quais podem ser crescentes, quando o indivíduo possui amor ao risco; decrescentes quando o mesmo é avesso ao risco; e ainda constante, quando é neutro diante do risco.

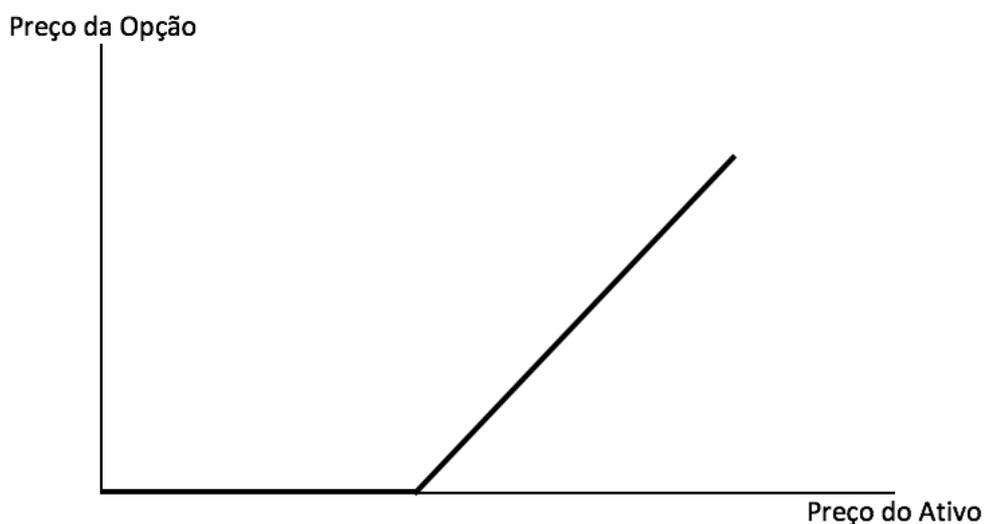
3.2.1 Opções de Compra e Opções de Venda

Segundo Demodaran (2002), as opções podem ser divididas em dois grupos: opções de compra (*call*) e opções de venda (*put*). Para o autor,

uma opção de compra dá a seu detentor o direito de comprar o ativo objeto a um preço fixo, que chamamos preço de exercício, a qualquer momento anterior ao vencimento da opção. O comprador paga um preço por esse direito. Se, no vencimento, o valor do ativo for inferior ao preço de exercício, a opção não será exercida e vencerá sem ter qualquer valor. Se, por outro lado, o valor do ativo objeto superar o preço de exercício, a opção será exercida – o detentor da opção comprará o ativo ao preço de exercício e a diferença entre o valor do ativo e o preço por ele pago será o lucro bruto do investimento. O lucro líquido será a diferença entre o lucro bruto e o preço originalmente pago pela ação (DEMODARAN, 2002, p.334-345)

O gráfico 1 ilustra os benefícios para os titulares de opções de compra na data de exercício da opção. O resultado do investimento nas opções de compra, depende do preço do ativo. Se o preço do ativo, no final do período estabelecido, terminar abaixo do preço de exercício, ninguém irá pagar para obter o ativo pela opção de compra. Nesse caso, a opção de compra não valerá nada. Por outro lado, se o preço do ativo terminar acima do preço de exercício, valerá a pena exercer a opção de compra para comprar o ativo. Nesse caso, a opção valerá o preço de mercado do ativo menos o preço de exercício.

Gráfico 1: Opção de compra



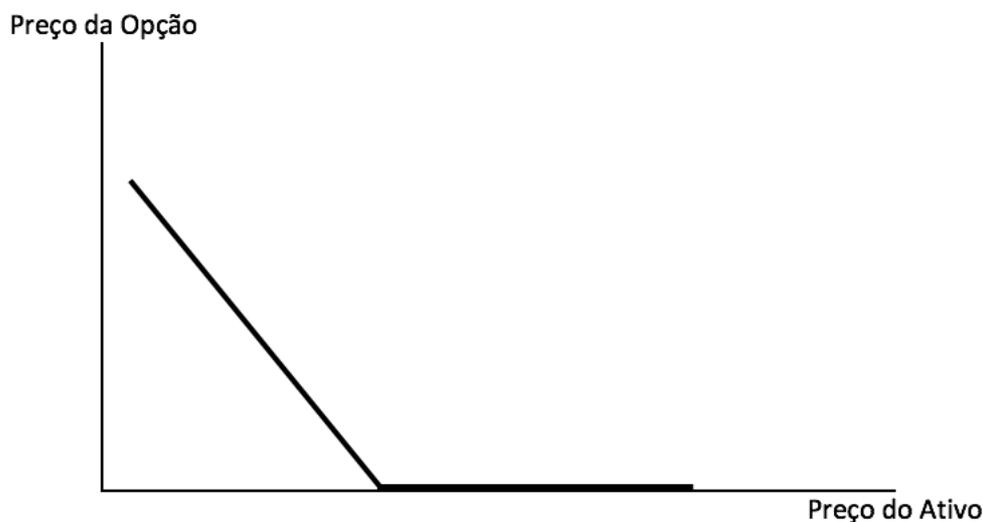
Fonte: BREALEY, R.; MYERS, S. C. Princípios de Finanças empresariais. Portugal: Mcgraw-hill (1992)

Quanto às opções de venda (*put*), o autor diz o seguinte:

Uma opção de venda dá ao seu detentor o direito de vender o ativo objeto a um preço fixo, também chamado de preço de exercício, a qualquer momento anterior ao vencimento. O portador da opção paga um preço por esse direito. Se o preço do ativo objeto for superior ao de exercício, a opção não será exercida e vencerá sem ter valor. Se, por outro lado, o preço do ativo objeto for inferior ao de exercício, o detentor da opção de venda a exercerá e venderá o ativo ao preço de exercício, tendo a diferença entre o preço de exercício e o valor de mercado do ativo como um lucro bruto – novamente, o abatimento do custo original da opção de venda resulta no lucro líquido da transação. (DEMODARAN, 2002, p. 345-346).

O gráfico 2 ilustra os benefícios para os titulares de uma opção de venda, na data de exercício da mesma. As circunstâncias nas quais a opção de venda é lucrativa são, basicamente, as opostas àquelas em que a opção de compra dá lucro. Se o preço do ativo, antes do vencimento, for superior ao preço de exercício, certamente o detentor da opção não desejará vender o ativo a esse preço, porque a opção não tem valor algum. Porém, se o preço do ativo for inferior ao preço de exercício, compensará comprar o ativo a um preço mais baixo e vendê-lo ao preço de exercício. Sendo assim, o valor da opção de venda na data de exercício, é a diferença entre o preço de exercício e o preço de mercado da ação.

Gráfico 2: Opção de venda



Fonte: BREALEY, R.; MYERS, S. C. Princípios de Finanças empresariais. Portugal: Mcgraw-hill (1992)

Em ambos os casos, tanto no mercado financeiro quanto na vida real (opções reais), os objetivos de quem opera opções são (1) limitar o prejuízo ao comprar ou vender o ativo objeto e (2) maximizar o lucro através das oscilações do mercado.

3.2.2 Opções Reais

Quando se fala em mercado de opções, é inevitável que venha à mente, a imagem de operações em bolsa de valores negociando ações. Pois bem, além de ações e demais ativos, pode-se operar opções nos mais variados ramos e tipos de projetos. O “sinal”, termo muito utilizado no ramo imobiliário, é um bom exemplo de compra de uma opção de compra, onde o comprador do imóvel paga uma quantia acertada previamente para garantir a compra do imóvel no valor determinado até a data acordada.

Como visto anteriormente, o comprador não necessariamente tem o dever de comprar (ele pode por exemplo escolher comprar um outro imóvel do mesmo nível que esteja mais barato, levando em consideração o valor do sinal já pago, ou simplesmente desistir da compra, assumindo assim a perda do valor já pago), porém o vendedor tem a obrigação de vender conforme a negociação efetuada, ficando a decisão de executar da opção nas mãos do comprador.

Na literatura sobre opções, há um grande número de exemplos, dos mais variados setores, em que é possível fazer uso da técnica de opções reais para encontrar os valores das opções nas análises de projetos, o que será visto mais adiante neste estudo.

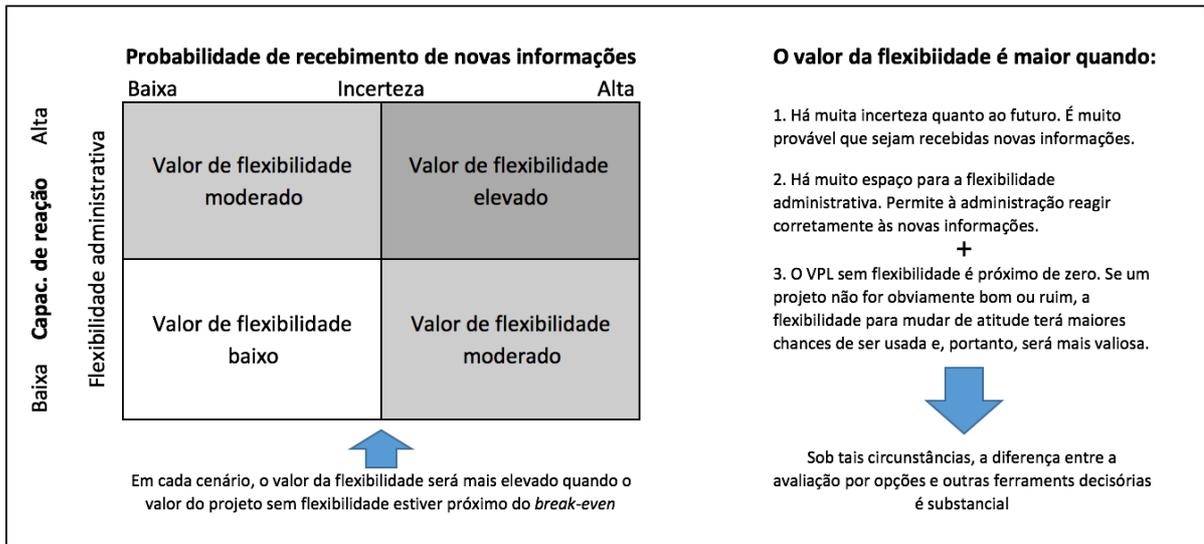
O termo Opções Reais foi inicialmente utilizado por MYERS (1977), buscando fazer uma analogia entre as oportunidades de expansão de uma empresa (novos investimentos) e as opções reais associadas a investimentos em ativos de longo prazo.

Apesar de terem começado a ser desenvolvidos trabalhos de investigação logo em seguida, foi durante a década de 1980 que começou a ser publicado um volume significativo de trabalhos que, são hoje em dia, considerados referência. Dentre os principais autores, destacam-se o próprio MYERS (1977), TOURINHO (1979), DIXIT & PINDYCK (1994) e TRIGEORGIS (1996).

A Teoria de Opções Reais – TOR se mostra uma ferramenta bastante coerente no que diz respeito às avaliações de projetos atualmente, uma vez que traz em sua bagagem algo que é essencial no mundo dos negócios, a flexibilidade. Na figura 1 a seguir, COPELAND (2002) mostra o quão a flexibilidade administrativa é valiosa, principalmente em projetos onde o

VPL é próximo a zero, ou seja, quando a decisão ou não de realizar o projeto tem chances iguais de tender para cada lado.

Figura 1: Casos em que a flexibilidade é valiosa



Fonte: COPELAND, Tom; KOLLER, Tim; MURRIN, Jack. Avaliação de empresas – Valuation: Calculando e gerenciando o valor das empresas. 3. ed. São Paulo: Makron Books Ltda., 2002. p.405

Tem-se presenciado que a TOR é um desenvolvimento da análise tradicional de investimento em ativos reais COUTO (1971 p.40). Esse desenvolvimento se deu basicamente em virtude da necessidade de tornar a gestão mais flexível, característica essa que não está presente o suficiente por exemplo em modelos como o Valor Presente Líquido (VPL) e na taxa interna de retorno (TIR), que usam o Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Segundo (PÓVOA, 2012 p.96) pelo fato dessa metodologia (FCD) fazer uso de muitas hipóteses para a sua utilização, o resultado da mesma acaba por ser muito subjetivo, podendo ter variações significativas se aplicado por diferentes analistas.

Porém, como apenas os métodos tradicionais que usam o FCD não são suficientes para que as empresas tomem a decisão de prosseguir com um investimento, que na maioria das vezes possui um alto grau de complexidade, é significativo o aumento do interesse acadêmico pelas opções reais, ocorrido principalmente nas últimas décadas NICHOLS (1994). No entanto, a relativa complexidade que se encontra associada ao desenvolvimento dos modelos de avaliação que utilizam TOR, faz com que o método ainda possua uma relevância marginal na hierarquia de preferências dos tomadores de decisão, quando se trata de preparação de decisões de investimento em ativos reais.

Uma das grandes motivações das empresas estarem aos poucos buscando alternativas que auxiliem nas tomadas de decisões é o fato das Opções Reais serem uma grande aliada nas resoluções de problemas. A resolução de problemas atrelada a essa metodologia pode ser alcançada utilizando fórmulas fechadas ou através de métodos numéricos. As fórmulas fechadas, como o método de Black & Scholes (1973), método que será explorado mais adiante, consiste em expressões analíticas previamente derivadas, que produzem um valor final a partir de um conjunto de inputs observados sobre um determinado problema específico. Já os métodos numéricos avaliam cada problema como sendo único e recorrem a processos de simulação, árvore de eventos – e de decisões-, como será visto mais adiante no modelo binomial.

Pelo fato de ser bastante dinâmica, a TOR tem sido aplicada em diversos contextos e setores, dentre os quais pode-se citar: Investimentos em fontes de recursos naturais (jazidas de minérios e combustíveis), desenvolvimento de terrenos, leasing de aeronaves, regulamento de subsídios governamentais, novos empreendimentos e aquisições, etc. No entanto, historicamente a área que mais atenção tem recebido do assunto, tem sido as questões envolvidas nas decisões estratégicas de investimento. Mc Donald e Siegel (1985) por exemplo, desenvolveram uma metodologia para avaliar projetos de investimentos nos quais existe uma opção para interromper temporariamente a produção, sem prejuízos, sempre que os custos operacionais excedem as correspondentes receitas, ou seja, uma ferramenta muito importante para empresas que por ventura não tenham um processo bem definido e estruturado para monitorar esse tipo de informação gerencial.

Segundo FAULKNER (1996, p.51), “as opções encorajam uma abordagem adaptativa que estude a resolução da incerteza futura e antecipe os ajustes necessários ao longo do percurso da vida do projeto”. Essa tentativa de minimizar os danos causados pelas incertezas, que na maioria das vezes são exógenas, ou seja, são movimentos intrínsecos da própria economia, é de suma importância para que se tenham alternativas nas tomadas de decisão quando aquilo que foi planejado, tende a tomar rumos desconhecidos.

Através da tabela 1 a seguir, é possível fazer uma analogia entre as opções reais (oportunidades de investimentos nos mais variados segmentos) e as opções financeiras, utilizando inclusive o mesmo modelo numérico, por exemplo, para calcular os valores das referidas opções.

OPÇÃO FINANCEIRA	OPÇÃO REAL
Preço de exercício da opção	Custo de investimento no projeto
Ativo subjacente: ação	Projeto
Retorno da ação	Retorno do projeto
Volatilidade no preço da ação	Volatilidade no valor do projeto
Fluxo de dividendos da ação	Fluxo de caixa livre do projeto
Tempo de expiração da ação	Tempo de expiração da oportunidade de investimento
Taxa de juros livre de risco	Taxa de juros livre de risco

Tabela 1: Analogia entre opções financeiras e opções reais

Fonte: Trigeorgis, 1996, p. 70

3.2.3 Tipos de Opções Reais

Normalmente, durante o planejamento e principalmente na execução de projetos, os gestores têm a necessidade de tomar uma decisão diferente daquilo que foi previamente planejado. Dificilmente projetos são executados exatamente da mesma maneira que foram planejados, isso porque o ambiente em que os agentes estão inseridos é um ambiente bastante dinâmico, onde as informações transitam quase que instantaneamente ao redor do globo e mudanças ocorrem a todo momento, obrigando assim aos gestores assumirem papéis ativos quanto às novas tomadas de decisões.

Números divulgados em 2010 pelo PMI – *Project Management Institute* - instituição internacionalmente reconhecida que associa os profissionais de gerenciamento de projetos de acordo com as práticas do PMBOK – *Project Management Body of Knowledge* - , as mudanças de escopo dos projetos ocupam a segunda posição do ranking das dezoito maiores razões para que os projetos não saiam conforme o planejado, ou seja, 43% dos projetos precisam ter o planejamento revisitado, e muitas vezes alterado.

Diante desses dados, a TOR vem a auxiliar na gestão adaptativa através da inclusão de uma maior flexibilidade, visando assim tanto manter os projetos “no trilho” como minimizar os possíveis riscos oriundos das necessidades de mudanças de última hora.

A seguir serão apresentados os principais tipos de opções reais.

3.2.3.1 Opção de Expansão

A maioria dos investimentos iniciais pode ser vistos como pré-requisito para novas oportunidades de investimento. Em alguns casos, as empresas decidem por investir em um novo produto e/ou serviço, mesmo que possuam um VPL negativo, porque este permite à empresa realizar futuros investimentos ainda maiores no futuro ou até mesmo entrar em novos mercados, compensando assim as possíveis perdas iniciais. Nesses casos, os projetos embrionários, digamos assim, são comparados às opções sobre novos projetos. Como a firma deve estar disposta a pagar um preço por elas, o investimento inicial funciona como uma opção para que o investimento secundário seja realizado. Assim, o valor dispendido nesse projeto inicial seria equivalente ao valor da opção. A experiência ao desenvolver o primeiro projeto pode servir como um trampolim para as próximas versões, com custos reduzidos e/ou qualidade elevada. Não exercer o primeiro projeto, pode implicar em grandes dificuldades caso a firma decida entrar no mercado pretendido mais a diante, correndo o risco até mesmo de inviabilização dos projetos

Segundo TRIGEORGIS (1993) a opção de expansão pode ser de importância estratégica, especialmente se capacitar a empresa para capitalizar futuras opções de crescimento. Por exemplo, quando uma empresa compra um terreno para construção numa zona desprovida de qualquer infraestrutura, ou constrói uma pequena unidade fabril numa nova localização geográfica, visando o desenvolvimento daquela área, essencialmente cria uma opção de expansão/crescimento para se posicionar e obter vantagem competitiva num novo mercado.

Caso o investimento inicial, ou a opção de compra, não tivesse sido adquirida, talvez não seria vantajoso para a firma investir de uma só vez no segundo projeto, visto que as barreiras de entrada como alto custo de investimento, falta de solidez da marca e falta de experiência, por exemplo poderiam ser maiores.

3.2.3.2 Opção de Diferimento

A opção de adiar um projeto de investimento, dá à gerência o direito, mas não a obrigação, de efetuá-lo, num próximo período. Segundo COPELAND AT AL. (2002) esse tipo de opção real é comparável às opções financeiras de compra americana, na qual o

detentor pode adiar o exercício (no caso real, o início do projeto) até quando lhe for mais conveniente, obviamente, respeitando o prazo da opção, o qual em projetos complexos pode se estender por anos. COPELAND AT AL. (2002) ainda usa o exemplo de uma empresa exploradora de petróleo que tem o direito da exploração via o pagamento do custo do arrendamento, porém tem a opção que aguardar que o preço do petróleo aumente, visando assim tornar o projeto mais lucrativo.

3.2.3.3 Opção de Contração

Como o próprio nome sugere, a opção de contração é uma alternativa que a gestão possui para diminuir o ritmo de atividade, podendo até chegar ao ponto de decidir pelo abandono do projeto, caso seja necessário. Segundo COPELAND AT AL. (2002), a opção de contração é formalmente equivalente a uma opção de venda (*put*) americana e a não realização de despesas futuras com o projeto equivale ao preço de exercício do *put*. Segundo o autor, muitos projetos podem ser desenvolvidos de maneira tal a permitir a contração das operações. Isso não significa que necessariamente o projeto seja extinto, mas talvez algumas etapas tenham sido subtraídas ou fora decidido diminuir o investimento previsto inicialmente.

3.2.3.4 Opção de Abandono

Segundo COPELAND AT AL. (2002) a opção de vender (ou abandonar) um projeto é equivalente a uma opção de venda (*put*) americana. Se no primeiro período, ocorrer um mau resultado, ou seja se os fluxos de caixa não atenderem à expectativa, o tomador de decisão tem a oportunidade de abandonar o projeto e realizar o valor de liquidação (ou revenda) do projeto. Assim, esse valor pode ser visto como o preço de exercício do *put*, em que a empresa recupera parte do investimento inicial realizado (venda de equipamentos, acessórios, planta industrial...).

Por outro lado, é possível que abandonar um projeto incorra custos adicionais, ao invés de um valor de liquidação, como é o caso de empresas que precisam pagar indenizações trabalhistas ou penalizações legais pelo não cumprimento total do projeto, por exemplo. Nestes casos, a opção de abandono só terá valor se os fluxos de caixa esperados do projeto forem mais negativos do que os custos de abandono do mesmo.

Copeland et al. (2002) acrescenta que um projeto que possa ser liquidado, vale mais do que o mesmo projeto na ausência de possibilidade de abandono.

3.2.4 Modelo Binomial

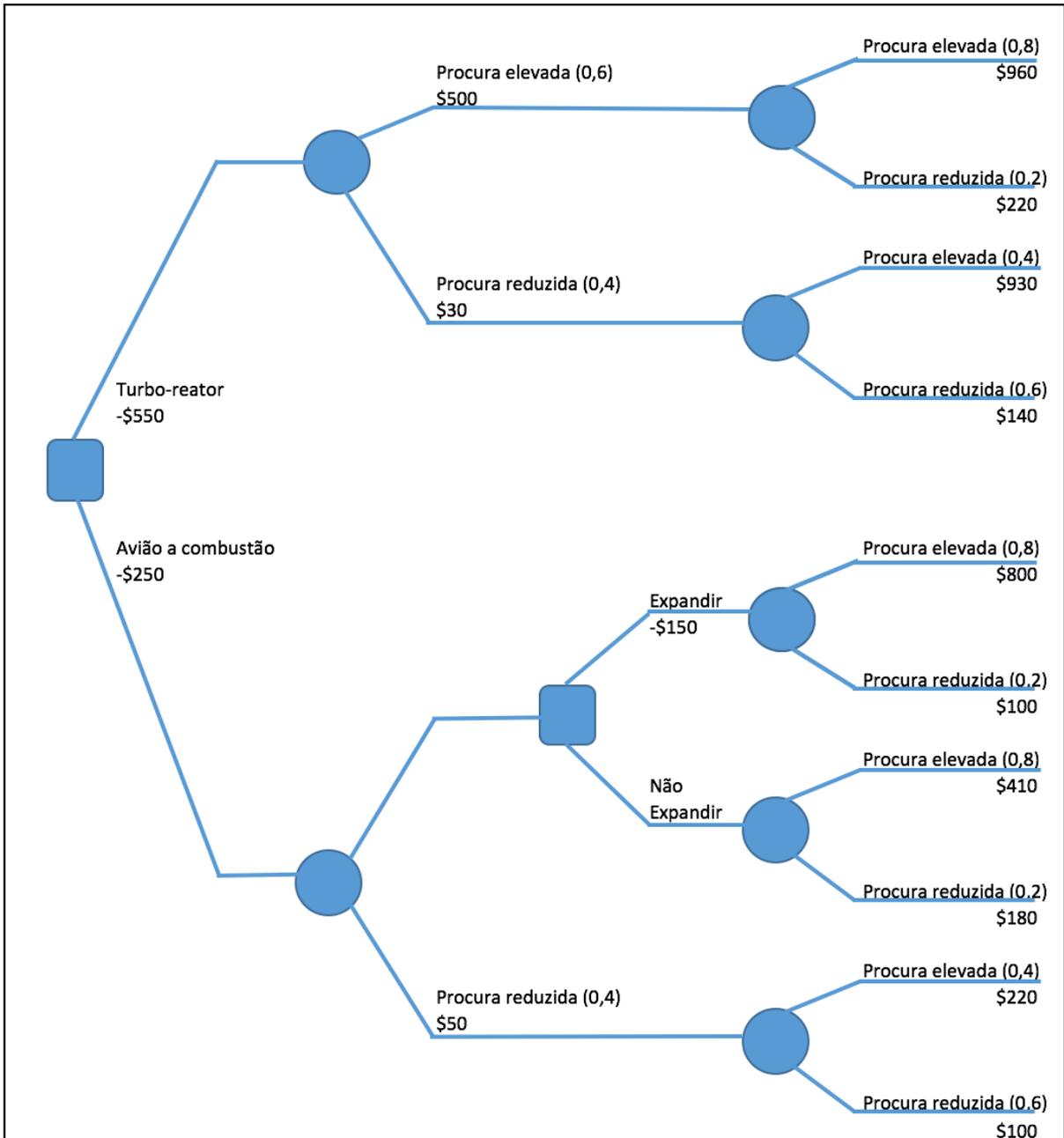
Casarotto e Kopittke (1990, p.217) definem árvore de decisão como uma maneira gráfica de visualizar as consequências de decisões atuais e futuras, apurando ainda a ocorrência de eventos aleatórios.

O método de árvore de decisões teve sua utilização na avaliação de investimentos pela primeira vez analisado por MAGEE (1964). Além de incorporar a flexibilidade na gestão, através da capacidade para reagir às circunstâncias futuras, proporciona ao investidor uma visão geral do investimento, reduzindo em muito os riscos existentes no projeto. Além disso, o modelo considera as interações entre decisões alternativas no presente, eventos incertos e escolhas futuras, com o intuito de maximizar a criação de valor.

No entanto, de acordo com TRIGEORGIS (1996), o maior problema dessa ferramenta está na correta determinação da taxa de desconto dos fluxos de caixa esperados. Porém, esse problema é neutralizado por SMITH e NAU (1995), que propõem a avaliação de investimento através da análise de árvores de decisão, com base em probabilidades neutras ao risco, as quais poderão ser resolvidas por simulação de Monte Carlo, nos casos em que a complexidade do projeto seja elevada.

Para efeito de estudo, a figura a seguir foi reproduzida de acordo com o BREALEY, MYERS, ALLEN (2008). No exemplo, os autores simulam uma opção expansão da empresa de aviação executiva Magna Charter onde os gestores deparam-se com a seguinte situação: Comprar agora, ano 0, um avião turbo-reator (por \$550) ou, alternativamente, comprar um avião menor, com motor de combustão (por \$250)? Na segunda alternativa, um segundo avião com motor a combustão poderá ser adquirido no ano 1 (por \$150), caso a procura (demanda) se revele elevada.

Figura 2: Árvore decisão Magna Charter. (em milhares de dólares)



Fonte: BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Princípios de Finanças Corporativas. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2008.

O segundo empreendimento, no entanto, não é completamente seguro. Existe uma probabilidade de, no primeiro ano, 40% da demanda ser reduzida. Se for assim, há uma probabilidade de 60% de que continue a ser reduzida nos anos seguintes. Entretanto, se a demanda inicial for elevada, a probabilidade de se manter elevada será de 80%.

O problema imediato é decidir por qual modelo de avião escolher. Um turbo-reator custa \$550.000. Um avião com motor a combustão custa \$250.000, mas tem menor capacidade e atrai menos clientes. Além disso, o avião com motor a combustão tem uma

concepção antiquada, e é provável que se desvalorize rapidamente. É possível também, que ano seguinte as aeronaves a combustão seminovas possam ser compradas por \$150.000.

Na figura 2, o quadrado inicial a esquerda representa a decisão inicial da empresa (assim como o quadrado mais a direita representa a decisão secundária em reinvestir ou não em mais um avião a combustão) e os círculos representam variações na demanda nas quais a empresa não tem como influenciar. Entre parênteses estão as probabilidades dos eventos possíveis, bem como os valores de fluxo de caixa projetados logo a seguir.

A seguir seguem os cálculos dos VPL's de cada hipótese, sendo calculados do lado direito para o esquerdo, para que seja possível resolver o problema do primeiro ano, ou seja, saber em qual projeto a empresa deve investir. No avião a combustão ou no turbo reator.

Iniciando pela decisão de expandir o projeto, ou não, no segundo avião, no ano dois. Se optar pela expansão, investirá \$150.000 e receberá \$800.00 se a demanda continuar elevada, ou \$100.000, se a demanda for reduzida. Assim, o seu resultado esperado será:

$$\begin{aligned} & (\text{Probabilidade de demanda elevada} \times \text{payoff com demanda elevada}) + (\text{probabilidade de demanda} \\ & \text{reduzida} \times \text{payoff com demanda reduzida}) \\ & = (0,8 \times 800) + (0,2 \times 100) = \$600.000 \end{aligned}$$

Se a taxa de desconto é de 10%, então o valor presente líquido da expansão, reportado ao ano será:

$$\text{VPL} = -150 + \frac{600}{1,10} = 450, \text{ ou } \$ 450.000$$

Se a empresa não expandir, o recebimento esperado será de:

$$\begin{aligned} & (\text{Probabilidade de demanda elevada} \times \text{payoff com demanda elevada}) + (\text{probabilidade de demanda} \\ & \text{reduzida} \times \text{payoff com demanda reduzida}) \\ & = (0,8 \times 410) + (0,2 \times 180) = 364, \text{ ou } \$364.000 \end{aligned}$$

O valor presente líquido da não expansão, reportado ao ano 1, será:

$$\text{VPL} = 0 + \frac{364}{1,10} = 331, \text{ ou } \$ 331.000$$

Comparando os VPL's, fica claro que expansão será compensadora se a demanda for elevada, visto que \$ 450.000 > \$ 331.000.

Agora que já é conhecido o que a empresa deve fazer caso seja confrontada com a decisão de expansão, “pode-se voltar” à decisão inicial. Se comprar o primeiro avião com motor a combustão, pode esperar ganhos de \$550.00 no ano 1 se a demanda for elevada, ou de \$185.000, se a demanda for reduzida:

Figura 3: Possíveis ganhos do avião com motor a combustão



Fonte: BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Princípios de Finanças Corporativas. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2008.

O valor presente líquido do investimento no avião a combustão será, portanto, de \$117.000:

$$\text{VPL} = -250 + \frac{0,6(550) + 0,4(185)}{1,10} = 117, \text{ ou } \$ 117.000$$

Se a empresa comprar o turbo reator, deixará de haver decisões futuras para analisar e, então, não haverá a necessidade de voltar atrás. Bastará calcular os fluxos de caixa esperados e descontá-los:

$$\begin{aligned} \text{VPL} &= -550 + \frac{0,6(150) + 0,4(30)}{1,10} + \frac{0,6[0,8(960) + 0,2(220)] + 0,4[0,4(930) + 0,6(140)]}{(1,10)^2} \\ &= -550 + \frac{102}{1,10} + \frac{102}{(1,10)^2} = 96, \text{ ou } \$96.000 \end{aligned}$$

Assim, o investimento no avião de combustão tem um VPL líquido de \$117.000; o investimento no turbo reator tem um VPL de \$96.000. O avião de motor a combustão é a melhor aposta. No entanto, a resposta seria diferente se não fosse considerado a possibilidade de expansão. Nesse caso, o VPL do avião a combustão baixaria de \$117.000 para \$52.000:

$$\begin{aligned} \text{VPL} &= -250 + \frac{0,6(100) + 0,4(50)}{1,10} + \frac{0,6[0,8(410) + 0,2(180)] + 0,4[0,4(220) + 0,6(100)]}{(1,10)^2} \\ &= 52, \text{ ou } \$52.000 \end{aligned}$$

O valor da expansão seria, portanto: $117 - 52 = 65$, ou \$65.000.

Se a empresa comprar um avião com motor a combustão, não ficará confinada a essa decisão, visto que terá a opção de expansão por meio da compra de um avião adicional se a demanda for elevada. Mas de acordo com a figura 2, pode-se inferir que se a empresa optar por investir num turbo reator, não há nada que possa fazer se a demanda se revelar reduzida,

porém isso não é uma realidade. Se o negócio no primeiro ano for reduzido, pode ser vantajoso para a Magna vender o turbo reator e abandonar definitivamente o projeto. Segundo os autores, a opção de abandono poderia ser representada por mais um ponto de decisão (no caso, um quadrado) se a empresa comprasse um turbo reator e a demanda no primeiro ano fosse reduzida. Se isso acontecesse, a empresa poderia vender o avião ou aguardar até que a demanda aumentasse. Se a opção de abandono fosse suficientemente valiosa, poderia fazer sentido comprar o turbo reator e arriscar ganhos elevados.

3.2.4.1 Prós e Contras das Árvores de Decisão

BREALEY, MYERS, ALLEN (2008) destacam que um dos principais problemas das árvores de decisão, é que por segmentarem as possibilidades de demanda apenas em elevada e reduzida, tornam o modelo incompleto, visto que na vida real poderia haver uma demanda média pelos produtos e/ou serviços. Dessa maneira, a árvore de decisão até poderia contemplar esse novo conjunto de eventos e decisões, porém em pouco tempo, quadrados, círculos e galhos se acumulariam rapidamente, tornando assim o modelo complexo. No entanto, acrescentam também que seria injusto criticar o modelo pelo simples fato de ser complexo (na vida real). A crítica em si, é direcionada aos analistas, que se deixam “engolir” por essa complexidade.

O objetivo das árvores de decisão é o de permitir análises explícitas dos possíveis acontecimentos e das decisões futuras. Não devem ser julgadas em razão de sua amplitude, mas sim por realçarem as ligações mais importantes entre as decisões de hoje e as de amanhã. As árvores de decisão utilizadas na vida real são mais complexas do que a da Figura, mas, mesmo assim, revelam apenas uma pequena fração dos possíveis acontecimentos e decisões do futuro.” BREALEY, MYERS, ALLEN (2008, p. 232)

Completam assim, que o modelo é vantajoso à medida que as árvores de decisão podem ajudar o gestor a identificar escolhas futuras e podem contribuir para uma visão menos complicada dos fluxos de caixa e dos riscos do projeto.

3.2.4.2 Calculando o Valor da Opção

Na seção anterior foi demonstrado como os autores avaliaram o projeto levando em consideração o cálculo do VPL de cada opção, e conseqüentemente, usando essa informação para decidir em qual projeto investir.

No entanto, o exemplo não contempla o cálculo da opção em si, referente a cada projeto. Como um dos objetivos desse estudo é fazer um paralelo entre os modelos binomial e Black & Scholes, adiante será utilizado mais um exemplo proposto por BREALEY, MYERS, ALLEN (2008), em que é possível conhecer o valor da opção de compra da empresa em questão. Importante ressaltar que a metodologia serve tanto para o cálculo de opções financeiras, quanto para opções reais, respeitando claramente, as particularidades de cada projeto. O exemplo que segue, refere-se a uma opção financeira.

Segundo os autores, o valor de uma opção de compra depende de cinco variáveis:

1. “Quanto mais alto for o preço do ativo, maior será o valor da opção de compra-lo.
2. Quanto menor for o preço que se tiver de pagar para exercer a opção de compra, mais ela valerá.
3. Só se pagará o preço de exercício quando a opção vencer. Esse intervalo é tanto mais valioso quanto mais alta for a taxa de juro.
4. Se, no vencimento, o preço da ação for inferior ao preço de exercício, a opção de compra não terá valor, independentemente dessa diferença ser inferior a \$1 ou superior a \$100. No entanto, para cada dólar que o preço da ação ultrapassar o preço de exercício, o detentor da opção ganhará mais um dólar. Assim, o valor de uma opção de compra aumenta com a volatilidade do preço da ação.
5. Por último, uma opção de longo prazo vale mais do que uma opção de curto prazo. Um vencimento distante adia o momento em que o detentor da opção terá que pagar o preço de exercício e aumenta a probabilidade de uma grande subida do preço da ação antes de a opção vencer.” (BREALEY, MYERS, ALLEN (2008, p. 496)

O cálculo do valor de uma opção pelo método binomial é essencialmente um processo de resolução de uma árvore de decisão. Começa-se em uma data futura e retrocede-se ao longo da árvore até o presente. Primeiramente parte-se do preço de exercício na data zero e multiplica-se pelas variações positivas e negativas.

Para conhecer os valores para as variações (positivas e negativas) existe uma fórmula que relaciona as variações com o desvio padrão do retorno dos ativos:

$$1 + \text{variação positiva} = u = e^{\sigma\sqrt{h}}$$

$$1 + \text{variação negativa} = d = 1/u$$

sendo:

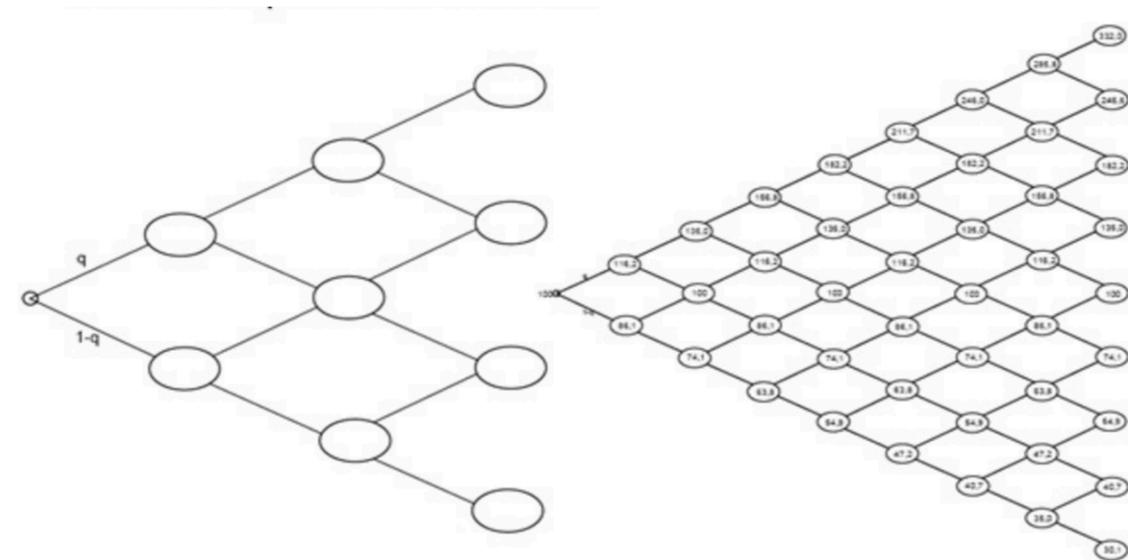
e = base de logaritmos naturais = 2,718

σ = desvio padrão do retorno do ativo

h = intervalo como fração de um ano ($h=1$ para 12 meses)

O modelo binomial considera as duas possíveis alterações nos preços das ações no período seguinte: um movimento “para cima” e um movimento “para baixo”. Os autores alertam que esse pressuposto (o de que só há dois preços possíveis para cada ação ao fim do período determinado) é claramente imaginativo. Para tornar o exemplo mais realista, poder-se-ia diminuir o intervalo de tempo para cada vez mais curtos, isso proporcionaria um leque mais amplo de preços, chegando assim a um preço mais realista, conforme a figura 3.

Figura 4: Árvores de decisão com intervalos de tempo diferentes



Fonte: IAG PUC – Rio. Prof. Luiz Brandão

No exemplo proposto por BREALEY, MYERS, ALLEN (2008), foi considerado o preço de exercício em \$60,00, taxa de juro de 1,5% a.a (cerca de 0,5% para quatro meses) e desvio padrão de 35,23%. Os autores afirmam que o “truque consiste em montar uma carteira *equivalente a uma opção*, por meio da combinação entre ações e em dívida. O custo líquido da aquisição deve igualar o valor da opção” (p.497).

É pressuposto também, que as ações podem ter dois comportamentos durante os próximos oito meses, ou o preço sobe ou cai.

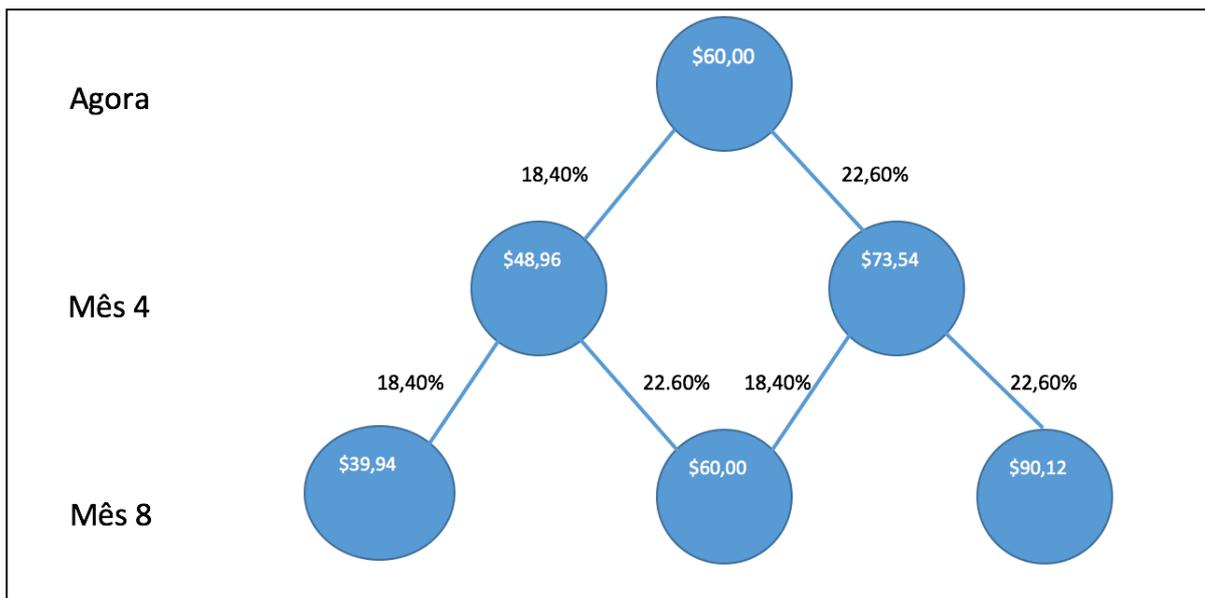
Para calcular esses movimentos equivalentes a 4 meses ($h = 4/12$), utiliza-se a fórmula:

$$1 + \text{variação positiva} = u = e^{0,3523\sqrt{0,333}} = 1,226 \text{ (22,6\%)}$$

$$1 + \text{variação negativa} = d = 1/u = 1/1,226 = 0,816 \text{ (18,4\%)}$$

A figura 5 a seguir apresenta os valores dos possíveis preços de exercício após os meses indicados, sem, ainda, os valores das opções.

Figura 5: Preços de exercício



Fonte: BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Princípios de Finanças Corporativas. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2008.

Segundo os autores, os valores das opções de compra no mês 8, serão:

- \$90,12 - \$60,00 = \$30,12
- \$60,00 - \$60,00 = \$0,00
- \$39,94 - \$60,00 = \$0,00

Se o preço da ação fosse \$39,94, a opção de compra não teria valor (opção OTM) visto que seria vantagem para o investidor comprar a ação a \$39,94 a comprar a respectiva opção a \$60,00.

Para conhecer o valor da opção hoje, é necessário primeiro conhecer o valor da opção no mês 4 e posteriormente, voltar desse mês para o presente. Suponha que ao fim de quatro meses o preço da ação é de \$73,54. Neste caso, os investidores sabem que quando, finalmente, ocorrer o vencimento da opção, no mês 8, o preço da ação será \$60,00 ou \$90,12 e, conseqüentemente, o preço da opção será \$0 ou \$30,12 respectivamente. Pode-se, assim,

utilizar a fórmula para descobrir quantas ações é preciso comprar no mês 4 para replicar a ação:

$$\text{Delta da opção} = \frac{\text{Diferença entre os preços possíveis da opção}}{\text{Diferença entre os preços possíveis da ação}} = \frac{\$30,12 - \$0}{\$90,12 - \$60} = 1$$

$$\text{Valor da opção de compra no mês 4} = \$73,54 - \$60 / 1,005 = \$13,83$$

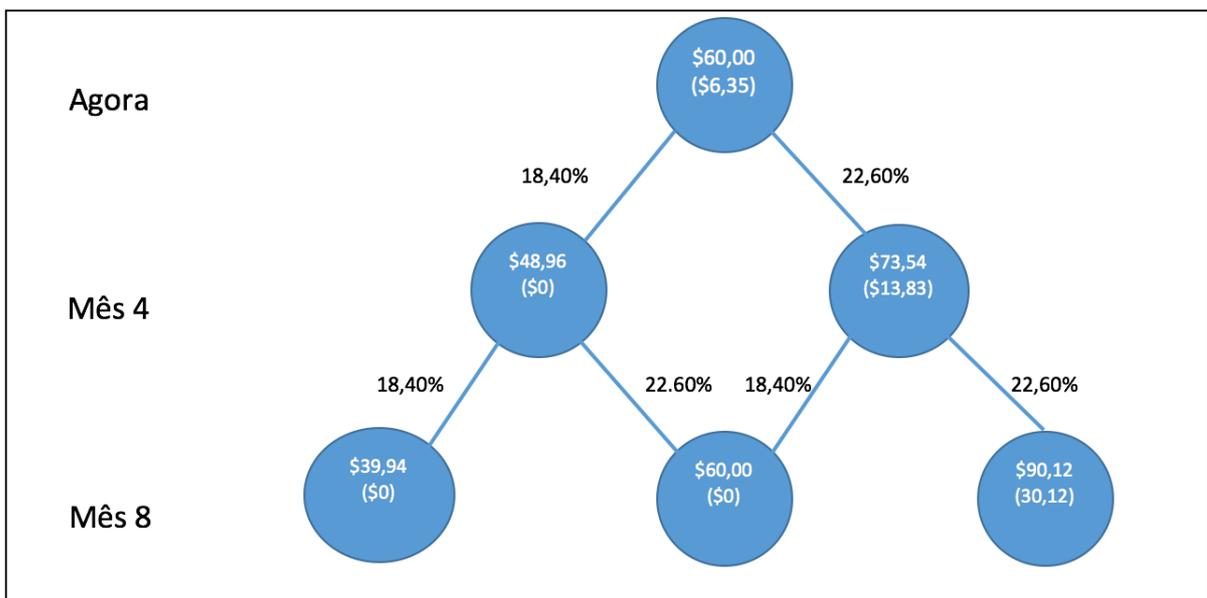
Se o preço da ação subir nos 4 primeiros meses, a opção valerá \$13,83. Porém, caso o valor da ação caia para \$48,96, o valor da opção será \$0. Com esses valores, pode-se então calcular o valor presente da opção hoje.

$$\text{Delta da opção} = \frac{\text{Diferença entre os preços possíveis da opção}}{\text{Diferença entre os preços possíveis da ação}} = \frac{\$13,83 - \$0}{\$73,54 - \$48,96} = 0,563$$

Logo, o valor presente da opção será:

$$\begin{aligned} \text{VP opção} &= \text{VP}(0,563 \times \text{preço da ação}) - \text{VP}(\$27,55) \\ &= (0,563 \times \$60) - (\$27,55/1,005) = \$6,35 \end{aligned}$$

Figura 6: Preço das opções



Fonte: BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. Princípios de Finanças Corporativas. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2008.

Agora a figura 6 está completa com os preços possíveis das ações e seus respectivos preços de opção de compra entre parênteses. O valor de \$6,35 confirma que o modelo, apesar de sua simplicidade, é condizente com outros modelos, uma vez que se aproxima do valor de Black & Scholes (\$7,35), que será visto logo adiante. Os autores completam que à medida que

o número de intervalos aumenta, mantendo-se constante o desvio padrão, mais o valor da opção se aproxima ao valor usando a fórmula de Black & Scholes.

3.2.5 O Modelo de Black & Scholes

Com a evolução do mercado financeiro, sentiu-se a necessidade de um modelo consistente, capaz de minimizar o risco nos mercados de derivativos, principalmente em se tratando do mercado de opções.

Após estudos, dois cientistas chamados Fischer Black e Myron Scholes, chegaram em fim a uma fórmula matemática capaz de precificar opções. Apresentado pela primeira vez em 1973. Para FIGUEIREDO (2002, p. 77), o modelo representou um grande avanço na área de finanças, ao mostrar como os preços teóricos de opções podem ser determinados antes do seu vencimento. Atualmente, o modelo é utilizado por agentes econômicos na precificação de opções europeias, mas pode ser aplicado em ações americanas de compra que não pagam dividendos, já que nunca devem ser exercidas antes do tempo.

Alguns são os pressupostos para que se possa utilizar a fórmula. Segundo COPELAND E ANTIKAROV (2001, p. 108) são eles:

1. A opção só pode ser exercida no vencimento – é uma opção europeia.
2. Só há uma fonte de incerteza – as opções do tipo arco-íris estão excluídas (isto é, pressupõe-se que a taxa de juros seja constante).
3. A opção está embasada em um único ativo subjacente sujeito a risco; portanto, as opções compostas estão excluídas.
4. O ativo subjacente não paga dividendos
5. O preço de mercado corrente e o processo estocástico seguido pelo ativo subjacente são conhecidos (observáveis).
6. A variância do retorno sobre o ativo subjacente é constante ao longo do tempo
7. O preço de exercício é conhecido e constante

Diante desses pressupostos COPELAND E ANTIKAROV (2001, p. 108) explicam que “a maioria das decisões de investimento envolve opções compostas, porque progridem em fases, e em geral há várias fontes de incertezas correlacionadas”. Por isso, a aplicação do modelo limita-se a aos projetos de investimentos que respeitem os pressupostos.

3.2.5.1 Utilização da Fórmula de Black & Scholes

Inicialmente a fórmula parece ser difícil, porém se os três passos propostos por BREALEY, MYERS, ALLEN (2008) forem seguidos, o cálculo se torna simples e intuitivo. Para efeito de exemplo, será utilizado nessa sessão os mesmos dados do exemplo anterior do modelo binomial, visto que após o cálculo, será possível verificar a convergência dos valores das opções dos modelos binomial e Black & Scholes.

Os dados necessários para esse exemplo ilustrativo, são:

- Preço atual da ação = $P = 60$
- Preço de exercício = $EX = 60$
- Desvio padrão dos retornos (em termos anuais) = $s = 0,3523$
- Anos até o vencimento = $t = 0,667$
- Taxa de juro ao ano = $rf = 1,5\%$ (equivalente a $0,999975\%$ para oito meses)

Lembrando que a fórmula de Black & Scholes para o valor da opção de compra é:

$$[N(d1) \times P] - [N(d2) \times VP(EX)]$$

sendo

$$d1 = \frac{\log[P/VP(EX)] + \sigma\sqrt{t}}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t}$$

$N(d)$ = função de probabilidade normal cumulativa

Para utilizar a fórmula, basta seguir os três passos:

Passo 1: Calcular $d1$ e $d2$. Para isso, basta introduzir os números na fórmula, lembrando que “log” significa log *normal*.

$$d1 = \frac{\log[P/VP(EX)] + \sigma\sqrt{t}}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d1 = \frac{\log[60/(60/1,01)] + 0,3523\sqrt{0,667}}{0,3523\sqrt{0,667}} = 0,1783$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t} = 0,1783 - 0,3523\sqrt{0,667} = -0,1093$$

Passo 2: Calcular $N(d1)$ e $N(d2)$. Segundo os autores,

é a probabilidade de uma variável com distribuição normal ser inferior a $d1$ desvios padrão acima da média. Se $d1$ for elevado, $N(d1)$ está próximo a 1 (ou seja, é quase certo que a variável será inferior a $N(d1)$ desvios padrão acima da média). Se $d1$ for zero, $N(d1)$ é 0,5 (ou seja, há uma probabilidade de 50% de uma variável com distribuição normal ficar abaixo da média).

A forma mais simples para determinar $N(d1)$ é utilizar a função DIST.NORMP do Excel. Caso não seja possível a utilização do software, pode usar uma tabela normal, como a que consta no apêndice. No exemplo que segue, $N(d1)$ é 0,5708, ou seja, há 57,08% de chance de uma variável com distribuição normal se inferior a 0,1783 desvio padrão acima da média. Já $N(d2)$ ficou em 0,4565, ou seja, há 45,65% de chances de uma variável com distribuição normal ser inferior a 0,1093 desvio padrão abaixo da média.

$$N(d1) = 0,5708$$

$$N(d2) = 0,4565$$

Passo 3: Introduzir os valores na fórmula de Black & Scholes. Com isso é possível calcular o valor da opção de compra:

$$\begin{aligned} &= [N(d1) \times P] - [N(d2) \times VP(EX)] \\ &= [0,5708 \times 60] - [0,4565 \times 60 / (1,015^{0,667})] = \$7,13 \end{aligned}$$

Pronto, o valor da opção de compra via modelo de Black & Scholes está calculado. Diante do exposto, além dos sete pontos destacados por COPELAND E ANTIKAROV (2001), há outras circunstâncias em que o modelo não é indicado, fato esse que não o torna um modelo 100% indicado, digamos assim, para qualquer tipo de projeto.

No entanto, algumas considerações a respeito das limitações do modelo precisam ser pontuadas. Primeiramente com relação à determinação da volatilidade. Em alguns casos pela dificuldade de sua determinação, o valor final da opção pode não representar um valor com nível de significância elevado. Para tanto, recomenda-se uma atenção maior na determinação desse parâmetro, que pode ser efetuado por exemplo por método de Monte Carlo. Uma outra questão importante que precisa ser levada em consideração, quando se usa o modelo em opções reais, refere-se à determinação do valor do projeto, o parâmetro P da fórmula. Em opções financeiras, esse parâmetro é mais facilmente determinado porque o preço da ação é dado, porém em opções reais, esse valor é conhecido através do valor presente das entradas de caixa, ou seja, além de usar um método tradicional de avaliação, o qual foi referenciado anteriormente como um método falho, usa-se uma taxa de desconto que também carrega um grau de subjetividade elevado, em virtude da maneira como foi determinada.

3.2.5.2 O Modelo Binomial e Black & Scholes

Ambos modelos têm suas vantagens e desvantagens. O modelo binomial, por exemplo, é mais preciso quando os intervalos de tempo são menores, ou seja, à medida que o número de intervalos vai aumentando, os valores obtidos com o modelo começam a se aproximar do

valor de Black & Scholes. Isso porque segundo BREALEY, MYERS, ALLEN (2008) a fórmula de Black & Scholes reconhece um *continuum* de resultados possíveis. Essa relação entre os valores pode ser visto na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Relação entre os valores dos modelos binomial e B&S

Número Passos	Variação por intervalo %		Valor estipulado da Opção
	Positivas	Negativas	
1	+33,3	-25,0	\$8,83
2	+22,6	-18,4	\$6,35
8	+10,7	-9,7	\$6,92
34	+5,1	-4,8	\$7,08
Valor de Black & Scholes =			\$7,13

Fonte: BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. *Princípios de Finanças Corporativas*. 8. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2008.

Por outro lado, a fórmula de Black & Scholes é mais precisa e rápida de ser utilizada do que o método binomial, porém, as diferentes circunstâncias farão com que não se possa utilizar o modelo B&S, enquanto que o modelo binomial poderá oferecer uma boa medida de valor da opção. Ainda sim, BREALEY e MYERS (1992) afirmam que o modelo se ajusta muito bem à realidade, em que as ações são negociadas apenas de forma intermitente, e os preços saltam de um nível para outro. Em razão disso, o modelo de B&S tornou-se o modelo padrão de valorização de opções.

4 APLICAÇÃO PRÁTICA – R2 TRANSPORTES AÉREOS

Para exemplificar o conceito de opções reais, será utilizado um exemplo hipotético, porém factível, baseado na criação de uma empresa de taxi aéreo (R2 Transportes Aéreos) com sede no recém construído Aeroporto Regional Sul Humberto Ghizzo Bortoluzzi (IATA: JJG – ICAO:SBJA) em Jaguaruna – SC. Nesse estudo, serão utilizadas informações próximas da realidade, algumas obtidas através de um colaborador que atualmente faz parte do quadro de funcionários do aeroporto. O foco do estudo não é levantar os números reais de fato, mas sim demonstrar como a TOR, e sua flexibilidade intrínseca, podem ser utilizados para estudo de viabilidade de um projeto dessa natureza. Será considerada a possibilidade da empresa adquirir e exercer (se os resultados forem favoráveis) sua opção de compra, que simularia por exemplo uma opção real de expansão, onde a empresa investiria, ou não, em aeronaves de diferentes modelos. Mais detalhes, serão abordados a seguir.

4.1 DETALHAMENTO DO PROJETO

As operações iniciais da R2, estariam focadas na prestação de serviços aéreos executivos, com foco na ponte aérea Jaguaruna, SC (JJG) - São Paulo, SP (CGH), e o transporte de cargas com alto valor agregado (medicamentos, procedimentos médicos, autopeças, transporte de valores dentre outros) para todo o Brasil. A rota inicial foi definida tendo como base a movimentação de passageiros, que desde os primeiros meses de operação de voos comerciais, vem crescendo substancialmente e é notório a demanda por trechos dessa ponte aérea. A partir da solidificação da empresa, será avaliado a inclusão de novas rotas.

Atualmente, apenas uma companhia aérea está operando com um voo diário (o qual na maioria das vezes com lotação máxima) fazendo com que muitas vezes os passageiros precisem se descolar para outros aeroportos em virtude da falta de voos. A implementação da R2 estaria focada em suprir esse aumento na demanda e conseqüentemente, se consolidar como uma referência na região.

Na tabela 3 a seguir, constam as quantidades de embarques e desembarques mensais desde o início das operações do aeródromo. Durante os três primeiros meses, apenas voo particulares estavam operando, por isso, a baixa quantidade. A partir da primeira quinzena de Abril, a empresa TAM começou a operar o voo diário e assim o mantém até a coleta das informações, que se deu em 03/09/2015. Considerando que nos três primeiros meses a

quantidade de passageiros não interfere substancialmente no número total de embarques e desembarques, 16 mil passageiros circulando em apenas 5 meses de funcionamento (com apenas uma companhia em operação) é um número bastante considerável, visto a média de 106 passageiros diários.

Tabela 3: quantidade de embarques e desembarques desde o início das operações do aeroporto.

	Embarques	Desembarques	Total
Janeiro	37	25	62
Fevereiro	12	11	23
Março	14	11	25
Abril	470	467	937
Mai	1862	1702	3564
Junho	2010	1967	3977
Julho	1778	1754	3532
Agosto	2062	1887	3949
Total	8245	7824	16069

Fonte: Gerente de operações do aeroporto regional sul – Humberto Ghizzo Bortoluzzi

Além dos voos executivos, haveria a possibilidade de fretamento da aeronave, bem como a realização de Serviços Aéreos Especializados – SAE - que de acordo com a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), estão enquadrados nessa categoria serviços específicos como por exemplo aerolevanteamento topográfico, aerofotografia (turismo e/ou jornalismo), aero publicidade, dentre outros. Esses serviços específicos seriam uma forma de complementar a agenda de voos, quando a aeronave não estaria em operação e os preços praticados estariam de acordo com o mercado, respeitando a particularidade de cada projeto.

Essa variedade de serviços seria possível tendo em vista o uso de duas aeronaves. A primeira, sendo um Cirrus SR22 Grand fabricado pela Cirrus Aircraft, com capacidade para até 4 passageiros e a segunda, uma aeronave bastante dinâmica, como por exemplo o Grand Caravan C208B fabricado pela Cessna Aircraft Company. Esse modelo comporta até 9 passageiros e pode ser rapidamente remanejado com a configuração para o transporte de cargas (ainda que possa ser efetuado ambas modalidades ao simultaneamente, dependendo da quantidade de passageiros e de carga). Um dos pontos fortes do Grand Caravan, é a sua capacidade de transporte de carga paga, bem como um custo operacional reduzido, se

comparado às demais aeronaves do mesmo porte. O custo da hora voada considerada para os cálculos foi de R\$ 4.500,00

Diferentemente de uma empresa de taxi aéreo comum, onde os preços dos trechos são bastante elevados, a R2 estaria sim, focada em um prestar um serviço diferenciado, *premium*, porém com preços que estariam entre os valores praticados no mercado por companhias regulares já estabelecidas. O *ticket* médio do bilhete entre Jaguaruna-SC e Congonhas-SP, estaria em torno de R\$650,00, porém com uma margem de 50% para mais ou para menos. Para isso, o perfil de cliente *core*, que estaria disposto a voar (e a desembolsar uma quantia em torno de 20 a 30%¹ a mais que as companhias comerciais convencionais) com a R2, seria considerado como sendo das classes A, B e C, de acordo com os critérios do IBGE.

Tabela 4: Segmentação classes sociais Brasil/2015

Classe	Salários Mínimos (SM)	Renda Familiar (R\$)
A	Acima 20 SM	R\$ 15.760,01 ou mais
B	10 a 20 SM	R\$ 7.888,01 a R\$ 15.760,00
C	4 a 10 SM	R\$ 3.152,01 a R\$ 7.888,00
D	2 a 4 SM	R\$ 1.576,01 a R\$ 3.152,01
E	Até 2 SM	Até R\$ 1.576,00

Fonte: IBGE (Válido para 2015 – salário mínimo em R\$ 788,00)

A estratégia da empresa para conseguir operar com qualidade, porém mantendo um preço por trecho relativamente baixo, se comparado às empresas do setor, seria uma estrutura de custos bastante enxuta e reduzida. Para isso, seriam propostos contratos com empresas que prestam serviço de comissárias (lanches e bebidas) e limpeza da aeronave e sala VIP de embarque, empresa distribuidora de combustível para maiores descontos por litro abastecido (hoje em dia o custo por litro do querosene está a R\$ 5,25. Com um bom contrato e uma boa demanda ao longo do tempo das operações aéreas os valores poderão ser reduzidos a R\$ 3,45 por litro abastecido. Diferença aproximada de 34 %) e contratos duradouros com empresas por exemplo de transporte de valores, os quais buscam por serviços de qualidade e com segurança.

¹ Segundo o site decolar.com, o valor médio do trecho JYG-CGH no meses de Setembro e Outubro/15

A escolha do local para a implementação base de operações da R2 se deu em virtude de alguns pontos estratégicos levantados, dentre os quais pode-se destacar:

- Aeródromo recém construído, com boa estrutura física e possibilidade de construção de hangar próprio, o que no longo prazo fará com que o custo operacional seja reduzido, bem como a ampliação das estruturas possa ser realizada sem elevados custos adicionais. Um hangar próprio também possibilitaria ganhos futuros através do aluguel para pernoites de outras aeronaves;
- Local estratégico, capaz de abranger o sul de Santa Catarina e norte/nordeste do Rio Grande de Sul, evitando assim que passageiros necessitem se deslocar através de rodovias até Florianópolis ou Porto Alegre;
- Aeródromo com grande potencial de crescimento tanto com relação a número de passageiros, quanto transporte de carga. Com uma pista de 2.500m de comprimento e 30m de largura, uma das maiores do Brasil, foi projeto para receber grandes aeronaves e consequentemente, um volume considerável de passageiros (visa atender 900 mil habitantes/ano) e movimentação de cargas características da indústria catarinense (, peças automotivas, componentes eletrônicos, transporte de valores, etc.)

Por outro lado, foram levantadas questões importantes que poderiam impactar nos primeiros anos de atividade da empresa (visto que de acordo com o o crescimento do aeroporto esses itens se tornariam essenciais). Dentre as quais pode-se citar a falta de um ponto fixo de combustível para abastecimento, o que exigiria um maior planejamento estratégico para que os abastecimentos fossem efetuados com maior antecedência e ausência de sistemas de pouso por instrumento, o que prejudica as operações aéreas em dias de mau tempo (restrições de teto e visibilidade). Nesses casos, o aeroporto mais próximo que poderia ser usado como alternativa seria o de Criciúma, distante 48km de Jaguaruna. Caso fosse necessário, a empresa disponibilizaria ônibus fretados para fazer o traslado dos passageiros até o aeródromo de Jaguaruna, evitando assim possíveis transtornos aos usuários. Serviços dessa natureza já podem ser vistos em demais companhias aéreas, que pelo fato de operarem em determinados aeroportos, possuem esse tipo de serviço visando a comodidade de seus clientes.

4.1.1 Modelo de Avaliação

As tomadas de decisões para a constituição ou não da empresa giram em torno de duas possibilidades. A primeira, de investir num avião menor, consequentemente menos

passageiros e menos capacidade de carga, porém com um custo inicial (estrutura operacional mínima) elevada, se comparada com um avião maior. Independente da aeronave a ser escolhida, o custo inicial para entrada no mercado é relativamente elevado, se comparado aos possíveis fluxos de caixa de ambos aviões. A segunda possibilidade, seria investir numa aeronave maior, com maior capacidade de passageiros e de carga, possibilitando assim, ganhos futuros mais elevados.

Por ser uma aeronave consolidada no mercado e conhecida pela sua boa relação custo x benefício, o *Grand Caravan* seria capaz de ser três vezes mais lucrativo (em termos de fluxo de caixa descontado) do que se o investimento inicial fosse efetuado no Cirrus SR22 Grand. Com isso, o valor da opção em investir no avião maior, poderia mais que compensar o VPL negativo do primeiro investimento, como será visto mais adiante.

A seguir, tem-se as estruturas de custo operacional básica, de receita e de fluxos de caixa para ambas aeronaves. Para que as operações da R2 Transportes Aéreos pudessem ser iniciadas (considerando um cenário provável), destacam-se os valores das principais variáveis relevantes para a realização do investimento. Os mesmos foram estimados com base nos conhecimentos de um dos sócios, que seria o comandante da aeronave e de informações do mercado, que o mesmo possui por estar atuando na área há anos.

Figura 7: Estrutura de custos operacionais inicial – Aeronave 1 (com inclusão dos impostos)

Estrutura/mês	Quantidade	Valor Unitário	Total
Instalações			
Aluguel escritório / Sala Embarque	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Despesas administrativas	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Equipamentos / Infraestrutura	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
TOTAL			R\$ 15.000,00
Pessoal			
Diretor operacional/legal	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Comandante	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Co-piloto	1	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
Atendente/comercial	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Auxiliar pista/oficina	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Mecânico	1	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
TOTAL			R\$ 57.000,00
Operação			
Tarifas aeroportuárias*	1	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
Manutenção aeronave**	1	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
Combustível/fluidos***	1	R\$ 90.000,00	R\$ 90.000,00
Outros**	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
TOTAL			R\$ 108.000,00
TOTAL			R\$ 180.000,00

*depende do peso total de carga do avião

** variável de acordo com a quantidade de horas de voo

*** variável de acordo com a quantidade de horas de voo (valor aproximado por litro com contrato, R\$ 4,00)

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário de receita mensal provável para R2 Transportes Aéreos, com operação através da aeronave 1 será:

Figura 8: Estrutura de receita inicial – aeronave 1

Estrutura/mês	Quantidade	Valor Unitário	Total
Transporte de passageiros (un.)*	240	R\$ 630,00	R\$ 151.200,00
Transporte de cargas (kg)	50	R\$ 1.400,00	R\$ 70.000,00
Outros	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
TOTAL			R\$ 236.200,00

*4 trechos diários, considerando 3 passageiros por voo, 20 voos por mês

SALDO R\$ 56.200,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em vista esse cenário provável, tem-se um fluxo de caixa para o primeiro ano no valor de R\$ 236.200 – R\$ 180.000 = R\$ 56.200 x 12 meses = R\$ 674.400. Pressupondo uma taxa de crescimento esperada anual de 4% e uma TMA (arbitrada pelos interesses dos sócios, levando em consideração a taxa Selic) de 14% a.a., tem-se os seguintes valores para o período de 10 anos:

Figura 9: Fluxo de caixa aeronave 1

Aeronave 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fluxo de Caixa Final	-4.100.000	674.400	701.376	729.431	758.608	788.953	820.511	853.331	887.464	922.963	959.881
Fluxo de Caixa Acumulado	-4.100.000	-3.425.600	-2.724.224	-1.994.793	-1.236.185	-447.232	373.279	1.226.610	2.114.074	3.037.037	3.996.919
Fluxo de Caixa Descontado	-4.100.000	591.579	539.686	492.345	449.157	409.757	373.814	341.023	311.109	283.818	258.922
Fluxo de Caixa Descontado Acum.	-4.100.000	-3.508.421	-2.968.735	-2.476.390	-2.027.233	-1.617.476	-1.243.662	-902.639	-591.530	-307.712	-48.790
VPL		-48.790									
TIR		0%									
Payback		5 anos									
TMA		14,00%									
Taxa de Cresc. do negócio a.a		4%									

Fonte: Elaborado pelo autor

Facilmente percebe-se que pela análise do VPL de R\$ -48.790,00 o projeto não sairia do papel, ou seja, o projeto traria prejuízos aos seus idealizadores.

A seguir, na figura 10, as informações de custos operacionais iniciais da segunda aeronave.

Figura 10: Estrutura de custos operacionais inicial – Aeronave 2 (com inclusão dos impostos)

Estrutura/mês	Quantidade	Valor Unitário	Total
Instalações			
Aluguel escritório / Sala Embarque	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Despesas administrativas	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Equipamentos / Infraestrutura	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
TOTAL			R\$ 15.000,00
Pessoal			
Diretor operacional/legal	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Comandante	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Co-piloto	1	R\$ 9.000,00	R\$ 9.000,00
Atendente/comercial	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Auxiliar pista/oficina	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Mecânico	1	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
TOTAL			R\$ 57.000,00
Operação			
Tarifas aeroportuárias*	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Manutenção aeronave**	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Combustível/fluidos***	1	R\$ 190.000,00	R\$ 190.000,00
Outros**	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
TOTAL			R\$ 220.000,00
TOTAL			R\$ 292.000,00

*depende do peso total de carga do avião, valor aproximado para o modelo Grand Caravan

** variável de acordo com a quantidade de horas de voo

** variável de acordo com a quantidade de horas de voo (valor aproximado por litro com contrato, R\$ 4,00)

Fonte: Elaborado pelo autor

O cenário de receita provável para o primeiro ano das atividades da R2, com operação através da aeronave 2 será:

Figura 11: Estrutura de receita inicial – aeronave 2

Estrutura/mês	Quantidade	Valor Unitário	Total
Transporte de passageiros (un.)*	400	R\$ 650,00	R\$ 260.000,00
Transporte de cargas (kg)	160	R\$ 1.800,00	R\$ 288.000,00
Outros	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
TOTAL			R\$ 573.000,00

*4 trechos diários, considerando 5 passageiros por voo, 20 voos por mês

SALDO R\$ 281.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em vista esse cenário provável, tem-se um fluxo de caixa para o primeiro ano no valor de R\$ 573.000,00 – R\$ 292.000,00 = R\$ 281.000,00 x 12 meses = R\$ 3.372.000. Pressupondo uma taxa de crescimento esperada anual de 3% e uma TMA (arbitrada pelos interesses dos sócios, levando em consideração a taxa Selic) de 14% a.a., tem-se os seguintes valores:

Figura 12: Fluxo de caixa aeronave 2

Aeronave 2 - Provável											
Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fluxo de Caixa Final	-14.000.000	3.372.000	3.473.160	3.577.355	3.684.675	3.795.216	3.909.072	4.026.344	4.147.135	4.271.549	4.399.695
Fluxo de Caixa Acumulado	-14.000.000	-10.628.000	-7.154.840	-3.577.485	107.190	3.902.406	7.811.478	11.837.822	15.984.957	20.256.506	24.656.201
Fluxo de Caixa Descontado	-14.000.000	2.957.895	2.672.484	2.414.613	2.181.624	1.971.116	1.780.921	1.609.077	1.453.816	1.313.535	1.186.791
Fluxo de Caixa Descontado Acum.	-14.000.000	-11.042.105	-8.369.621	-5.955.009	-3.773.385	-1.802.269	-21.348	1.587.729	3.041.545	4.355.080	5.541.870
VPL	5.541.870										
TIR	8%										
Payback	3 anos										
TMA	14,00%										
Taxa de Cresc. do negócio a.a	3%										

Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda aeronave, diferentemente da primeira, registra um VPL positivo no valor de R\$ 5.541.870, confirmando já pelo modelo tradicional de avaliação que o projeto seria viável.

A seguir, o cálculo da opção de compra (opção de executar o projeto) sobre a segunda aeronave para daqui dois anos, no final de 2017, via modelo de Black & Scholes.

4.1.1.1 Modelo Black & Scholes na Prática

Para que o cálculo do valor da opção de compra sobre a aeronave 2 seja efetuado, seguem alguns pressupostos:

- A decisão de executar o projeto tem de ser tomada ao fim de dois anos, em 2017.
- O investimento na segunda aeronave é mais que o triplo da primeira, totalizando R\$ 14 milhões (o preço de exercício), valor que é considerado fixo.
- As entradas de caixa previstas para a aeronave 2 quadruplicam as da aeronave 1, com um valor presente de R\$19.541.870 em 2017 e de $(19.541.870/(1,14)^2) =$ R\$15.036.834 em 2015. (Importante salientar que a análise de opções reais não substitui o método de fluxo de caixa descontado. Normalmente esse método é necessário para determinar o valor do ativo subjacente.
- O valor futuro dos fluxos de caixa sobre a aeronave 2 é altamente incerto. Esse valor evolui com o preço das ações e com desvio padrão anual de 35%².
- Taxa de juro livre de risco anual é de 6,36%³

Avaliação:

$$\text{Valor da opção de compra} = [N(d1) \times P] - [N(d2) \times VP(EX)]$$

$$VP(EX) = 14.000.000 / (1,14)^2 = 10.772.545$$

$$P = 15.036.834$$

$$\begin{aligned} d1 &= \log[P/VP(EX)] / \sigma\sqrt{t} + \sigma\sqrt{t} / 2 \\ &= \log[15.036.834/10.772.545] / 0,35\sqrt{2} + 0,35\sqrt{2} / 2 \\ &= \log[1,40] / 0,49 + 0,25 \\ &= 0,6488 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= d1 - \sigma\sqrt{t} \\ &= 0,9575 - (0,35\sqrt{2}) \\ &= 0,1538 \end{aligned}$$

$$N(d1) = 0,7418 \text{ e } N(d2) = 0,5611$$

² Segundo a BM&F Bovespa, empresas de aviação são altamente voláteis. Gol e Latam Airlines possuem um índice de 58% e 81% ao ano, respectivamente. Fonte: <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/ResumoEmpresaPrincipal.aspx?codigoCvm=19569&idioma=pt-BR> Acesso em 15/09/2015

³ Considerando a TMA do projeto menos a variação do índice de inflação em SET/15 (14% - 7,64% = 6,36%). Fonte: <http://br.advfn.com/indicadores/ipca/2015>. Acesso em 15/09/2015.

Logo,

$$\begin{aligned} \text{Valor da opção de compra} &= [N(d1) \times P] - [N(d2) \times VP(EX)] \\ &= R\$ 4.236.359 \end{aligned}$$

A opção de investir na aeronave 2 é uma “*In the Money*”, ou seja, o valor presente das entradas de caixa é maior que o investimento necessário (R\$ 15.036.834 > R\$ 14.000.000), assim, seria vantajoso para a empresa ao invés de ter de desembolsar os 14 milhões e correr o risco de não confirmar as entradas de caixa futuras, comprar a opção de compra no valor de R\$ 4.236.359 e aguardar para confirmar se os fluxos de caixa previstos seriam aqueles planejados, ou pelo menos serem lucrativos o bastante, para exercer a opção de adquirir a aeronave 2 ao final do ano 2017. Caso os fluxos de caixa não forem suficientemente favoráveis, a R2 Transportes Aéreos poderia vender sua opção de compra para um outro investidor, por exemplo, e não exercer seu direito de compra sobre a fabricante da aeronave. Caso a R2 não consiga revender a opção, inevitavelmente assumiria os prejuízos.

Operacionalmente, a R2 Transportes Aéreos poderia iniciar as atividades adquirindo a aeronave *Grand Caravan* via *Leasing* com a Cessna Aircraft Company. De acordo com o andamento do projeto, a R2 teria 2 anos, até o final de 2017, para decidir se compra a aeronave de fato, ou seja, se exerce a opção de compra pagando assim o valor residual preestabelecido no contrato ou decide por devolver o bem à Cessna Aircraft Company, tendo assim dispendido apenas o valor da opção.

Importante destacar que pelo fato dos fluxos de caixa sobre o *Grand Caravan* serem altamente incertos, a opção de compra se torna estrategicamente valiosa, considerando que seria o caminho para o investimento numa terceira aeronave, e assim por diante, caso os fluxos de caixas favoráveis fossem realizados. A forma como a incerteza, que está incorporada no modelo na forma do desvio padrão, é tratada no modelo de Black & Scholes, o torna mais dinâmico e fácil de usar se comparado ao modelo binomial, onde os inúmeros possíveis cenários poderiam tornar o modelo bastante burocrático e pouco aplicável.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada neste trabalho apresentou um modelo de avaliação de projetos através do emprego da fórmula de Black & Scholes para opções financeiras, mas adaptada ao contexto de ativos reais de acordo com a Teoria de Opções Reais (TOR). Mostrou-se que esta teoria complementa os modelos tradicionais de avaliação de investimentos. A TOR possui um largo campo de utilização em finanças e se mostrou importante na análise e determinação do valor das opções de compra de determinado ativo real.

O exemplo apresentado reforça a ideia de que mesmo uma empresa com valor presente líquido negativo num primeiro momento, pode ter um valor positivo quando se trata do mercado opções, ou seja, um projeto que na data zero se mostra inviável, pode ser o caminho para futuros investimentos, tornando-se assim, lucrativo no decorrer do tempo. Por essa razão que as teorias de opções reais têm fundamental importância e estão ganhando espaço no cenário empresarial, quando se trata de análise de investimentos. A mesma consegue agregar uma flexibilidade nas tomadas de decisões que geralmente não é percebida nos métodos tradicionais de avaliação de projetos.

Na fórmula original, desenvolvido por Black & Scholes, para que se conheça o preço de uma opção são necessárias a definição de cinco variáveis: o preço do ativo subjacente; o preço de exercício; o período de tempo até o exercício da opção; a taxa de juros livre de risco e a volatilidade, representada pelo desvio padrão dos retornos do ativo subjacente.

Diferentemente de cenários financeiros onde o risco é visto como uma questão ruim, no qual o investidor exige taxas de retorno elevadas para alcançar um VPL positivo (visto o custo de capital maior, em virtude do risco), com as opções acontece o oposto. As opções sobre ativos voláteis valem mais do que as opções sobre ativos sem risco, confirmando assim a lógica de se usar opções para mercados incertos. Não faria sentido, num ambiente de risco zero, com alta previsibilidade, a existência do mercado de opções.

Essa relação da volatilidade com o preço da opção fica evidente com a seguinte passagem de BREALEY, MYERS, ALLEN (2008):

Se o preço do ativo descer abaixo do preço de exercício, não se exercerá a opção. Perderá, assim, 100% do seu investimento na opção, independentemente do afastamento do valor do ativo em relação ao preço de exercício. Por outro lado, quanto mais o preço subir *acima* do preço de exercício, maior será o lucro que se obterá. Desse modo, o detentor de uma opção não perde com um aumento da volatilidade se as coisas correrem mal, mas se beneficia se ocorrerem bem. O valor de uma opção aumenta com o

produto da variância do retorno de uma ação por período pelo número de períodos até o vencimento.

Para elucidar a influência da volatilidade no preço final de uma opção de compra no modelo de Black & Scholes, se no estudo apresentado a volatilidade fosse aumentada em 15%, passando assim a 50%, o valor da opção passaria dos atuais R\$ 4.236.359 para R\$ 5.276.861, ou seja, um aumento de 24,5% no preço final, comprovando que quanto maior o risco, maior o preço da opção.

Através da aplicação prática, pode-se afirmar que o investimento na aeronave menor se torna inviável tanto pela análise tradicional, visto que o valor presente líquido do projeto é negativo, quanto pelo modelo de Black & Scholes na teoria de opções reais. O cálculo efetuado comprovou que a opção de compra seria do tipo *Out of the Money* – OTM, onde o preço de exercício é maior que o preço do projeto, fazendo com que sua liquidez seja muito baixa e consequentemente sem valor no mercado.

No entanto, o projeto de investimento na aeronave maior se mostrou viável em ambos modelos de avaliação. Além de um VPL positivo, a opção se mostrou “ dentro do dinheiro” garantindo assim uma posição valiosa no mercado.

Sobre o resultado, foram levantados alguns aspectos: um dos principais pontos a ser considerado, se refere à barreira de entrada no mercado aeronáutico, em virtude do alto investimento inicial que viabilize o mínimo de operação. A aeronave pequena não seria capaz de gerar os fluxos de caixa suficientes que compensasse o investimento. O custo operacional para manter a empresa em funcionamento, exige um investimento maior numa aeronave mais robusta, porém com um bom custo/benefício, como no caso da aeronave escolhida, o Grand Caravan. Essa aeronave é capaz de, além de operar com a mesma estrutura exigida para a aeronave menor, gerar um fluxo de caixa sustentável garantindo assim um ganho de escala substancialmente maior sobre a aeronave 1.

Outro ponto importante que influenciou os resultados e que deve ser levado em consideração, é a atual situação econômica do Brasil. Como as aeronaves seriam novas e importadas⁴, o modelo foi impactado principalmente pela taxa de câmbio⁵ e pela taxa de juros de 14% (base na Selic). O câmbio influenciou de maneira negativa porque os fluxos de

⁴ Nos cálculos efetuados, foram considerados também os impostos e demais taxas para que as aeronaves pudessem ser nacionalizadas

⁵ Para os cálculos utilizou-se uma taxa de U\$\$ 1,00 = R\$ 4,00 para que os valores das demais taxas e impostos de importação fossem considerados

caixa precisariam ser bastante favoráveis para compensar os valores de receita em reais e os custos (preço da aeronave e manutenção) em dólares norte americanos. Para efeito de comparação, caso a taxa de câmbio caísse a metade, o valor presente líquido da aeronave 2, por exemplo, mais que dobraria, bem como o valor da opção de compra, que também se tornaria substancialmente mais valiosa em virtude da diferença entre o preço de exercício e o preço da ação (valor presente do fluxo de caixa).

Por sua vez, a TMA definida com base na Selic, comprometeu os resultados em virtude da sua influência tanto no valor presente líquido do projeto, quanto na taxa interna de retorno – TIR (para a aeronave 2), a qual ficou aquém, apenas 8%, se comparado à TMA de 14%.

Conforme visto até aqui, as opções reais têm um papel fundamental tanto de inserir flexibilidade gerencial nas tomadas de decisão quanto de complementar as análises tradicionais, tornado assim o processo de investimento menos engessado e mais realista. Importante reforçar que esse modelo de avaliação vem ganhando força no ambiente empresarial, visto o resultado da pesquisa tipo *survey* realizada com os CFO's do Canadá e Estados Unidos, onde 26% dos 392 entrevistados afirmam que usam sempre ou quase sempre as opções reais para tomadas de decisão.

6 REFERÊNCIAS

- BARRETO, L. P. **Educação para o empreendedorismo**. Salvador: Escola de Administração de Empresas da Universidade Católica de Salvador, 1998.
- BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; ALLEN, Franklin. **Princípios de Finanças Corporativas**. 8 ed. São Paulo: McGraww - Hill, 2008.
- BREALEY, R.; MYERS, S. C. **Princípios de finanças empresariais**. Portugal: McGraw-Hill, 1992.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- COUTO, Gualter Manuel Medeiros – **Opções reais: decisão de investimento sob incerteza / Gualter Couto, Pedro Pimentel**, 1971
- COPELAND, Tom; KOLLER, Tim; MURRIN, Jack. **Avaliação de empresas – Valuation: Calculando e gerenciando o valor das empresas**. 3. ed. São Paulo: Makron Books Ltda., 2002.
- CORDIOLI, Rui Carlos. **ANÁLISE DE OPÇÕES REAIS: UM ESTUDO DE CASO NA MMDSC COMUNICAÇÕES S.A.** 2004. 77 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. (1995). **The options approach to capital investment**. *Harvard Business Review*. May-June, Investment under uncertainty. Princeton: Princeton U.P., 1994. Disponível em <https://hbr.org/1995/05/the-options-approach-to-capital-investment>. Acesso em 13 Out 2015.
- FIGUEIREDO, ANTONIO Carlos. **Introdução aos derivativos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2002.
- FAULKNER, T. **Applying “Options Thinkink” to R&D Valuation**. *Research Technology Management*, May-June, 50-56. 1996.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3a. ed. São Paulo: Altas, 1991.
- GIL, A C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. Tradução Arthur Rodolfo Neto, Fábio Fallo Garcia, José Albuja Salazar e Luiz Alberto Bertucci. 7. Ed. São Paulo: Harbra Ltda., 1997.
- GRAHAM, J.R.; HARVEY, C.R. **The theory and practice of corporate finance: evidence from the Field**. *Journal of Financial Economics*, v.60, n.2, p.187-243, 2001. Disponível em https://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Research/Working_Papers/W72_The_theory_and.pdf. Acesso em 5 Out. 2015

KEMNA, A.G.Z. **Case Studies on Real Options**. *Financial Management*, v.22, n.3, p.259-270, Autumn 1993. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/3665943>. Acesso em 13 Out. 2015

NICHOLS, N. **Scientific Management at Merck: na Interview with CFO Judy Lewent**. *Harvard Business Review*, 1994. Disponível em <https://hbr.org/1994/01/scientific-management-at-merck-an-interview-with-cfo-judy-lewent>. Acesso em 2 Out. 2015

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos. *Revista de Administração da USP*, v.40 (3), p. 235-252, 2005. Disponível em: <www.rausp.usp.br/download.asp?file=V4003235.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2015.

SANVICENTE, Antônio Zoratto. **Administração Financeira**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SPINOLA, Noenio. **O futuro do futuro: pequeno relatório de viagem ao mercado brasileiro de capitais e trabalho no século XXI**. São Paulo: Futura, 1998.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomia**. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010. Tradução de Eleutério Prado, Thelma Guimarães e Luciana do Amaral Teixeira.

TRIGEORGIS, L. **The Nature Of Options Interactions and Valuation of Investments with Multiple Real Options**. *Journal Of Financial and Quantitative Analysis*, 1993. Disponível em http://www.jstor.org/stable/2331148?seq=1#page_scan_tab_contents. Acesso em 20 Set. 2015

TRIGEORGIS, L. **Real Options: Management Flexibility and Strategy in Resource Allocation**, MIT Press, Cambridge, Mass., 1996. Disponível em http://www.colorado.edu/engineering/alleman/print_files/real-options-review.pdf. Acesso em 17 set. 2015

ANEXO

Figura 13: Cálculo opção de compra aeronave 2 via modelo Black & Scholes

Black & Scholes	
Entrada Dados	
Preço da ação (P)	15.036.834,00
Preço de exercício (EX)	14.000.000,00
Maturidade em anos (t)	2,00
Taxa de juros livre de risco ao ano (rt)	6,36%
Desvio Padrão (σ)	35,00%
Parâmetros calculados	
Valor presente do preço de exercício VP(EX)	12.327.805,61
$\sigma * t^{.5}$	0,4950
d1	0,6488
d2	0,1538
N(d1)	0,7418
N(d2)	0,5611
N(d2)*PV(EX)	6.917.512,60
Valor opção de compra	4.236.359,59

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14: Cálculo opção de compra aeronave 1 via modelo de Black & Scholes

Black & Scholes	
Entrada Dados	
Preço da ação (P)	3.117.274
Preço de exercício (EX)	4.100.000
Maturidade em anos (t)	2,00
Taxa de juros livre de risco ao ano (rt)	6,36%
Desvio Padrão (σ)	35,00%
Parâmetros calculados	
$\sigma * t^{.5}$	0,4950
d1	-0,0492
d2	-0,5441
N(d1)	0,4804
N(d2)	0,2932
N(d2)*PV(EX)	1.058.455,59
Valor opção de compra	439.082,31

Fonte: Elaborado pelo autor