Sistemas & Gestão 8 (2013), pp 318-332

SISTEMAS & GESTÃO
Revista Eletrônica

OPÇÕES REAIS COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS EM TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

REAL OPTIONS AS A TOOL FOR INVESTMENTS ANALYSIS IN INFORMATION TECHNOLOGY

Anna Cecília Chaves Gomes[a]; Anderson Luiz Rezende Mól[a]

[a] **Universidade Federal do Rio Grande do Norte** (UFRN), Natal, RN, Brasil – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Departamento de Ciências Administrativas

Resumo

Uma avaliação de investimento é essencial no desenvolvimento de uma organização, auxiliando a tomada de decisão relativa a algo que será utilizado geralmente por muito tempo, perdendo-se, assim, parte da flexibilidade gerencial. Para a realização de tal avaliação, vários métodos que são utilizados falham no trabalhar da flexibilidade e a incerteza, abrindo espaço para o estudo de um método que o faça: as Opções Reais, que permite ao gestor precificar o direito, mas não a obrigação de investir em um ativo real (não financeiro). A presente pesquisa trata do tema das Opções Reais em um investimento de Tecnologia da Informação objetivando analisar sua viabilidade a partir da comparação de seus resultados com os oriundos das abordagens tradicionais. Para tal, fez-se uma revisão de ganhos teóricos e uma simulação na qual um investimento foi precificado a partir dos métodos tradicionais e Opções Reais de forma a comparar-se ambos resultados. Concluiu-se, então, que certos fatores de uma análise de investimento realizada a partir de métodos tradicionais podem não estar sendo corretamente avaliados, fazendo-se primordial a utilização de um método como os das Opções Reais para valoração de um investimento, especialmente aqueles muitas vezes polêmicos, mas essenciais, como os de Tecnologia da Informação.

Palavras-Chave: Opções Reais. Análise de investimento. Tecnologia da informação.

Abstract

A investment valuation is essential in the development of an organization, assisting decision-making on something that will generally be used for a long time, thus losing part of managerial flexibility. For conducting this evaluation, several methods that are used fail in the work flexibility and uncertainty, making room for the study of a method to do so: the Real Options, which allows the manager to price the right but not the obligation to invest in real assets (non-financial). This research deals with the theme of Real Options in an investment of Information Technology aimed at analyzing its viability from the comparison of its results with those from traditional approaches. To this end, there was a revision of theoretical gains and a simulation in which an investment was priced from traditional and real options methods in order to compare both results. Then, it was found that certain factors of an investment analysis performed using traditional methods may not have been correctly evaluated, making it crucial to use a method such as Real Options for valuing an investment, especially those many times controversial, but essential, such as Information Technology.

Keywords: Real Options. Investment analysis. Information technology.

1. INTRODUÇÃO

A incerteza relacionada à tecnologia com seu rápido desenvolvimento, complexidade e variedade, faz com que as decisões de investimento relativas à mesma se tornem fonte de inquietação para muitos administradores.

Observa-se então que a seleção de projetos de investimento tem se mostrado fator de estrema importância no campo de administração da tecnologia (Shehabuddeen*et al.*, 2006).

Tallon *et al*. (2002) cita que normalmente são utilizadas técnicas de fluxo de caixa descontado como a do Valor Presente Líquido (VPL) juntamente com técnicas mais tradicionais de mensuração como o Retorno Sobre o Investimento (ROI) para avaliar investimentos em tecnologia da informação. Apesar disto, o autor ressalta que “as incertezas por traz dos investimentos em TI e a inabilidade destes tradicionais métodos de avaliação de investimentos

PROPPI / LATEC
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

com as incertezas forçam executivos a confiar fortemente no instinto e *insight* quando tomam uma decisão de investimento em TI". (Tallon *et al,.* 2002, p.137)

Observa-se que os métodos mais utilizados atualmente não são capazes de suprir os cuidados necessários para a escolha de projetos de investimentos em tecnologia da informação. Visando superar tais dificuldades, surge então a Teoria das Opções Reais.

Uma opção seria o "direito (não a obrigação) de comprar ou vender um ativo subjacente, tradicionalmente um ativo financeiro, em algum momento futuro" (Macklan *et al.*, 2005, p. 397). Myers (1974) foi o primeiro a sugerir que a teoria das opções poderia ser utilizada em ativos reais e investimentos não financeiros.

As Opções Reais desenvolveram-se assim, mostrando-se como uma ferramenta recente capaz de superar limitações das análises tradicionais financeiras a partir de sua "habilidade de relatar o valor inerente à flexibilidade de postergar um investimento irreversível para futuro" (Kumbaroglu *et al.*, 2008, p.1883), o que os autores chamam de "valor da espera". Desta forma, poder-se-ia, por exemplo, adiar o início, abandonar, expandir, etc. projetos de ativos reais, tais quais os investimentos de tecnologia da informação de forma a gerar um "valor adicional em termos de flexibilidade gerencial" (Wu *et* Ong, 2008, p. 126).

Este trabalho contribui, então, ao destacar uma ferramenta capaz de não subestimar o projeto e valorar as ações de flexibilidade, sendo uma importante contribuição teórica para a análise de investimentos e ideal para a análise de projetos de tecnologia da informação.

Propõe-se então a responder o seguinte problema: em que medida a teoria das Opções Reais contribui na avaliação de decisões de investimento em Tecnologia da Informação comparado com os Métodos Tradicionais de Análise de Investimento? Seu objetivo seria então observar em que medida a teoria das Opções Reais contribui para um investimento em Tecnologia da Informação quando comparada com os Métodos Tradicionais de Análise de Investimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Métodos tradicionais de análise de investimento

Vários métodos de análise de projetos de investimento são encontrados na literatura ultimamente, alguns mais eficazes que outros. "Tradicionalmente, a avaliação de projetos enfoca a taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL) que são utilizados para determinar a viabilidade de um projeto de investimento" (Sakar *et al. apud* Wu e Ong., 2008, p. 2).

O Valor Presente Líquido (VPL) segundo Harmantzis *et* Tanguturi "é a diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros e o custo do investimento inicial" (pp. 108-109, 2007). Os autores afirmam ainda, que caso o resultado seja positivo, o projeto deveria ser aprovado, caso negativo abandonado.

Segundo Weston *et* Brigham, a Taxa Interna de Retorno seria "definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa esperadas de um projeto ao valor presente de suas saídas de caixa" (2000, p.536).

Apesar de ser um método bastante utilizado, a TIR necessita de certos cuidados em sua aplicação para obter um resultado correto. Kelleher *et* MacCormack citam que "quando os administradores decidem financiar somente os projetos com os mais altos TIR, eles podem estar olhando para os cálculos mais distorcidos – e através disto destruindo o valor dos acionistas de forma geral ao selecionar os projetos errados" (Kelleher *et* MacCormack, 2004, p.1)

Weston *et* Brigham (2000) citam os dois principais problemas do método que seriam primeiramente o fato de que a TIR não será proveitosa em caso de projetos não-normais ou não-convencionais (uma ou mais saídas de caixa seguida de uma série de entradas) podendo trazer como resultado problemas como o das TIRs múltiplas, falta de TIR ou uma que indicasse uma decisão incorreta de aceitação/rejeição do investimento.

O segundo problema explicitado por eles é similar ao que se vê na fórmula do VPL, mas, enquanto no VPL se supunha implicitamente que os fluxos de caixa deveriam ser reinvestidos pelo custo de capital, a TIR supõe que a empresa terá a oportunidade de reinvestir a própria TIR. Desta forma, ao se deparar com casos em que os resultados de ambos mostram situações opostas, seria preferível seguir o resultado do VPL.

Para suprir as deficiências encontradas na TIR, a mesma passou por um melhoramento em alguns de seus aspectos, tornando-a um melhor indicador da lucratividade relativa obtendo-se então a Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) e melhorando assim a elaboração de um orçamento de capital.

Ao tratar sobre a TIRM, Kelleher *et* MacCormack citam que, "embora não seja perfeita, a TIRM ao menos permite aos usuários estabelecer uma taxa de reinvestimento mais realistas e então calcular uma verdadeira taxa anual equivalente" (Kelleher *et* MacCormack, 2004, p.3)

A TIRM seria então de uma técnica de consistência similar a do VPL, mas a segunda continua sendo mais utilizada em detrimento da primeira.

Apesar disto, inúmeros são os problemas percebidos ao utilizar a técnica do VPL. Kumbaroglu *et al.* ressaltam o fato

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

de que o "'agora ou nunca' é uma proposição implícita na análise tradicional do Valor Presente Líquido" (2008, p. 1884). Desta forma, o modelo não incorpora a incerteza e flexibilidade necessárias no momento de escolha por um investimento e buscada no ambiente em que as organizações se encontram atualmente.

Observa-se então que "estas tradicionais abordagens de avaliação de projetos geralmente utilizam expectativas de fluxos de caixa futuros no calculo da TIR ou VPL, e as utilizam do ponto de vista de tomadores de decisões passivos que não respondem dinamicamente a mudanças no ambiente de investimento" (Wu *et. al.*, 2008, p. 2).

Para avaliar um investimento em Tecnologia da Informação, haver-se-ia então de utilizar de métodos mais flexíveis e que abarcassem melhor a questão da incerteza.

2.2 Opções Reais

Coperland *et* Antikarov (2001) explicam uma opção real como um direito, mas não a obrigação de empreender uma ação a um custo pré-determinado (denominado preço de exercício) por um período preestabelecido (a vida da opção).

Harmantzis *et* Tangiri (2007, p. 109) citam que "a teoria da opções reais é uma abordagem metodológica com a qual um investimento pode ser analisado enquanto aborda a incerteza e flexibilidade". Desta forma, a técnica supriria problemas de rigidez, encontrados nas demais técnicas de análise de projetos de investimento, de resoluções cruciais para o ambiente de incertezas atual, de forma que a flexibilidade gerencial possa ser exercida em resposta a mudanças de condições futuras.

Um caso típico de Opções Reais em que seria de auxílio imprescindível é o de análise de projetos de tecnologia da informação.

Nas ultimas duas décadas, segundo Benjamin *et al*.; Mcfarlan *et al*.; Neumann (*apud* Wu *et* Ong, 2008), a maioria das propostas para identificar oportunidades de investimentos em Tecnologia da Informação tem falhado ao tentar capturar a natureza dinâmica de tais investimentos e os riscos envolvidos. Tais falhas ocorrem em virtude da decisão de investimento, com base nos resultados esperados e benefícios projetados, poder não ser exercida, e a possibilidade de decidir neste caso não é considerada nos métodos tradicionais de análise.

Percebe-se então que tomar uma decisão de investir com incertezas nos fluxos de caixa torna tais custos e gastos irreversíveis, trazendo complexidade na avaliação e maiores riscos na decisão. Modelos tradicionais são inflexíveis e tratam da irreversibilidade do investimento, não articulando os custos originais dos projetos com os decorrentes das especificidades técnicas e de transação em elevadas condições de incerteza como os associados ao setor de Tecnologia da Informação, problema este que poderia ser resolvido através da utilização da Teoria das Opções Reais.

Ao decidir-se por utilizar a teoria das Opções Reais, deve-se ainda decidir pelo modelo a ser utilizado. É sugerida neste trabalho a utilização do modelo de Kallberg e Laurin.

Para utilizar-se do modelo de Kallberg *et* Laurin, consideram-se inicialmente duas opções: a de escalonamento (time-to-build) e a de crescimento (growth option). A primeira deveria ser calculada pelo método binomial proposto por Cox *et al.*, (1979) e a segunda, pelo método de Black e Scholes (1973).

2.2.1. Modelo Binomial

O Modelo Binomial foi desenvolvido por Cox *et al.*, (1979) e é um modelo de avaliação de opções para o tempo discreto. Segundo Monteiro (2003, p. 84) "é o modelo visualmente mais simples e intuitivo para a avaliação do preço de opção", o que representaria grande vantagem - uma vez em que alguns modelos pecam por serem matematicamente mais complexos sendo rotulados assim como "caixa preta" – de forma que o modelo seja o mais utilizado por praticantes que buscam nas Opções Reais uma forma de gerenciamento de seus investimentos (Monteiro, 2003).

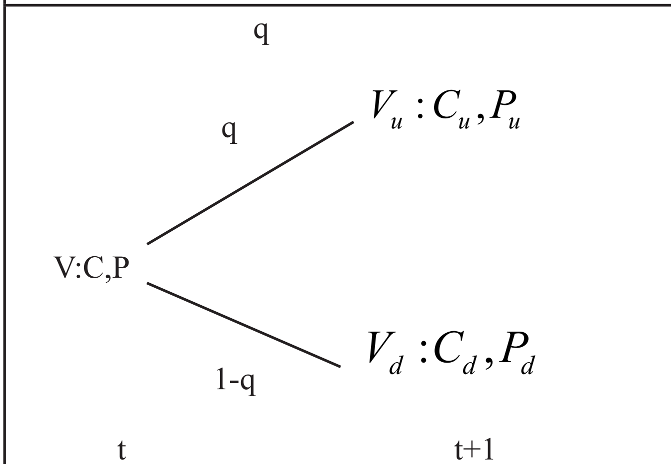
Brandão *et* Hahn (2005) explicam que ao utilizar de árvores binomiais, o modelo apresenta em seu processo de avaliação de opções e tomada de decisões, uma maior flexibilidade na modelagem dos problemas, podendo "incluir a possibilidade de múltiplas subjacentes de incertezas, concomitantes com opções de características complexas" (*apud* Gonçalves, 2008, p.41).

O modelo está baseado na construção de uma árvore binomial, na qual, em cada período, o ativo poderá assumir uma de duas alternativas de valor. Gonçalves (2008) explica o modelo assumindo que o valor inicial do ativo é V e que no final do período ele poderá ter valor V_u (em caso de aumento com uma probabilidade q) ou V_d (no caso de uma diminuição, com probabilidade 1-q), em que ainda u seria o multiplicador de crescimento e d de decréscimo. Dessa forma, obtêm-se como resultado a Figura 1 para seus respectivos valores em casos de compra (C) ou venda (P).

Para calcular o valor de um projeto de investimento, pode-se utilizar a fórmula para precificação passo-a-passo, assumindo então que o valor de um projeto move-se para cima ou para baixo em pontos discretos no tempo. As fórmulas a serem utilizadas são as de opção de compra em um período, estas fórmulas originalmente seriam as da Figura 2.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

ÁRVORE BINOMIAL: UM PERÍODO



$$C_u = \text{Max}\left(V_u - E, 0\right)$$

$$C_d = \text{Max}\left(V_d - E, 0\right)$$

$$P_u = \text{Max}\left(I - V_u, 0\right)$$

$$P_d = \text{Max}\left(I - V_d, 0\right)$$

Figura 1. Árvore Binomial: um período

Fonte: adaptado de GONÇALVES, 2008

MODELO BINOMIAL PARA PRECIFICAÇÃO DE UMA OPÇÃO DE COMPRA PARA UM PROJETO (PARA UM PERÍODO)

$$F = \frac{pFu + (1-p)Fd}{rf}$$

$$Fu = MAX\left(uV - I, 0\right)$$

$$Fd = MAX\left(dV - I, 0\right)$$

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

F: Fluxo de caixa descontado estendido (incluindo a opção de flexibilidade)

Fu: Valor do projeto se o valor bruto aumenta em valor

Fd: Valor do projeto se o valor bruto diminui em valor

V: Valor bruto do projeto

P: probabilidade neutra a risco

rf: 1+ Taxa livre de risco

u: mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto aumenta

d: mudança percentual no valor bruto entre períodos, se o valor bruto diminui

Figura 2. Modelo Binomial para precificação de opção de compra para um projeto (para um período) de Kallberg et Laurin (1997)

O valor do fluxo de caixa descontado, agora incluindo a opção, será uma função do valor projeto em caso de aumento e diminuição, com suas respectivas probabilidades, descontados pela taxa livre de risco. Para um número de períodos maior que apenas 1 (um), os fatores *u* e *d* passam a ser elevados ao número de subidas ou descidas e multiplicados entre si.

Kallberg *et* Laurin (1997) explicam ainda que, caso exista mais de um período até a data de vencimento, a fórmula de precificação de uma opção de compra é estendida para o próximo período. A Figura 3 é então uma extensão da fórmula para um período, representada por uma árvore binomial para dois períodos com o valor de uma opção de compra no tempo t.

A Figura 3 mostra o valor da ação ou da opção em estágios diferentes. Em Cd, tem-se o valor de uma opção de compra depois de um movimento de descida e Cu de subida. Em Cud, tem-se o valor de uma opção de compra depois de um movimento de subida e um de descida, respectivamente, este sendo igual ao valor, neste caso, de uma opção de descida e em seguida de subida Cdu. O valor de uma opção de compra no tempo t dependeria então dos valores dessa opção em t + 1 e estes dos valores dessa opção em t + 2. O procedimento seria então começar do fim da árvore no tempo t + 2 e calculando o valor da opção em t + 1 e finalizando com o valor da opção de compra no tempo t.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

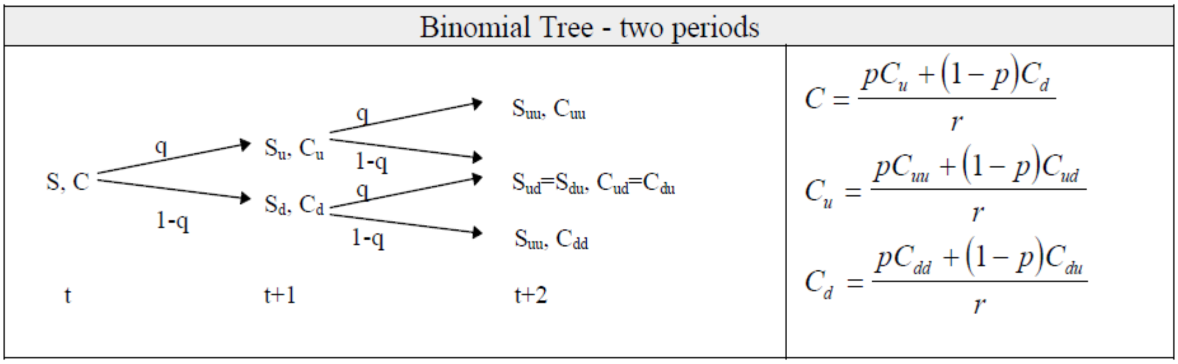


Figura 3. Árvore Binomial para dois períodos de Cox, Ross et Rubinstien *apud* Kallberg *et* Laurin (1997)

Fonte: GONÇALVES, 2008

A Figura 3 mostra o valor da ação ou da opção em estágios diferentes. Em Cd, tem-se o valor de uma opção de compra depois de um movimento de descida e Cu de subida. Em Cud, tem-se o valor de uma opção de compra depois de um movimento de subida e um de descida, respectivamente, este sendo igual ao valor, neste caso, de uma opção de descida e em seguida de subida Cdu. O valor de uma opção de compra no tempo t dependeria então dos valores dessa opção em t + 1 e estes dos valores dessa opção em t + 2. O procedimento seria então começar do fim da árvore no tempo t + 2 e calculando o valor da opção em t + 1 e finalizando com o valor da opção de compra no tempo t.

Baidya *et* Castro (2001, p. 21) afirmam ainda que existem árvores binomiais recombinantes e não recombinantes, em que a primeira ocorre quando em qualquer dos intervalos de tempo consecutivos "um movimento de subida seguido por um movimento de descida é exatamente o mesmo que um movimento de descida seguido por um movimento de subida". Este seria o caso da árvore utilizada na Figura 3.

Essa propriedade diminuiria, segundo os autores, o número de nós em cada período, à medida que o número de períodos cresce. O evento anterior seria então um exemplo de árvore binomial recombinante. Em uma não recombinante, então, o número de nós em cada intervalo cresce exponencialmente.

Uma árvore binomial pode portanto gerar um grande número de períodos, dessa forma, Cox *et al.* (1979) mencionam que se faz necessária uma fórmula binomial geral. Segundo Copeland *et* Antikarov (2001), essa fórmula é:

$$Co = \frac{\left\{ \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \left[u^n d^{T-n} (V_0 - X) \right] \right\}}{(1+r_f)^T} \quad (1)$$

Na qual:

p = probabilidade de ocorrer o cenário ascendente

r_f = taxa livre de risco

n = número de movimentos ascendentes

T = número total de períodos

X = preço de exercício da opção

V_0 = valor do ativo subjacente

A parte inicial da equação

$$\frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n}$$

trata-se de uma função de densidade de probabilidade de uma Binomial, descontado pela taxa livre de risco e multiplicada por um fator $\left[u^n d^{T-n}(V_0 - X)\right]$ que trata do valor do ativo após o desconto do preço de exercício da opção, multiplicado pelos multiplicadores dos movimentos de subida e descida (u e d respectivamente) elevado aos seus respectivos números de movimentos.

Os fatores u e d são baseados no desvio-padrão da taxa de retorno da ação (volatilidade = σ) e no número n de intervalos até a expiração em um período de tempo t. Suas respectivas fórmulas segundo Copeland *et* Antikarov (2001) são:

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta T}} \quad (2)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (3)$$

Baidya *et* Castro (2001) afirmam que, desde seu desenvolvimento em 1979, o modelo sofreu diversas expansões, podendo-se tornar ainda mais abrangente uma vez em que suas expansões portam capacidades como a de modelar opções em que a taxa de juros e/ou volatilidade são variantes no tempo.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Neste trabalho, o Modelo Binomial é tido como o recomendado para se precificar Opções de Escalonamento, tal qual sugerido por Kallberg *et* Laurin (1997).

2.2.2. Modelo de Black-Scholes

Em 1973, Fisher Black *et* Myron Scholes (1973)expuseram pela primeira vez uma solução fechada para o preço de uma opção de compra, o modelo gerado foi denominado modelo de Black-Scholes e foi o primeiro de uma série de artigos que trataram do apreçamento de opções de vários tipos, sendo hoje um dos mais populares e utilizados no mercado para precificar opções.

Eles teriam estabelecido o que seriam as bases da teoria das opções financeiras, desenvolvem assim um “modelo de equilíbrio onde as preferências individuais dos investidores em relação ao risco ou sobre a formação dos preços de mercado em equilíbrio não são consideradas para efeito do cálculo do valor da opção”. Isso foi conseguido através da montagem de uma carteira “livre de risco”. (Gonçalves 2008, p.37)

Benaroch *et* Kauffman (1999) desenvolveram em seu artigo “a primeira aplicação do modelo de Black-Scholes que utiliza uma situação do mundo real envolvendo TI como teste em seu alicerce” (Benaroch *et* Kauffman, 1999, p. 70).

- Segundo Hull (2008), o modelo de Black-Scholes comportam alguns pressupostos em seu alicerce, ele são:
- O preço dos ativos distribuem-se de forma lognormal, com média e variância constantes;
- Inexistem restrições à venda a descoberta de títulos e pode-se tomar qualquer quantia à taxa de juros corrente;
- Inexistem custos transacionais, impostos ou margens e todos os títulos são perfeitamente divisíveis;
- O ativo-objeto não paga qualquer rendimento durante a vida do derivativo, tal qual dividendos;
- O mercado é perfeito, dessa forma não há oportunidade para arbitragem sem risco;
- A negociação de títulos não é discreta e sim contínua;
- A taxa de juros livre de risco de curto prazo é constante assim como igual para todos os vencimentos.

Neste trabalho, considera-se que este modelo seja o ideal para precificação de Opções de Abandono. Para tais resultados, devem-se utilizar as fórmulas que foram concebidas pelos autores, estas representadas pela Figura 4.

MODELO DE BLACK-SCHOLES	
$C = S_0 N(d_1) - Xe^{-r_f T} N(d_2)$	C Valor da opção de compra
	P Valor da opção de venda
$P = Xe^{-r_f T} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$	S_0 Preço do ativo subjacente
	$N(d_1)$Probabilidade normal acumulada de uma unidade normal variável
$d_1 = \dfrac{\ln\left(\dfrac{S_0}{X}\right) + \left(r + \dfrac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$	$N(d_2)$ Probabilidade normal acumulada de uma unidade normal variável
	X Preço de exercício
	e Base dos logaritmos naturais, constante equivalente a 2,1728...
	r_f Taxa livre de risco
$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$	T Prazo de vencimento
	σ Desvio padrão do fluxo de caixa futuro

Figura 4. Modelo de Black-Scholes (1973)

A função N(x) seria assim a função de distribuição de probabilidade acumulada para uma normal padrão (com média 0 e desvio 1), devendo então a variável *d*1 e *d*2 ter sua probabilidade normal acumulada calculada para que o modelo das opções de compra e venda possam ser precificados por Black-Sholes.

3. Metodologia

A metodologia utilizada está baseada na técnica de Opções Reais e nos métodos tradicionais de avaliação de investimentos.

No que se refere à aplicação empírica das opções, buscou-se a adoção da simulação de Monte Carlo como

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

caso específico de análise, de forma a gerar uma volatilidade única a ser incorporada às fórmulas de Opções Reais e seus resultados comparados aos obtidos com os métodos tradicionais de análise de investimentos.

Dessa forma, inicialmente foi calculado o valor do projeto de investimento a partir dos métodos tradicionais de análise (TIR, VPL, VAUE e TIRM).

Somente então, foi realizada uma simulação de uma aplicação de um modelo Binomial de Kallberg *et* Laurin (1997) valorando a TI, seguindo com a valoração de uma possível opção de abandono para o segundo ano e finalmente uma opção de venda pelo método de Black-Scholes para o sexto ano. Os resultados obtidos devem então ser comparados e o ganho ao utilizar as Opções Reais deve ser observado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização do projeto de investimento

O projeto em estudo trata-se de uma opção de um software novo no mercado (ainda em fase de testes) que auxilie uma loja de confecção de camisetas. A tecnologia da informação deve possibilitar que a empresa gerencie melhor suas demandas além de facilitar o contato e troca de informações com os demais integrantes de sua cadeia produtiva.

Presume-se então uma melhoria nos processos de forma a poder atender a novas e maiores demandas que vem surgindo no mercado, logo, espera-se haver um significativo no aumento das vendas.

Calcula-se então que exista uma condição de incerteza na quantidade de vendas e preço do produto, assim como em seus custos e despesas operacionais (todos com o desvio padrão de 10%).

Por dificuldades de mensurar questões de benefícios intangíveis da TI assim como para manter o foco na utilização da Teoria das Opções Reais em si, a receita estimada do projeto (fluxo de caixa incremental) foi avaliada em termos de aumento de vendas projetado.

O valor gasto para utilizar o software é R$ 830.000,00 a um custo médio ponderado de capital calculado em 20% (com distribuição beta). É oferecida ainda para a empresa a opção de poder vender ao final do sexto ano de uso os diretos do software, cabendo a ela decidir se pretende adquirir ou não essa opção de venda.

O empreendedor gostaria ainda de saber quanto que lhe custaria uma Opção de abandonar o projeto ao final do segundo ano de forma que este valor também deve ser precificado.

Será considerado que não existe distribuição de dividendos no projeto em questão e que a depreciação ocorrerá de forma linear por um período aproximado de 20 (vinte) anos. Contudo, como apenas os seis primeiros serão avaliados, em virtude do prazo da opção, a depreciação do ativo não estará completa até o final do prazo projetado.

Os demais dados do projeto utilizados na modelagem financeira, assim como a volatilidade dos mesmos e unidade de medida, estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados utilizados para a modelagem financeira

Variável	Valor	Unidade	Distribuição
Projeção do fluxo de caixa	Ano 0 à ano 6	Ano	-
Investimento	830.000,00	Reais	-
Taxa livre de risco	12	%	-
Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC)	20	%	-
Volatilidade do CMPC	14,5	%	Beta
Volatilidade da Receita	5,88	%	Normal
Volatilidade do CMV	8,96	%	Normal
Volatilidade das Despesas Operacionais	4,16	%	Normal

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

De porte de tais dados, é finalmente projetada uma Demonstração de Resultado de Exercício (DRE) simulando o desempenho da empresa durante os seis anos seguintes, momento em que é possível abandonar o projeto. A DRE é demonstrada na Tabela 2.

Imagina-se então que é oferecido ao empreendedor este software com as ditas projeções futuras. É sugerido ainda que, por uma certa quantia, o mesmo terá o direito de vendê-lo ao final dos 6 anos e o mesmo gostaria ainda de verificar se e quanto custaria de fato uma Opção de Abandono para o projeto.

Procura-se saber então se o investimento é viável ou não, assim como se seria válido para o mesmo adquirir a opção de abandono de 2 anos e de venda ao final do sexto ano.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Tabela 02. Simulação da DRE do Projeto de Investimento em TI

	Fluxo de Caixa Incremental						
Elementos da Conta	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6
Receita Bruta de Vendas		982.058,00	1.080.195,20	1.099.932,40	1.042.603,20	1.072.362,06	1.046.483,70
Preço		19,60	19,60	19,60	20,40	20,58	19,70
Quantidades		50.105,00	55.112,00	56.119,00	51.108,00	52.107,00	53.121,00
(-) Impostos sobre vendas		(196.411,60)	(216.039,04)	(219.986,48)	(208.520,64)	(214.472,41)	(209.296,74)
(=) Receita Líquida		785.646,40	864.156,16	879.945,92	834.082,56	857.889,65	837.186,96
(-) CMV		(293.000,00)	(353.000,00)	(361.000,00)	(359.000,00)	(364.000,00)	(362.000,00)
(=) Resultado Bruto		492.646,40	511.156,16	518.945,92	475.082,56	493.889,65	475.186,96
(-) Despesas Operacionais		(179.000,00)	(180.000,00)	(180.500,00)	(168.999,00)	(169.995,00)	(178.997,00)
(-) Depreciações		(41.666,67)	(41.666,67)	(41.666,67)	(41.666,67)	(41.666,67)	(41.666,67)
(=) Resultado antes do Juro e IR		271.979,73	289.489,49	296.779,25	264.416,89	282.227,98	254.523,29
(-) Despesas Financeiras		(57.650,00)	(52.520,67)	(46.109,02)	(38.094,44)	(28.076,23)	(15.553,46)
(=) Resultado Antes do IR		214.329,73	236.968,82	250.670,24	226.322,45	254.151,75	238.969,83
(-) Imposto de Renda		(64.298,92)	(71.090,65)	(75.201,07)	(67.896,73)	(76.245,53)	(71.690,95)
(=) Lucro Líquido		150.030,81	165.878,17	175.469,17	158.425,71	177.906,23	167.278,88
Fluxo de Caixa Operacional Líquido	(830.000,00)	249.347,48	260.065,51	263.244,85	238.186,83	247.649,12	224.499,01

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

4.2. Modelagem

A modelagem do problema foi realizada em etapas. Inicialmente, o projeto foi analisado em condições de certeza utilizando dos métodos tradicionais de análise: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Taxa Interna de Retorno Modificada e Valor Anualizado Uniforme Equivalente.

Partindo da não-existência de ações negociadas no mercado, foi adotado Monte Carlo para reduzir as fontes de incerteza a uma e estimar a volatilidade.

Visando obter o valor do projeto, foi então gerada uma Árvore Binomial e calculado o valor do projeto a partir da mesma de forma a comparar seu resultado com o dos métodos tradicionais de análise.

Para precificar a questão do abandono, foi utilizada a fórmula para avaliação de uma Opção de Abandono de Copeland *et* Antikarov (2001) a partir do método Binomial, conforme proposto por Kalberg *et* Laurin (1997).

Ao final foi aplicado Black-Scholes (Copeland *et* Anrikarov, 2001) para calcular-se o valor de venda, de forma verificar a viabilidade para o investidor adquirir a opção conforme simulada.

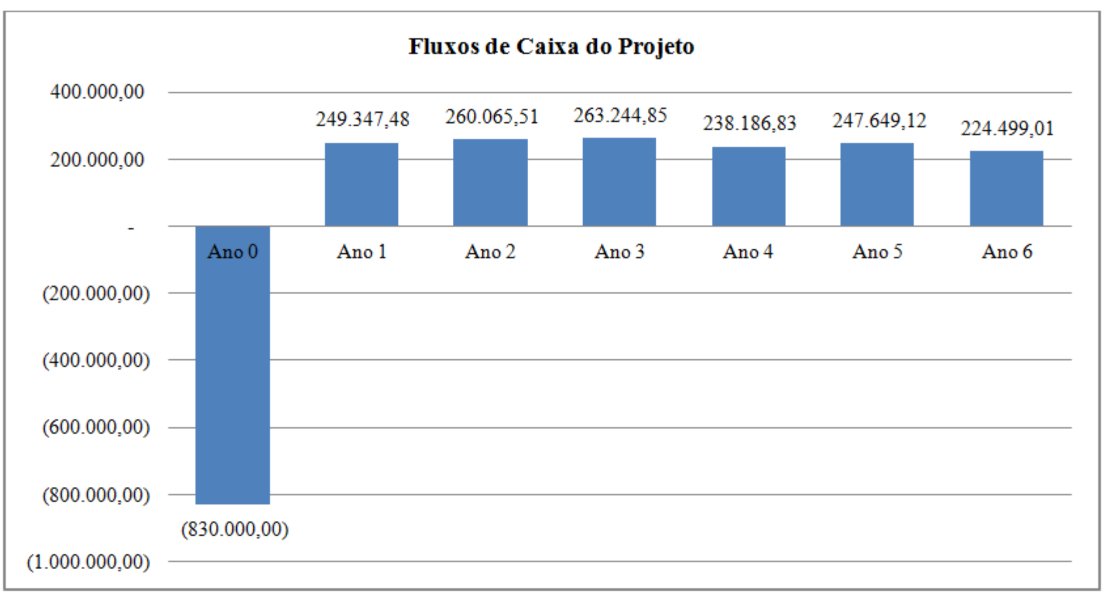
Os dados utilizados foram baseados na Árvore Binomial e volatilidade no valor obtido a partir de Monte Carlo, conforme sugerido a empresas que desejam estimar volatilidade sem ter ações no mercado.

4.3. Modelagem determinística: fluxo de caixa descontado sem Opções

Baseado nas informações projetadas, determina-se o Valor Presente do projeto sem opções a partir de planilhas do Excel® com a taxa de desconto equivalente ao custo médio ponderado de capital do projeto (20%).

A Figura 5 corresponde aos fluxos de caixa esperados para o projeto ao longo dos seis anos seguintes.

Figura 5. Fluxo de Caixa do Projeto



Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Tabela 3. Avaliação pelos métodos tradicionais de análise

VPL	**R$ 306,61**
VAUE	**R$ 92,20**
TIR	**20,01%**
TIRM	**15,97%[1]**

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

[1] A taxa de reinvestimento utilizada corresponde aos 12% definidos como a taxa livre de risco.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

É calculado então o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno, Taxa Interna de Retorno Modificada e o Valor Anualizado Uniforme Equivalente. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 3.

4.4. Avaliação do projeto pela teoria das Opções Reais a partir da Árvore Binomial

Nessa etapa, foi determinada a volatilidade do projeto utilizando-se do Excel® com o Crystal Ball® para a simulação de Monte Carlo, sendo ainda montada a árvore binomial e calculado seu valor a partir da mesma.

4.4.1 Definição das variáveis

A volatilidade do projeto para a montagem da árvore binomial foi calculada utilizando o modelo de Monte Carlo[2], baseando-se na projeção do fluxo de caixa livre e na estimativa de volatilidade das variáveis incertas.

A análise de Monte Carlo foi realizada utilizando-se do programa Crystal Ball® sobreposto a uma planilha Excel®. Neste caso, houve quatro variáveis incertas: receita bruta de vendas (derivada das incertezas de preço e quantidade demandada), custo de mercadoria vendida, despesas operacionais e custo médio ponderado de capital.

A partir de tal, a volatilidade única do projeto equivaleria a 65,875% (nível de confiança de 95% e 1.000 interações). Sabendo-se a volatilidade, calculam-se os parâmetros de ascendência (u), de descendência (d), a probabilidade de ascendência (p) e a probabilidade de descendência (1-p), os quais serão utilizados na formulação da Árvore Binomial:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{0,65775\sqrt{6}} = 5,008577 \tag{4}$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{5,008577} = 0,1996589 \tag{5}$$

$$p = \frac{\left(1+r_f\right)^T - d}{\left(u-d\right)} = \frac{\left(1,12\right)^6 - 0,199658}{\left(5,008577 - 0,199648\right)} = 0,368056 \tag{7}$$

$$1 - p = 1 - 0,368056 = 0,631944 \tag{8}$$

O parâmetro de ascendência passa então a ser 5,00, o de descendência 0,20 e as probabilidades de ascendência e descendência se tornam respectivamente 0,37 e 0,63.

4.4.2. Montando a Árvore Binomial

Para a modelagem, se pressupôs a existência de um processo multiplicativo ou geométrico iniciando-se no valor representado pelo VPL calculado e, ainda, que a árvore formada é recombinante, ou seja, as ramificações voltam ao mesmo ponto. De acordo com Copeland *et* Antikarov (2001), essa árvore é sugerida quando se trata de processos estocásticos[3], **à** medida em que, no limite, quando o número de períodos se torna muito grande, a distribuição dos resultados nas ramificações finais se aproxima de uma distribuição logarítmica normal.

Para modelagem da árvore binomial, foi utilizada a fórmula de Copeland e Antikarov (2001), para valoração do ativo sujeito a risco, que é a seguinte:

$$MAX\left[0, u^n d^{T-n}\left(V_0 - X\right)\right] \tag{9}$$

Na qual:

n = número de movimentos ascendentes

T = número total de períodos

X = preço de exercício da opção

V_0 = Valor do ativo subjacente

O preço de exercício da Opção foi considerado como o investimento inicial do projeto (-830.000,00) que equivale ao valor pago para se utilizar do software por 6 anos. Uma vez em que já se tem o Valor Presente Líquido inicial do projeto, este foi inserido diretamente e apenas multiplicado pelos fatores de ascendentes e descendentes.

Quanto a probabilidade de cada cenário final ocorrer, esta foi obtida com a fórmula de Copeland et Antikarov (2001), que é a seguinte:

$$B\left(n|T,p\right) = \frac{T!}{\left(T-n\right)!n!} p^n \left(1-p\right)^{T-n} \tag{10}$$

$$p = \frac{\left(1+r_f\right) - d}{u-d} \tag{11}$$

Na qual:

p = probabilidade que ocorrer o cenário ascendente

r_f = taxa livre de risco

---

[2] O modelo de Monte Carlo aproxima comportamentos através de simulações de computador que geram trajetórias aleatórias de forma a estimar a volatilidade sem necessitar recorrer-se ao mercado acionário.

[3] Os autores citam que, caso fosse esperado que o valor do projeto pudesse se tornar negativo, melhor seria utilizar-se do processo aritmético ou aditivo.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Dessa forma, o parâmetro p (probabilidade de ocorrer o cenário ascendente) teria o valor de 0,368056 de forma que a probabilidade do descendente (1-p) fosse igual a 0,6311944.

A árvore obtida seria então conforme a Tabela 4:

Tabela 4. Árvore de Decisão[4]

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Prob.
						4.911.984,32	**0,25%**
					978.315,20		
				194.850,10		**194.850,10**	**2,56%**
			38.808,11		**38.808,11**		
		7.729,37		**7.729,37**		**7.729,37**	**10,99%**
	1.539,45		**613,22**		**1.539,45**		
306,61		**306,61**		**306,61**		**306,61**	**25,17%**
	61,07		**61,07**		**61,07**		
		12,16		**12,16**		**12,16**	**32,41%**
			2,42		**2,42**		
				0,48		**0,48**	**22,26%**
					0,10		
						0,02	**6,37%**

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Com a árvore montada, foi possível então calcular o novo valor do projeto, agora adicionado **à** flexibilidade – como se pode observar a partir dos cálculos de possíveis movimentos ascendentes e descendentes no valor do projeto. A fórmula seria:

$$Co = \frac{\left\{ \frac{T!}{(T-n)!n!} p^n (1-p)^{T-n} \left[u^n d^{T-n} (V_0 - X) \right] \right\}}{\left(1+r_f\right)^T} \tag{12}$$

Concluir-se-ia dessa forma que, ao se precificar com o modelo binomial, o projeto não mais valeria R$306,61 e sim R$9.186,05, um acréscimo de R$ 8.879,44, confirmando, assim, a preferência pelo investimento no projeto e afirmando, embora com gastos, que até com o aumento (R$ 8.879,44 extras) ainda seria válido o investimento de acordo com o método.

Observou-se então que houve, além dos benefícios teóricos já discutidos, a gera**ção de** um resultado visivelmente diferente dos observados nos métodos tradicionais de análise, e, se consideradas as possibilidades (flexibilidades) quantificadas, o ganho se torna ainda mais substancial.

4.4.3. Avaliando uma Opção de abandono a partir do modelo binomial

A avaliação aqui foi feita de forma indireta, onde, em vez de diferir o valor da Opção de venda americana como diferença entre o valor do projeto com e sem a Opção (avaliação indireta), a avaliação foi feita diretamente.

Os retornos diretos do projeto são mensurados como:

$$MAX\left[0, X - V\right] \tag{13}$$

Pressupõe-se que o valor a se receber por abandonar o projeto (X) totaliza em R$50,00 e o projeto somente poderá ser abandonado no ano 2 (dois). Foi utilizado ainda o valor presente (V) encontrado na árvore binomial montada para valoração do projeto.

A árvore formada então é conforme a Tabela 5 a seguir:

[4] Para facilitar a utilização da árvore para a precificação da opção de abandono (feita a seguir), os valores não estão como valores presentes e sim valor no ano em questão.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Tabela 5. Árvore de valor com retornos para a opção de venda americana

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Prob.
						0	**0,25%**
					0		
				0		**0**	**2,56%**
			0		**0**		
		0		**0**		**0**	**10,99%**
	0 (P_u)[5]		**0**		**0**		
0		**0**		**0**		**0**	**25,17%**
	0		**0**		**0**		
		37,84		**37,84**		**37,84**	**32,41%**
			47,58		**47,58**		
				49,52		**49,52**	**22,26%**
					49,90		
						49,98	**6,37%**

Fonte: Elaborado pelos autores (2013)

Contudo, pode-se ainda partir de uma abordagem diferenciada e sugerir-se um portfólio de *hedge* constituído por m unidades do projeto subjacente sujeito a risco (sem flexibilidade) e uma unidade da opção de venda americana. Pressupondo-se que o portfólio de *hedge* (apresentado na Figura 6) está verdadeiramente livre de risco, então pressupõe-se que no estado ascendente e descendente respectivamente:

$$\left[m\left(dV_0\right)+P_d\right]\left(1+r_f\right)=\left[m\left(dV_0\right)+P_{ud}\right]\left(1+r_f\right) \tag{14}$$

$$\left[m\left(dV_0\right)+P_d\right]\left(1+r_f\right)=m\left(d^2V_0\right)+P_{dd} \tag{15}$$

Logo:

$$\left[m\left(dV_0\right)+P_d\right]\left(1+r_f\right)=m\left(d^2V_0\right)+P_{dd} \tag{16}$$

E para chegar ao valor de m resolve-se a seguinte equação:

$$m=\frac{P_{dd}-P_{ud}}{dV_0\left(\mathrm{u}-\mathrm{d}\right)}=\frac{37,84-0}{61,22\left(5,008577-0,199658\right)}=\frac{37,84}{294,4020212}=0,128531726 \tag{17}$$

Tabela 6. Retornos de um portfólio de *hedge*

Ano 1	**Ano 2**
	$m\left(udV_0\right)+P_{ud}=39,40920973$
$\boldsymbol{m\left(dV_0\right)+P_d}=7,868344585$	
	$m\left(\mathrm{d}^2V_0\right)+P_{uu}=39,41097794$

O preço da opção de venda seria então:

$$P_0=\frac{\left\{\left[\frac{u-\left(1+r_f\right)}{u-d}\right]P_d+\left[\frac{\left(1+r_f\right)-d}{u-d}\right]P_u\right\}}{\left(1+r_f\right)} \tag{18}$$

[5] Uma vez em que a opção de abandono apenas valerá até o ano dois, então apenas os valores denominados por P serão utilizados.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Em que:

$$q = \frac{u-(1+r_f)}{u-d} = \frac{5,008577-(1,12)}{5,008577-0,199658} = \frac{3,888577}{4,808919} = 0,808617696 \quad (19)$$

$$1-q = \frac{(1+r_f)-d}{u-d} = \frac{1,12-0,199658}{4,808919} = 0,191382304 \quad (20)$$

$$P_d = \frac{\left[qP_{dd} + (1-q)P_{ud}\right]}{(1+r_f)} = \frac{30,59810361+0}{1,12} = 27,31973537 \quad (21)$$

$$P_u = \frac{\left[qP_{ud} + (1-q)P_{uu}\right]}{(1+r_f)} = 0 \quad (22)$$

$$P_0 = \frac{\left[qP_d + (1-q)P_u\right]}{(1+r_f)} = \frac{22,09122147+0}{1,12} = 19,72430488 \quad (23)$$

Logo, tem-se que o valor da opção de abandono equivale a R$ 19,72, ou seja, caso a empresa queira adquirir o direito, mas não a obrigação, de abandonar o projeto ao segundo ano, o preço a ser cobrado extra para tal deve ser de R$ 19,72, assim como esse é o valor acrescido ao valor de seu projeto caso a opção tenha sido adquirida.

4.4.4. Valoração de uma Opção de venda por Black-Scholes

Apesar de normalmente as Opções mais utilizadas serem as de compra, foi preferido mostrar um caso de uma Opção de Venda para esclarecer quaisquer dúvidas sobre a dificuldade de mensurá-las.

Uma opção de venda é o valor adicionado ao projeto pelo fato do investidor ter o direito de mais tarde optar pela venda dos direitos de comercialização para terceiros. Nela, o preço de exercício é igual à economia conseguida com a venda dos ativos ou de sua melhor utilização.

$$P = Ee^{-rf} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (24)$$

em que:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_0}{X}\right) + r_f T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (25)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (26)$$

S_0 = preço do ativo subjacente na data zero

$N(-d_1)$ = probabilidade normal acumulada de uma unidade normal da variável $-d_1$

$N(-d_2)$ = probabilidade normal acumulada de uma unidade normal da variável $-d_2$

e = base dos logaritmos naturais, constante = 2,1728...

r_f = taxa livre de risco

E = Preço de exercício no ano 6

$$P = 9186,0432e^{0,12}0,105059 - 830.0000(0,640713) = -81.979,59$$

Observa-se então que o preço de venda é R$ - 81.979,59. Conclui-se que, na posição observada, não haveria valor adicionado para o portador (muito pelo contrário, haveria uma perda) do software caso adquirisse o direito de vendê-lo no sétimo ano de uso, o que se explica claramente pelo fato de que até o momento o projeto gera valor positivo não aparentando ser proveitosa sua venda.

4.5 RESULTADOS

Através do fluxo de caixa incremental do projeto de investimento em tecnologia da informação, teve-se um Valor Presente líquido de R$ 306,61, um Valor Anualizado Uniforme Equivalente de R$92,20, uma Taxa Interna de Retorno de 20,01% e uma Taxa Interna de Retorno Modificada de 15,97%. Estes seriam os resultados esperados com o incremento desta tecnologia em análise.

Observa-se, entretanto, que, ao se trabalhar com a ideia de uma Opção Real, a precificação pelo modelo binomial ao final do ano 6 seria de R$9.186,05. Ter-se-ia então que,

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

ao se trabalhar com a possibilidade dos diferentes cenários enquadrados na ideia de uma árvore binomial, o valor deste empreendimento varia consideravelmente, podendo gerar decisões diferentes quanto **à** aceitação ou não do investimento em tecnologia da informação.

Outras possibilidades foram ainda avaliadas, como uma possível aquisição de uma opção de abandono. Esta novamente é precificada pelo Modelo Binomial, sendo esta precificada no valor de R$19,72, valor este que reflete quanto poderia ser pago pelo direito, mas não a obrigação, de abandonar o projeto em caso deste encontrar-se em um cenário em que possa ser prejudicial aos interesses da organização.

A última possibilidade avaliada foi a de permitir aos responsáveis a venda dos direitos de comercialização do software para terceiros posteriormente, esta se dando novamente em forma de direito (sem manter vínculos de obrigatoriedade). A precificação da opção de venda se deu por Black e Scholes, esta sendo valorada como sendo negativa. Este resultado concluiria que, para este projeto especificamente, **não haveria sentido a contratação de uma opção de venda ao sétimo ano de uso, o que** pode-se explicar de forma clara em virtude dos resultados gerados pelo projeto serem positivos até então de forma que mesmo sua opção de abandono apresente um baixo valor.

5. CONCLUSÕES

A partir do exposto, observou-se que a utilização da teoria das Opções Reais gera, para avaliação de investimentos em Tecnologia da Informação, um ganho significativo, sobretudo ao incorporar e precificar o valor da flexibilidade à análise.

Verificou-se não apenas a existência de diversos estudos teóricos que comprovam os ganhos da ferramenta, mas ainda uma diferença nos resultados (das Opções Reais comparativamente com os métodos tradicionais de análise) de mais de 1000%, além do fato de precificar opções como a de abandono, gerando melhor a flexibilidade gerencial, deixando clara a influência do mesmo na avaliação de investimentos.

O presente estudo possibilitou concluir então, que certos fatores de uma análise de investimentos podem não estar sendo corretamente avaliados e uma abordagem mais adequada e aprofundada como com a utilização das Opções Reais podem ser primordiais para a consistência da valoração de um determinado investimento em Tecnologia da Informação.

Para isso, faz-se necessário mais estudos e pesquisas respaldadas numa cientificidade que garanta não apenas o correto entendimento como também a divulgação do método para com os empresários, auxiliando no desenvolvimento de um tema muitas vezes polêmico, mas essencial, como a avaliação de investimentos em tecnologia.

As limitações observadas neste trabalho centraram-se mais no fato da parte prática do mesmo não estar embasada em dados de empresas reais, os quais seriam preferíveis a simulações.

Acredita-se que os resultados desta pesquisa, se aplicados na prática, poderão contribuir com o desenvolvimento das empresas que o utilizem na medida em que possibilita não apenas uma melhor precificação de um investimento, como de uma Opção e, sobretudo, de uma tecnologia, que pode ser a diferença entre sucesso e fracasso para uma organização.

6. REFERÊNCIAS

Baidya, T. K. N. e Castro, A. L. (2001), “Convergência dos modelos de árvores binomiais para avaliação das opções”, *Pesquisa operacional*, Vol.21, No.1, PP 17-30.

Benaroch, M. e Kauffman R. J. (1999) “A case for using real option pricing analysis to evaluate information technology project investments”, *Information Systems Research*, Vol.10, No.1, pp. 70-86.

Black, F. e Scholes, M. (1973), “The pricing of options and corporate liabilities”, *Journal of Political Economy*, Vol.81, No.3, pp.637-654.

Copeland, T. E. e Antikarov, V. (2001), Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos, 1 ed, Campus, Rio de Janeiro.

Cox, J., Ross, S. e Rubinstein, M. (1979) “Option pricing: a simplified approach”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, No. 3, pp.229-264.

Gonçalves, C. (2008), Gestão de investimentos em projetos de construção civil considerando Opções Reais, Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.

Harmantzis, F. C. e Tanguturi, V. P. (2007), “Investment decisions in the wireless industry applying real options”, *Telecommunications Policy*, Vol. 31, No. 2, pp. 107–23.

Hull, J. C., (2008), Options, Futures and Other Derivativatives, 7 ed, Prentice Hall, London.

Kallberg, G. e Laurin, P. (1997) Real options in R&D capital budgeting: a case study at Pharmacia & Upjohn, Dissertação de Mestrado em Economia, Gothenburg School of Economics and Commercial Law, Suécia.

Kelleher, J. e Maccormack, J. (2005), “Internal rate of return: a cauntionary tale”, *McKinsey Quarterly*, special edition: value and performance.

Revista Eletrônica Sistemas & Gestão
Volume 8, Número 4, 2013, pp. 318-332
DOI: 10.7177/sg.2013.v8.n4.a1

Kumbaroglu, G., Madlener, R. e Demirel, M. (2008), “A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies”, *Energy Economics,* Vol. 30, No. 4, pp. 1882-1908.

Macklan, S., Knox, S. e Ryals, L. (2005), “Using Real Options to help build the business case for CRM investment”, *Long Range Planning*, Vol. 38, No. 4, pp. 393-410.

Monteiro, R. C. (2003), Contribuições da abordagem de avaliação de Opções Reais em ambientes econômicos de grande volatilidade – uma ênfase no cenário latino-americano, Dissertação de Mestrado em Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

Myers, S. C. (1974), “Interactions of corporate finance and investment decisions-implications for capital buggeting”, *Journal of Finance*, Vol. 29, No. 1, pp. 1-25.

Shehabuddeen, N., Probert, D. e Phaal, R. (2006) “From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework”, *Technovation*, Vol. 26, No. 3, pp.324-335.

Tallon, P. P., Kauffman, R., Lucas, H., Winston, A. e Zhu, K. (2002), “Using real options analysis for evaluating uncertain investments in information technology: insights from the icis 2001 debate”, *Communications Of The Association For Information Systems*, Vol. 9, pp.136-167.

Weston, J. F. e Brigham, E. F. (2000), Fundamentos da administração financeira, Makron Books, São Paulo.

Wu, L. e Ong, C. (2008), “Management of information technology investment: A framework based on a Real Options and Mean-Variance theory perspective”, *Technovation*, Vol. 28, No. 3, pp. 122-134.