GESTÃO .Org Revista Eletrônica de Gestão Organizacional

ISSN 1679-1827

www.gestaoorg.dca.ufpe.br

Volume 4, Número 1, jan./abr. 2006

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DOS MODELOS DE PRECIFICAÇÃO DE EMPLOYEE STOCK OPTIONS

Herbert Kimura
(Universidade Presbiteriana Mackenzie)
Leonardo Fernando Cruz Basso
(Universidade Presbiteriana Mackenzie)
André Wakamatsu
(Universidade Presbiteriana Mackenzie)

Sumário: 1. Introdução; **2.** Referencial Teórico; **2.1** Modelos Tradicionais de Precificação de Opções; **2.1.1** Modelo de Black-Scholes; **2.1.2** Modelo Binomial; **2.2** Modelos específicos para precificação de opções para funcionários; **2.2.1** Modelo do FAS 123; **2.2.2** Modelo aprimorado do FASB; **2.2.3** Modelo aprimorado de opções americanas; **3.** Análise dos Modelos; **4.** Considerações Finais.

UFPE PROPAD PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

UFPE

RESUMO

Os planos de remuneração variável de opções sobre ações têm sido amplamente discutidos, tanto por acadêmicos quanto por praticantes, para identificar falhas nos atuais programas de *stock options* e para propor alternativas que aprimorem os mecanismos de remuneração de longo prazo, diminuindo conflitos de agência. Neste artigo são avaliados todos os modelos tradicionais de precificação de opções: 1) o modelo do FASB, 2) modelo de Hull-White e 3) modelo de Ammann-Seiz baseado em árvores binomiais em que são analisados os diferentes aspectos com relação ao exercício da opção como, por exemplo, a possibilidade de exercício antecipado após o período de carência e uma potencial escolha sub-ótima do momento de exercício. Alguns modelos foram implementados computacionalmente para propiciar a identificação da magnitude das diferenças nas estimativas de preço justo. Também são realizadas comparações entre os modelos e análises de variações do preço justo em função de modificações nos parâmetros de entrada. Nesta análise verificou-se que o modelo de Hull-White tem um comportamento diferenciado em relação aos demais e que o comportamento dos modelos da FASB e de Ammann-Seiz é muito parecido em relação aos parâmetros analisados. O modelo de maximização de utilidade não é estudado em função da dificuldade de se estabelecer parâmetros de aversão a risco, riqueza inicial e taxa de retorno esperada da ação para o conjunto de executivos.

Palavras-chave: Stock Options, Precificação de Opções, Criação de Valor, Árvores Binomiais, Black-Scholes.

ABSTRACT

The plans of variable remuneration of stock options have been widely discussed, by academics and practitioners, to identify imperfections in the current programs of stock options and to consider alternatives that improve the mechanisms of long run variable remuneration as a way of diminishing agency conflicts. In this article we evaluate all the traditional models of precification of stock options: 1) the FASB model, 2) Hull-White model and 3) Ammann-Seiz model based on binomial trees where the different aspects with relation to the exercise are analyzed for instance, the possibility of anticipating the exercise price; the potential sub-optimal choice of the exercise period. Some models had a computational treatment to propitiate the identification of the magnitude of the differences in the estimates of the just price. Also we carried through comparisons between the models and analyses of variations of the just price in function of modifications in the initial conditions. In this analysis it was verified that the Hull-White model has a different behavior in relation to the others and the behavior of the FASB and the Ammann-Seiz models is seemed in relation to the initial conditions. The utility maximization model is not studied due to the difficulty of establishing risk aversion parameters, initial wealth and expected return rate for the stock.

Key-words: *Stock Options, Stock Option Pricing, Value Creation, Binomial Trees, Black-Scholes.*

1. INTRODUÇÃO

A criação de valor da empresa e a distinção entre propriedade e controle geram conflitos de agência e, desta maneira, o alinhamento entre a gestão da empresa e os interesses do acionista envolvem a definição de incentivos aos administradores e funcionários. Para medir a criação de valor podem ser utilizadas medidas não-tradicionais, como o valor econômico adicionado (*economic value added*), o valor adicionado em fluxo de caixa (*cash value added*) e o retorno sobre o investimento em termos de fluxo de caixa (*cash flow return on investment*) já aparecem com proeminência na literatura especializada. Estas medidas apresentam como característica que as difere das medidas tradicionais, como o retorno sobre o investimento (*return on investment*), o fato de considerarem um custo para o capital próprio.

Assim, após definir um método para avaliar a criação de valor de uma empresa, os planos de incentivos são elaborados de forma que gerentes e funcionários trabalhem para criar riqueza para os acionistas. Isto pode ser obtido utilizando-se planos de remuneração como, no caso deste trabalho, os planos de concessão de opções sobre ações aos funcionários ou *employee stock options plans*.

Estudos recentes mostram que características fundamentais para compatibilizar criação de valor e remuneração variável não estão presentes na maioria dos programas de concessão de opções sobre ações em empresas americanas. No Brasil, os volumes de *stock options* ainda são muito pequenos quando comparados com os volumes dos programas americanos. Tendo em vista que a regulamentação americana caminha para a implementação da regra de tratamento das opções para executivos como despesas, modelos de precificação tornam-se fundamentais para a avaliação do preço justo a ser lançado nos demonstrativos financeiros.

Apesar de no documento FAS 123 "*Accounting for stock-based compensation*" do FASB ser proposto o uso de versões ajustadas do modelo Black-Scholes ou do modelo Binomial para precificação do valor das opções sobre ações para funcionários, diversas questões relevantes são levantadas por acadêmicos e praticantes de finanças. Apesar de o FASB sugerir o *disclosure* sobre opções de ações para funcionários baseado em ajustes nos modelos tradicionais de Black-Scholes ou de Cox-Ross-Rubinstein, a possibilidade de uso de outros modelos de precificação do valor justo das opções implicam alguns pontos de atenção.

Considerando a relevância da precificação neste ensaio, são discutidas alternativas de modelagem que permitem uma melhor adequação às características específicas das opções sobre ações concedidas aos funcionários. É realizada uma breve discussão de modelos alternativos de precificação, em que são evidenciadas as principais premissas e as vantagens sobre os modelos tradicionais.

Neste artigo, são estudados inicialmente os modelos tradicionais de precificação de opções e o modelo do FASB, com ajuste do prazo médio de exercício da opção e do cancelamento da opção quando o funcionário se afasta da empresa antes do final do prazo de carência. Alguns modelos foram implementados computacionalmente para propiciar a identificação da magnitude das diferenças nas estimativas de preço justo.

Dependendo dos modelos utilizados, a comparabilidade das informações lançadas nos demonstrativos financeiros pelas diversas empresas pode ficar comprometida. Além disso, em função dos parâmetros, muitas vezes arbitrários, a serem considerados nos modelos, o *disclosure* de informações sobre as despesas com os planos podem não corresponder à realidade.

Assim, torna-se importante não só a comparação entre resultados, como também a análise de sensibilidade de cada modelo para identificar possíveis aspectos relevantes na avaliação do preço justo das opções. Com isso, pode-se obter uma maior noção da magnitude da diferença de resultados entre os modelos e do comportamento das estimativas de preço justo em função da arbitrariedade da escolha de parâmetros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Opções sobre ações para funcionários possuem uma série de características que tornam inadequada sua precificação através de modelos tradicionais. Apesar de várias alternativas terem sido propostas, inexiste um modelo consagrado para avaliação de planos de *stock options* (AMMAN; SEIZ, 2004).

A proposta do FASB de mensuração do valor na data de concessão com um ajuste ex-post tipicamente modesto (RUBINSTEIN, 1985) pode não conduzir à obtenção de um preço justo da opção sobre ações. Em função do período de carência e da possibilidade de cancelamento da opção em caso de desligamento do funcionário, o SFAS 123 estabelece um ajuste no qual o prazo para o vencimento é substituído pelo prazo médio de vida do contrato e outro ajuste através de um indicador da taxa associada ao turnover da empresa (AMMANN; SEIZ, 2004).

Dada a complexidade dos mecanismos de opções, o problema da regulamentação implica um dilema. Por um lado, de acordo com Rubinstein (1985), impor uma regra estrita pode implicar o disclosure de valores de opções distantes dos valores justos. Por outro lado, permitir uma maior liberdade para o estabelecimento de modelos e a estimação de parâmetros pode impedir uma comparabilidade entre demonstrativos financeiros.

Rubinstein (1995) descreve as diferenças mais significantes entre opções de compra tradicionais e opções de ações para funcionários:

- Prazo para vencimento: opções sobre ações para funcionários têm, em geral, prazo de vencimento maior que o das opções tradicionais;
- Existência de período de carência: o exercício das opções dos funcionários somente é permitido após a passagem de um prazo de carência ou período de carência;
- Confisco da opção devido ao desligamento: os funcionários perdem as opções que ainda estão no período de carência, caso sejam demitidos ou se demitam da empresa;
- Intransferibilidade das opções: os empregados não podem vender nem transferir as opções;
- Questões fiscais: opções de ações não qualificadas para funcionários concedidas nodinheiro são taxadas somente no exercício da opção;
- Efeitos sobre estrutura de capital: o exercício das opções sobre ações pode implicar uma emissão de ações;
- Efeitos sobre o resultado operacional: a compensação através de opções pode conduzir ao aumento de receitas, à redução de despesas, mas também ao aumento da assunção de riscos por parte dos funcionários.

Os impactos destas diferenças nos mecanismos de precificação são diversos. Por exemplo, pequenos erros na estimação de parâmetros dos modelos como volatilidade e taxa de pagamento de dividendos podem se propagar em prazos para vencimento mais longos diminuindo a acurácia dos valores de prêmio. Lavelle (2005) cita, por exemplo, que para reduzir o valor justo divulgado das despesas de compensação com stock options, cerca de 66% das empresas diminuíram nos últimos anos as estimativas da volatilidade das ações.

Além disso, devido ao fato de as opções não serem transferíveis, as evidências empíricas apontam para um exercício sub-ótimo, ou seja, uma antecipação do exercício da opção mesmo que a ação não pague dividendos (HUDDART; LANG, 1996), demonstrando um desvio em relação à modelagem comumente usada para avaliação de opções.

De modo contrário às premissas tradicionais dos modelos de Black-Scholes e Binomial, o perfil de risco dos indivíduos pode influenciar na decisão de exercício da opção. Adicionalmente as características de carência e de cancelamento podem constituem aspectos importantes que restringem a decisão de exercício.

A seguir, são discutidos, além dos modelos de Black-Scholes e Binomial, os principais modelos alternativos que se propõem a considerar as características peculiares das opções sobre ações para funcionário.

2.1 Modelos Tradicionais de Precificação de Opções

2.1.1 Modelo de Black–Scholes

Black; Scholes (1973), através da estruturação de uma carteira livre de risco formada por ações e opções, apresentam uma solução extremamente engenhosa para a precificação de opções. Utilizando mecanismos estocásticos em tempo contínuo, pode-se identificar uma estratégia de hedge dinâmico que conduz ao preço justo de uma opção do tipo europeu, ou seja, no qual o exercício só é possível na data de vencimento do derivativo. Para uma discussão mais extensa, podem ser estudadas diversas fontes, dentre elas, a derivação original de Black; Scholes (1973) e a descrição detalhada e conceitual proporcionada por Chriss (1997). A fórmula de Black-Scholes baseia-se na dinâmica do preço do ativo-objeto ao longo do tempo t dada a seguir:

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = \mu dt + \sigma dW(t), \text{ com } 0 \le t \le T \qquad (1)$$

em que:

μ e σ representam, respectivamente, o retorno esperado do ativo-objeto e a volatilidade dos retornos

$W(t)$ representa um movimento browniano padrão

T é o prazo para o vencimento da opção

Segundo as premissas do modelo de Black-Scholes, pode-se obter o seguinte resultado para o prêmio de uma call f_{BS} através de:

$$f_{BS} = SN(d_1) - K.\exp(-rT)N(d_2) \qquad (2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad (3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \qquad (4)$$

em que:

f_{BS} representa o valor da opção de compra para o modelo de Black-Scholes simplificado

$N(\bullet)$ é a função de probabilidade normal padrão acumulada

r representa a taxa de juros livre de risco

Assim, o preço de uma call depende do preço à vista do ativo-objeto, do preço de exercício, da volatilidade dos retornos do ativo-objeto, da taxa de juros livre de risco e do prazo para vencimento da opção. Se for incorporada uma taxa de distribuição de dividendos composta continuamente , então a fórmula de precificação da opção de compra é ajustada para:

$$f_{BS} = S.\exp(-qT)N(d_1) - K.\exp(-rT)N(d_2) \qquad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad (6)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \qquad (7)$$

2.1 MODELO BINOMIAL

Através de um raciocínio em tempo discreto, Cox et al (1976) apresentam um procedimento iterativo, o modelo Binomial, que é mais apropriado para o estudo de planos de stock options, uma vez que comumente, as opções concedidas aos funcionários podem ser exercidas a qualquer momento após o período de carência.

O raciocínio do modelo Binomial assemelha-se ao de Black-Scholes, porém o hedge para estabelecer uma carteira livre de risco é realizado de modo discreto. Uma discussão mais detalhada do modelo Binomial pode ser encontrada no artigo original de Cox et al (1979) ou nos livros de Hull (2000) e Chriss (1997).

Utilizando premissas semelhantes às do modelo de Black-Scholes, deriva-se as probabilidades de alta e de baixa do preço do ativo-objeto, bem como o fator de ajuste e do preço no caso de alta e de baixa, respectivamente:

$$p = \frac{\exp(rT) - d}{u - d} \quad (8)$$

$$u = \exp\left(\sigma\sqrt{\Delta t}\right) \quad (9)$$

$$d = 1/u \quad (10)$$

em que:

Δt representa o período discreto associado à possível flutuação do preço do ativo-objeto

Assim, a cada período Δt, o preço da ação pode subir ou cair por um fator u ou d com probabilidade p ou $1-p$, respectivamente. Sendo N o número total de períodos que se permite a flutuação discreta do preço do ativo, então se deve ter que $T = N.\Delta t$.

Seguindo Hull (2000), definindo $f_{i,j}$ como o valor da opção no tempo $i\Delta t$, quando o preço da ação é $Su^j d^{i-j}$, com $0 \le i \le N$ e $0 \le j \le i$, pode-se obter o valor $f_{i,j}$ de uma opção de compra americana no nó (i, j), através das equações a seguir.

No vencimento da opção, calcula-se o valor intrínseco da opção:

$$f_{N,j} = \max\left[Su^j d^{N-j} - K, 0\right] \quad (11)$$

Em períodos anteriores ao vencimento da opção:

$$f_{i,j} = \max\left[Su^j d^{i-j} - K, \exp(-r\Delta t)\left(p.f_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}\right)\right], \text{ com } 0 \le i \le N-1 \text{ e } 0 \le j \le i \quad (12)$$

Finalmente, o preço da opção da call através do modelo Binomial, denominado de f_{CRR}, referente a Cox, Ross e Rubinstein, no instante inicial é dado por:

$$f_{CRR} = f_{0,0} = \max\left[S - K, \exp(-r\Delta t)\left(p.f_{1,1} + (1-p)f_{1,0}\right)\right] \quad (13)$$

2.2. MODELOS ESPECÍFICOS PARA PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES PARA FUNCIONÁRIOS

2.2.1 MODELO DO FAS 123

O modelo do FASB, proposto no documento FAS 123 de 1995, sugere o uso do modelo de Black-Scholes ou do modelo Binomial para avaliação do valor justo das opções associadas aos planos de *stock options* aos funcionários. Dadas as peculiaridades destes planos, o FASB estabelece ajustes para contemplar, principalmente a característica de intransferabilidade da opção após o período de carência e de cancelamento da opção no caso de o funcionário deixar a empresa durante o período de carência.

Desta forma, em primeiro lugar, o modelo do FASB substitui o prazo total T até o vencimento da opção, pela vida média ou prazo esperado da opção L . Em segundo lugar, existe um ajuste, compatível com uma taxa w de saída de funcionários para refletir a probabilidade de o funcionário se desligar da empresa durante período de carência v , ou seja, enquanto não pode exercer seu direito de compra.

O valor justo das opções a serem divulgadas pela empresa pode ser calculado através da seguinte equação:

$$f_{FAS123} = f_{AM}^{T=L}(1-w)^{v} \qquad (14)$$

em que:

f_{FAS123} representa o valor da opção sob as diretrizes do FAS 123

$f_{AM}^{T=L}$ representa o valor de uma opção americana equivalente, fixando o prazo para vencimento T igual à esperança do prazo L até o exercício da opção.

Para compatibilizar com taxas de dividendos e taxas de juros comumente utilizadas em precificação, basta utilizar uma taxa de saída w capitalizada continuamente, ajustando a equação anterior para:

$$f_{FAS123} = f_{AM}^{T=L}\exp(-vw) \qquad (15)$$

Ammann; Seiz (2004) apresentam um procedimento baseado em árvores de decisão para obter uma estimativa do prazo médio até o exercício $L_{0,0}$, baseado em um contexto de neutralidade a risco, que fundamenta o modelo Binomial. Fixa-se $L_{N,j} = 0$ para a vida média em qualquer um dos nós finais da árvore. Para todos os outros nós, $0 \le i \le N-1$, o valor atribuído a $L_{i,j}$ depende de o período de carência ter ou não expirado.

Para o caso de $i\Delta t < v$:

$$L_{i,j} = pL_{i+1,j+1} + (1-p)L_{i+1,j} \qquad (16)$$

Para o caso de $i\Delta t \ge v$:

$$L_{i,j} = \begin{cases} 0 \\ (1-\exp(-w\Delta t)).0 + \exp(-w\Delta t)\left[pL_{i+1,j+1} + (1-p)L_{i+1,j} + \Delta t\right] \end{cases} \qquad (17)$$

A maioria das empresas utiliza o modelo de Black-Scholes como base para , pois é mais fácil de ser implementada, uma vez que se baseia somente em uma fórmula analítica. Conforme cita Savage; Adamson (2004), em 2002 das 500 empresas pertencentes ao S&P500 apenas três usavam o modelo Binomial em detrimento do modelo de Black-Scholes, para *disclosure* do valor justo das opções.

Uma discussão mais detalhado pode ser encontrada em Carr; Linetsky, (2000) e Rubinstein (1995)

2.2.2. MODELO APRIMORADO DO FASB

Hull; White (2002, 2003, 2004) propõem um modelo alternativo, batizado de modelo aprimorado do FASB. Segundo Hull; White (2002), a taxa **w** de saída pode ser estimada diretamente através de dados históricos sobre o *turnover* dos funcionários para a categoria de executivos que são beneficiários das opções. O múltiplo M pode ser estimado através do cálculo de dados passados da razão média do preço da ação em relação ao preço de exercício quando o funcionário optou voluntariamente pelo exercício antecipado.

Considerando uma estrutura análoga à do modelo Binomial padrão, pode-se definir o valor da opção, através do modelo de Hull-White, no instante inicial f_{HW}= $f_{0\ ,\ 0}$, obtido a partir de um procedimento retroativo e recursivo descrito a seguir.

No vencimento da opção, o valor da opção em cada nó proveniente do passeio aleatório que o preço do ativo-objeto pode seguir é dado por:

$$f_{N,j} = \max\left(S_{N,j} - K, 0\right) \qquad (26)$$

Antes do vencimento, quando $0 \le i \le N-1$, porém durante o período de carência, ou seja, $i\Delta t < v$, o preço da opção no nó (i,j) é definido por:

$$f_{i,j} = \exp(-w\Delta t)\exp(-r\Delta t)\left[pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}\right] \qquad (27)$$

Após o vencimento, porém, depois do período de carência, $ti\Delta < v$, o indivíduo pode exercer a opção caso o preço da ação supere ou seja igual ao preço de exercício corrigido por um múltiplo M. Neste caso, ou seja, quando $S_{i,j} \geq MK$, o indivíduo obtém o valor intrínseco da opção

$$f_{i,j} = S_{i,j} - K \qquad (28)$$

Caso o preço da ação não supere M vezes o preço de exercício, isto é, então o valor da opção no nó é dado por:

$$f_{i,j} = \left(1 - \exp(-w\Delta t)\right)\max\left(S_{i,j} - K, 0\right) + \exp(-w\Delta t)\exp(-r\Delta t)\left[pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}\right] \qquad (29)$$

Esta estratégia de exercício configura, portanto, uma modelagem de precificação de opção com barreira, tipicamente classificada como opção exótica e que se distingue da opção tradicional. Na opção com barreira, o exercício só é possível caso o preço da ação supere não só o preço de exercício, mas também atinja

uma determinada barreira associada ao parâmetro M, para a opção ser válida.

2.3.3. MODELO APRIMORADO DE OPÇÕES AMERICANAS

Amman; Seiz (2004) propõem um modelo a partir do mecanismo de precificação de opções do tipo americano usando árvores binomiais com ajustes para a possibilidade de exercício em instantes que não maximizam o valor do titular da call.

De acordo com o raciocínio retroativo do mecanismo de árvores binomiais, pode-se definir o valor da opção nos nós referentes aos possíveis resultados no vencimento , através do valor − ≤ 1 , podem ser intrínseco fN, j= max(S− K0,) . Para os demais nós, nos quais 0 ≤ Ni N, j investigadas duas regras para a construção das árvores, em função de o período de carência ter vencido ou não. No caso de o período de carência não ter expirado e o funcionário deixar a empresa, não há a possibilidade de exercício da opção, havendo, portanto, um cancelamento do direito. A probabilidade de saída do funcionário é (1− exp(− Δ tw)) e o valor da opção neste cenário é . No caso de o período de carência não ter vencido e o funcionário não se desligar da empresa, o valor i,jda opção no nó () pode ser calculado pela esperança do prêmio da opção dos nós imediatamente subseqüentes, trazidos a valor presente e ajustados pela probabilidade exp(− Δ tw) de permanência do empregado. Considerando um contexto de neutralidade a risco, quando ti< Δ v, o valor de fi,jé dado por,

$$f_{i,j} = (1-\exp(-w\Delta t))0 + \exp(-w\Delta t)\exp(-r\Delta t)\left[pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i=1,j}\right] \quad (30)$$

No caso de o período de carência expirar, o funcionário tem a opção de exercer a qualquer momento, a não ser que saia da empresa. De maneira semelhante à análise no contexto de neutralidade a risco realizada anteriormente, o valor da opção $f_{i,j}$ quando $i\Delta t \geq v$ pode ser obtida através de:

$$f_{i,j} = \begin{cases} \max(S_{i,j}, K, 0), \text{ no exercício} \\ (1-\exp(-w\Delta t))\max(S_{i,j} - K, 0) + \exp(-w\Delta t)\exp(-r\Delta t)\left[pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i-1,j}\right], \text{ na manutenção} \end{cases} \quad (31)$$

Ammann; Seiz (2004) desenvolvem um mecanismo de precificação em que é realizado um ajuste no preço de exercício e considerando a característica referente à possibilidade de exercício antecipado, após o período de carência. Assim, utiliza-se um parâmetro de correção M* no *strike price* que está associado ao exercício antecipado ou atrasado. Através deste ajuste, o exercício da opção ocorre quando o valor intrínseco é estritamente positivo, quando o período de carência já

expirou e quando o valor de exercício ajustado por um fator M* é maior que o valor de referência, ou seja, quando:

$$\max(S_{i,j} - M^* K, 0) \geq \exp(-r\Delta t)\left[pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}\right] \quad (32)$$

Além disso, quando M* < 1 , existe uma antecipação no exercício em relação ao exercício

ótimo obtido através de um modelo binomial de opções do tipo americano ajustado para o período de carência e a possibilidade de cancelamento. Caso M* > 1 , há um exercício atrasado, em relação ao instante ótimo estabelecido por um modelo de árvores binomiais baseados em

neutralidade a risco. Uma discussão mais detalhada com relação ao fator M* pode ser encontrado em Ammann; Seiz (2004).

3. ANÁLISE DOS MODELOS

Conforme já discutido, as premissas dos modelos tradicionais de Black-Scholes e Binomial (Cox-Ross-Rubinstein) não contemplam diversas características das employees stock options como, por exemplo, a existência de um período de carência ou o cancelamento da opção no caso de saída do funcionário de empresa em certo período após a concessão da opção. Porém, é importante investigar os modelos tradicionais, uma vez que constituem base para o disclosure sugerido pelo FASB e para a derivação de modelos mais sofisticados para precificação de opções sobre ações para funcionários.

Inicialmente, são confrontados os resultados do modelo de Cox-Ross-Rubinstein (CRR) e do modelo do FASB. Tendo em vista que os modelos de Black-Scholes e Binomial conduzem a um mesmo resultado, considerando a precificação baseada em exercício apenas no vencimento, são apresentados somente os resultados da modelagem discreta.

A Tabela 1 resume os parâmetros arbitrários que servem como fundamento para as simulações. Apesar de se buscar uma adequação à realidade do mercado brasileiro, os valores dos parâmetros, definidos de forma genérica, eventualmente podem não representar adequadamente as características específicas dos planos de stock options de uma dada empresa. Em função da inexistência de uma quantidade razoável de programas baseados em stock options no Brasil e da falta de dados empíricos, a calibragem dos parâmetros a partir de dados de mercado é difícil de ser executada.

Os resultados obtidos nas simulações, portanto, são específicos dos parâmetros a serem considerados como base. A partir dos valores-chave, dependendo do aspecto a ser investigado, alguns dos parâmetros são alterados para contemplar, por exemplo, diferentes análises de sensibilidade.

Tabela 1: Valores-base dos parâmetros das opções

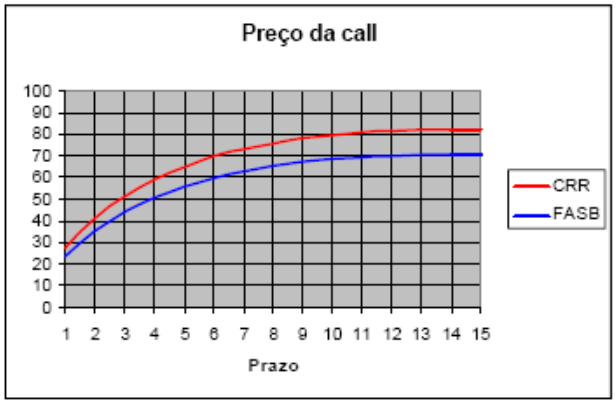
PARÂMETRO	VALOR-BASE
Preço da ação	100.00
Preço do Exercício	100.00
Volatilidade	50%
Prazo para o vencimento	10
Taxa de Juros	20%
Prazo de Carência	3
Taxa de Saída	5%
Múltiplo do preço de exercício (AS)	1.2
Múltiplo do preço de exercício (HW)	2
Taxa de distribuição de dividendos	1%

Na Figura 1 é mostrado o comportamento do valor da opção de compra em função do prazo para o vencimento, no caso do modelo CRR e do prazo médio para o exercício, no caso do modelo do FASB. É importante destacar que o modelo do FASB sugere um ajuste do modelo de CRR justamente com relação ao prazo para o vencimento. Conforme já discutido anteriormente, o uso do modelo Binomial para precificação de opções do tipo europeu implica na impossibilidade de exercício antecipado. Assim, o FASB sugere o uso do conceito de prazo médio para o exercício, para incorporar a possibilidade de o funcionário exercer sua opção antes do vencimento.

Desta forma, pode-se comparar os resultados do gráfico da Figura 1 tanto vertical quanto horizontalmente. Verticalmente, identifica-se que, para qualquer prazo, o modelo de CRR conduz a preços de call superiores ao do FASB, fato que era esperado considerando-se a própria formulação do modelo do FASB. Quanto maior o prazo em análise, maior a diferença absoluta. Porém, a diferença decresce com o aumento do prazo.

Uma vez que o FASB utiliza o conceito de vida média da opção, em geral, o exercício do direito de compra ocorre antes do vencimento e, desta forma, uma análise alternativa da Figura 1 pode ser feita usando uma comparação horizontal. Isto é, para um dado preço da call, pode-se identificar o prazo para o vencimento do modelo de CRR que é compatível com o prazo médio para
o exercício do modelo do FASB. Através das análises discutidas, pode-se supor que, pela própria característica dos planos de concessão de opções, notadamente de longo prazo, a estimativa do prazo médio para exercício ou da vida média da opção representa importante aspecto para ser levado em consideração em uma análise comparativa entre o modelo CRR e o do FASB.

Figura 1: Preço da *call* em função do prazo até o vencimento para o modelo de CRR ou do prazo médio até o exercício para o modelo do FASB



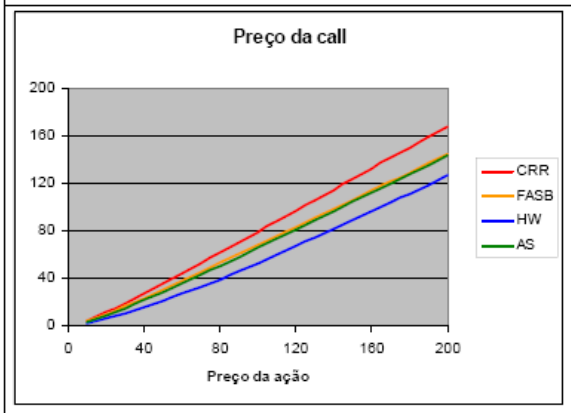
A seguir, são apresentados os resultados de análise de estática comparada de todos os modelos, variando-se um único parâmetro em cada simulação. Os dados de entrada dos modelos seguem a Tabela 1, com exceção do parâmetro específico em análise. Deve-se ressaltar que, nos modelos de Hull-White (HW) e Ammann-Seiz (AS), o parâmetro prazo refere-se ao tempo restante para o vencimento da opção, enquanto no modelo de Cox-Ross-Rubinstein (CRR) e no do FASB, considera-se nestas simulações que o prazo refere-se à vida média ou ao tempo médio até o exercício da opção.

É importante também enfatizar que dada a inexistência de um mercado para negociação de opções para funcionários, não se pode estabelecer a superioridade de um modelo em relação a outro nem uma comparação mais definitiva sobre a diferença de magnitude dos valores estimados para a opção. Obviamente, em função das premissas envolvidas, alguns modelos podem se mostrar mais flexíveis e adequados à prática das opções sobre ações para funcionários.

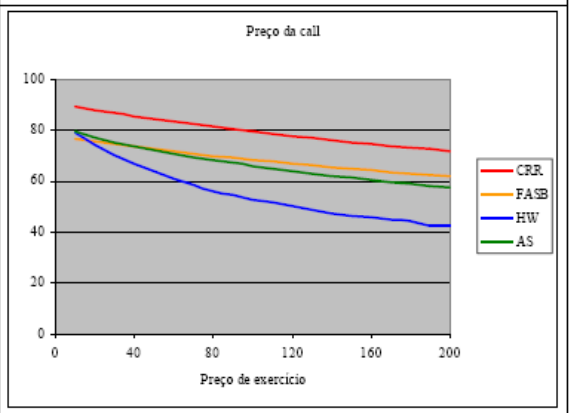
Na Figura 2-a é mostrado o comportamento do preço justo da opção estimado pelos modelos CRR, FASB, HW e AS. Apesar de o comportamento positivo entre a variação do preço da ação e a variação do preço da opção já ser esperado, é importante identificar, em primeiro lugar, que para todos os modelos, a taxa de crescimento é positiva.

Figura 2: Preço da *call* em função:

a- do preço da ação.



b- do preço de exercício.



Assim, na Figura 2-a é possível identificar que o modelo do FASB possui uma menor sensibilidade com relação a variações do preço do ativo-objeto, enquanto o modelo de Hull-White pode conduzir a variações diferenciadas das estimativas do prêmio da call, quando a opção se encontra muito fora-do-dinheiro ou muito dentro-do-dinheiro. Obviamente, no limite, quando o preço da ação é muito superior ao preço de exercício, todos os modelos convergem para um delta equivalente à unidade, indicando que toda variação de preço da ação é completamente incorporada no preço da call.

É interessante observar também que para situações em que o preço à vista da ação supera por pouco o preço de exercício da opção, a sensibilidade da call em relação a variações do preço de ativo-objeto é semelhante em todos os modelos.

De maneira análoga, na Figura 2-b é mostrado o comportamento das estimativas do valor da call pelos vários modelos quando se altera o preço de exercício da opção. Como era de se esperar, o valor do direito de compra decresce à medida que o preço de exercício é maior. Mais uma vez, o modelo de Hull-White é mais sensível a alterações no preço de exercício, principalmente quando a opção é muito fora-do-dinheiro.

Apesar de opções extremamente fora-do-dinheiro representarem, em uma primeira análise, instrumentos de pouco interesse dado sua baixa probabilidade de exercício, a análise de sensibilidade é importante pelo menos por dois fatores. Em primeiro lugar, como as opções têm prazos para vencimentos alongados, a probabilidade efetiva de exercício não é tão baixa. No caso dos programas americanos, por exemplo, o prazo para vencimento da opção é usualmente estabelecido em dez anos, havendo, portanto, um período de tempo amplo para que o valor da ação fique acima do preço de exercício. Em segundo lugar, situações em que as opções estão muito fora-do-dinheiro podem motivar a empresa a realizar um repricing das opções concedidas realizando um ajuste para baixo no preço de exercício.

Continuando a análise de estática comparada, pode-se estudar o comportamento do preço da opção em relação ao prazo para vencimento ou prazo médio para exercício da opção, dependendo do modelo avaliado. Na Figura 3-a é mostrado que quanto maior o prazo para expiração do direito de compra ou menor o prazo médio de exercício, maior o valor da call.

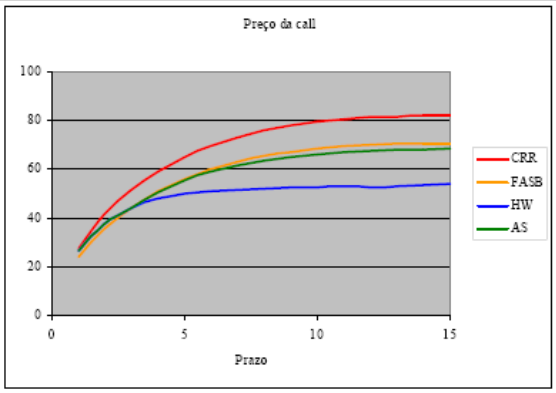
Deve-se destacar que, dependendo dos outros parâmetros dos modelos, principalmente da taxa de juros, da volatilidade e da taxa de distribuição de dividendos, pode existir um prazo a partir do qual o preço da call diminui. Em geral, porém, como a taxa de juros usualmente não é tão elevada em comparação com a volatilidade em mercados mais estáveis, não existe uma preocupação com relação a um possível comportamento decrescente do preço da call com o aumento do prazo para o vencimento.

Porém, em mercados de elevada

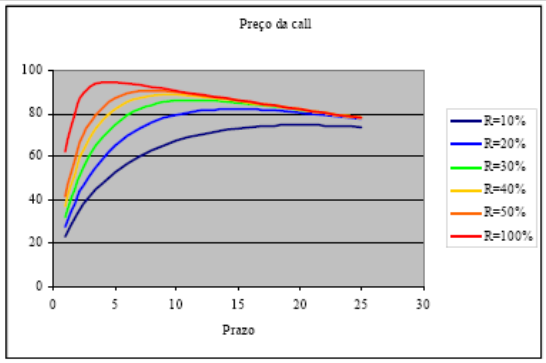
taxa de juros e elevada volatilidade, como no mercado brasileiro, a calibragem do tempo para expiração pode representar importante aspecto a ser considerado, uma vez que poderia não ser adequada a concessão de opções com prazos nos quais o comportamento do preço da call é decrescente. Considerando-se o modelo de Black-Scholes, na Figura 3-b é mostrado como a taxa de juros alta impacta a precificação de opções em função do prazo para o vencimento. Pode-se observar a existência de um ponto de máximo a partir do qual o preço da call decresce com o aumento do prazo para o exercício ou para o vencimento da opção.

Figura 3: Preço da *call* em função:

a- do prazo da opção.



b- do prazo considerando o modelo de Black-Scholes e diferentes taxas de juros.



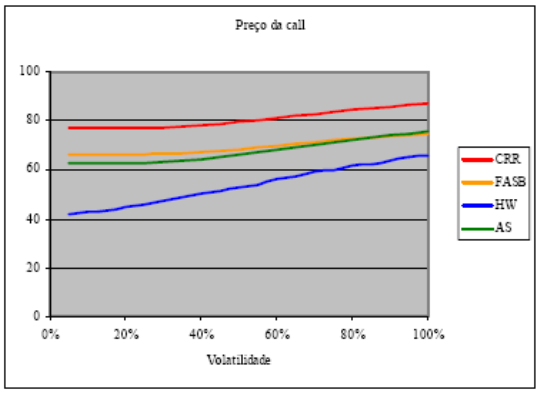
A volatidade é um dos parâmetros mais importantes dos modelos, não somente pela sua influência no valor da call, conforme pode ser observado na Figura 4-a, como também pela necessidade de estimação do nível de flutuação de preços da ação para o período futuro até o vencimento ou o exercício da opção. Enquanto o preço da ação, o preço de exercício, o prazo para o vencimento e a taxa de juros são parâmetros observáveis, a volatilidade somente pode ser estimada. Conforme já discutido anteriormente, muitas empresas estão tentando diminuir o impacto do lançamento do valor das opções como despesa, simplesmente alterando suas projeções de volatilidade futura. Neste contexto, é importante que se tenha uma compreensão da sensibilidade do preço da opção em função de possíveis estimativas diferentes de volatilidade.

Os resultados da Figura 4-a, ilustrados através das inclinações das curvas, mostram que o modelo de Hull-White novamente é o mais sensível às diferenças de volatilidades estimadas. Outro fator importante para a análise envolve a taxa de distribuição de dividendos. Caso a opção concedida não seja protegida contra distribuição de dividendos, o preço da call sofre uma desvalorização toda vez que dividendos são pagos aos acionistas, deixando o funcionário ou o titular da call com um direito que vale menos.

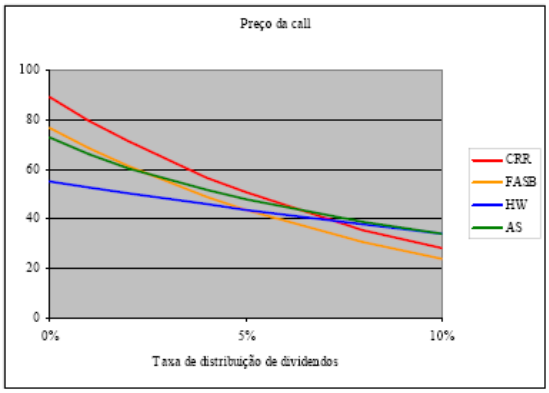
Na Figura 4-b é mostrado o comportamento do preço da call em função da taxa de distribuição de dividendos para cada um dos modelos investigados. Enfatiza-se que a taxa de distribuição de dividendos também é difícil de se estimar, principalmente durante horizontes de tempo mais longos.

Figura 4: Preço da *call* em função:

a- da volatilidade.



b- da taxa de distribuição de dividendos.



Pode-se observar através da Figura 4-b que o valor da call, independentemente do modelo, é bastante sensível à estimativa de taxa de dividendos. Desta forma, o uso de estimativas extremamente otimistas de distribuição de dividendos pode efetivamente reduzir o impacto contábil do disclosure das despesas com opções dos demonstrativos financeiros. Uma das maneiras de se evitar problemas de precificação é estabelecer programas em que exista um ajuste no preço de exercício a cada desembolso de caixa da empresa para remuneração do acionista. Desta forma, pode-se considerar nos modelos de precificação uma taxa de distribuição de dividendos nula.

A variação do preço da call para cada um dos modelos, em função de variação na taxa de juros livre de risco pode ser avaliada na Figura 5-a. Enquanto no modelo Hull-White a sensibilidade do preço da call em relação à taxa de juros apresenta um comportamento quase constante, nos demais modelos existe um relacionamento positivo decrescente. Ou seja, considerando todos os outros parâmetros dos modelos de precificação constantes, taxas de juros maiores conduzem a preços maiores, porém os acréscimos são gradualmente menores.

Deve-se destacar que esta análise de estática comparada não leva em consideração o potencial impacto de um aumento da taxa de juros básica no preço da ação. Assim, situações em que há aumento de taxa de juros podem conduzir a uma desvalorização do preço da ação, uma vez que os dividendos futuros passam a ser descontados a valor presente por uma taxa de desconto maior. Em termos líquidos, portanto, o aumento da taxa de juros pode causar a diminuição do preço da call.

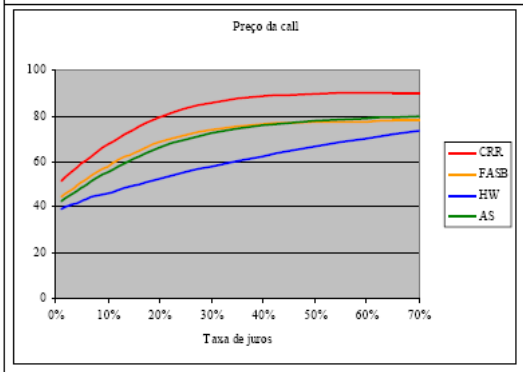
Outra análise importante refere-se ao prazo de carência da opção concedida ao funcionário. Na Figura 5-b é mostrado como o preço da call se comporta com o prazo no qual o funcionário não pode exercer sua opção de compra.

Obviamente, o modelo de Cox-Ross-Rubinstein não é afetado pelo período de carência, pois este não é um dos parâmetros de entrada. Os demais modelos incorporam a existência de um período de carência no qual a opção não pode ser exercida e durante o qual a opção é cancelada caso o funcionário se desligue da empresa.

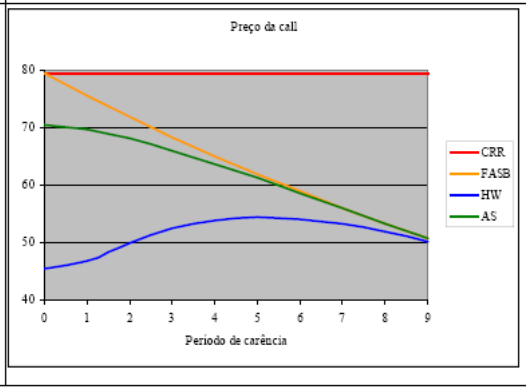
A Figura 5-b permite que se observem as diferenças entre os modelos de Hull-White, do FASB e de Ammann-Seiz. O prazo para o término da carência implica em comportamentos bem distintos de cada um dos modelos. É interessante destacar que existe uma maior divergência entre os modelos, principalmente quanto o período de carência está terminando. Em contrapartida, no limite, quando o prazo de carência é próximo ao vencimento da opção, os modelos convergem para um mesmo valor, uma vez que, nestas condições, a call é semelhante a uma opção de compra do tipo europeu. O modelo de Cox-Ross-Rubinstein não converge para o resultado dos outros modelos, pois não incorpora a taxa de saída de funcionários como parâmetro de precificação.

Figura 5: Preço da *call* em função:

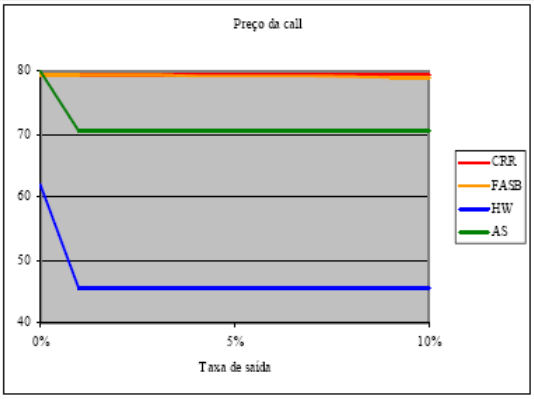
a- da taxa de juros.



b- da taxa de distribuição de dividendos.



c- da taxa de saída de executivos.



É importante investigar a sensibilidade dos modelos em relação à taxa de saída dos funcionários, uma vez que este parâmetro também é usualmente estimado. Porém, a estimativa da taxa de saída pode ser mais simples e menos polêmica do que as estimativas da volatilidade e da taxa de distribuição de dividendos, pois uma proxy razoável pode ser obtida através do índice de turnover de executivos aos quais as opções são outorgadas.

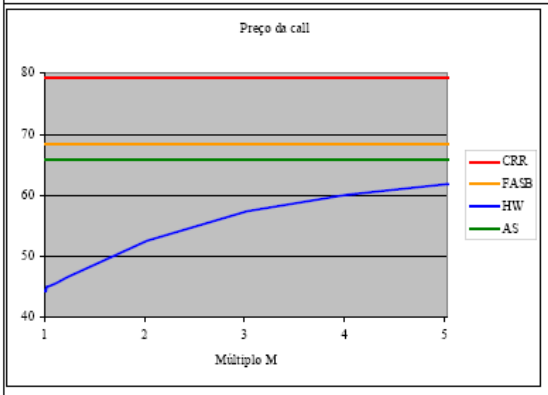
A taxa de saída representa um ajuste que diminui o preço da call, em função da impossibilidade de se exercer a opção no caso de desligamento antecipado da empresa. Os resultados da Figura 5-c apontam para uma baixa sensibilidade à taxa de saída ou desligamento de funcionários da empresa, principalmente para valores elevados. Porém, as diferenças de magnitude dos preços das calls podem ser substanciais quando se consideram os resultados do modelo de Hull-White e de Ammann-Seiz em comparação com o modelo do FASB, representando, portanto, um ponto de atenção.

Finalmente, nas Figuras 6-a e 6-b são apresentados os resultados do comportamento do valor da call em função dos múltiplos M e M^* utilizados como ajustes para o exercício nos modelos de Hull-White e Ammann-Seiz, conforme discutido no capítulo sobre precificação.

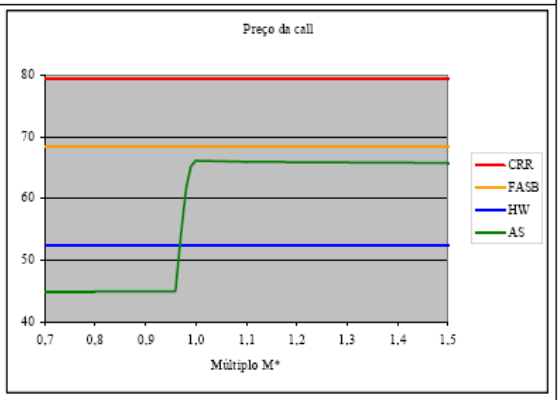
Obviamente, em todos os demais modelos, o preço da call não varia com M ou M^*, pois os múltiplos não são parâmetros relevantes. Ressalta-se que o valor da call não é tão sensível em relação à alteração de valores altos para os múltiplos dos modelos. Porém quando os múltiplos são baixos, próximos à unidade, o preço da call é mais sensível à escolha destes parâmetros.

Figura 6: Preço da *call* em função:

a- do múltiplo para o exercício no modelo de Hull-White.



b- do múltiplo para o exercício no modelo de Ammann-Seiz.



6. Considerações Finais

As diversas alternativas de precificação buscam levar em consideração as características específicas dos planos de stock options que os modelos tradicionais de Black-Scholes e Binomial não contemplam. Apesar de alguns modelos serem desenvolvidos sobre premissas mais realistas, é importante destacar que não existe consenso sobre a melhor forma de precificar opções para empregados. A inexistência de um mercado onde opções para funcionários são negociadas impede a comparação da acurácia dos modelos. Além disso, algumas variáveis são de difícil mensuração.

Para fins de regulamentação, a padronização de modelos é importante. Porém, a liberdade das empresas definirem os parâmetros dos modelos de precificação, em especial, as estimativas de volatilidade, de taxa de saída e de taxa de distribuição de dividendos pode tornar o processo de disclosure de informação sobre opções de ações para funcionários pouco relevantes. Neste contexto, torna-se fundamental a investigação do comportamento dos modelos de precificação em função de variações nos parâmetros de entrada.

A análise de estática comparada permite identificar a sensibilidade do valor estimado da opção de compra utilizando os diferentes modelos de precificação alterando-se a cada simulação apenas um parâmetro. Embora não seja possível avaliar qual modelo seja mais apropriado à realidade, uma vez que opções para empregados não são negociadas em um mercado, pode-se analisar se diferenças nas premissas conduzem a estimativas muito distintas de preço da opção de compra.

É importante destacar que o modelo de Hull-White apresenta um comportamento diferenciado em relação aos demais, sendo mais sensível em relação, por exemplo, a variações no preço da ação, no preço de exercício e na volatilidade e menos sensível às flutuações na taxa de distribuição de dividendos.

Em função do tipo de ajuste, o comportamento do modelo de Ammann-Seiz é comparável, nas diversas simulações realizadas, ao modelo do FASB. Porém, seu uso pode-se justificar em função da possibilidade de inclusão de um ajuste na forma de exercício da opção que permite a consideração de decisões sub-ótimas por parte dos funcionários.

Finalmente, a análise de sensibilidade em relação à volatilidade e à taxa de distribuição de dividendos mostra que diferentes estimativas destes parâmetros podem afetar consideravelmente o valor estimado da call, podendo ter fortes implicações na forma de disclosure de informações por parte das empresas.

Sendo a disponibilização do valor das opções como despesas uma exigência, os dados a serem apresentados podem não corresponder à realidade simplesmente pela liberdade que as empresas possuem em subestimar ou superestimar parâmetros a serem considerados nos modelos de

precificação. Assim, a padronização e a comparabilidade de demonstrativos, objetivos dos órgãos reguladores, podem ficam comprometidas. Desta forma, torna-se importante que se consiga avaliar a sensibilidade dos modelos de precificação a escolhas distintas de valores para os parâmetros de precificação.

"O presente trabalho foi realizado com apoio do INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE, entidade educacional voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico, por intermédio do **MACKPESQUISA**."

REFERÊNCIAS

AMMAN, M.; SEIZ, R. Valuing employee stock options: does the model matter? *Financial Analysts Journal*, 6 (5), 21-37, 2004.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, p. 637-654, 1973.

CARR, P.; LINETSKY, V. The valuation of executive stock options in an intensity-based framework. *European Finance Review*, 4, p. 211-230, 2000.

CHRISS, N. A. Black-Scholes and beyond – option pricing models. McGraw-Hill, 1997.

COX, J. C., ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7 (3), p.229-263, 1979.

HUDDART, S.; LANG, M. Employee stock-option exercises: an empirical analysis." *Journal of Accounting and Economics*, 21 (1): p. 5-43, 1996.

HULL, J. Options, futures, and other derivatives. Fourth edition. Prentice Hall, 2000.

HULL, J.; WHITE, A. Determining the value of employee stock. Report produced for the Ontario Teachers Pension Plan, 2002.

HULL, J.; WHITE, A. Accounting for employee stock options. Working paper. University of Toronto, 2003.

HULL, J.; WHITE, A. How to value employee stock options. *Financial Analysts Journal*, 60 (1), p. 114-119, 2004.

KULATILAKA, N.; MARCUS, A. J. Valuing employee stock options. *Financial Analysts Journal*. 5 (6),

p. 46-56, 1994. LAVELLE, L. Time to start weighing the options. New FASB rules lake stock options an expense. How will companies cope? *Business Week*. p. 32-33. 17.01. 2005.

RUBINSTEIN, M. On the accounting valuation of employee stock options. *Journal of Derivatives*, 3 (1), p. 8-24, 1995.

SAVAGE, M. ADAMSON, T.Employee stock options – new valuation responsibilities and planning opportunities. *Benefits Quarterly*, 20 (3), p. 34-41, 2004.

Herbert Kimura
Doutor em Administração de Empresas e-mail: hkimura@mackenzie.com.br Universidade Presbiteriana Mackenzie Rua da Consolação, 896 – 7º andar – Sala 76 CEP: 01302-907– Consolação – São Paulo – SP Telefone: (11) 3236-8597 Fax: (11)3236-8600

Leonardo Fernando Cruz Basso
Doutor em Economia e-mail: lenemelo@unihorizontes.br Universidade Presbiteriana Mackenzie Rua da Consolação, 896 – 7º andar – Sala 76 CEP: 01302-907– Consolação – São Paulo – SP Telefone: (11) 3236-8597 Fax: (11)3236-8600

André Wakamatsu
Mestre em Engenharia Civil e-mail: wakamatsu74@yahoo.com.br Universidade Presbiteriana Mackenzie Rua da Consolação, 896 – 7º andar – Sala 76 CEP: 01302-907– Consolação – São Paulo – SP Telefone: (11) 3236-8597 Fax: (11)3236-8600