

CONTROLE DE RISCO DE MERCADO EM OPERAÇÕES COM OPÇÕES SOBRE AÇÕES E ÍNDICE DE AÇÕES

Hélvio Gomes Bastos, FIA.

Gerente de Controle de Riscos da SOCOPA - Sociedade Corretora
Paulista. Bacharel em Matemática pelo IME/USP.
Helvio@Socopa.Com.Br, Hgbastos@Usp.Br

Controle De Risco De Mercado Em Operações Com Opções Sobre Ações E Índice De Ações

Um dos grandes desafios em gestão de riscos é o controle sobre operações envolvendo opções. Muitas vezes os riscos envolvidos neste derivativo são difíceis de mensurar. Este trabalho propõe uma metodologia de controle de exposição aos riscos de uma carteira de opções sobre ações ou sobre índice de ações. Por meio do modelo de apreçamento de opções de Black&Scholes-Merton, apresenta-se um índice de alavancagem pelo delta da opção que pode ser usado por intermediadoras financeiras, como corretoras de valores. Por sua apresentação ser simples, fica claro aos investidores compreender seu funcionamento. Além disso, abre discussão para criação de outros modelos de controle de riscos em derivativos.

Palavras chave: Controle de Riscos, Opções, Alavancagem, Delta.

Control Of Market Risk In Options Transactions On Stocks And Stock Index

A major challenge in risk management is the control over transactions involving options. The risks involved in derivatives are often difficult to measure. This paper presents a methodology for control of risk exposure of a portfolio with stock options or stock index options. Through the model of option pricing Black&Scholes-Merton, presents a leverage ratio in the delta of the option that can be used for intermediating financial, as brokerage houses. Due to its simple presentation, it's clear for investors to understand its operation. In addition, it opens discussion to create other models for controlling risks in derivatives.

Keywords: Risk Management, Options, Leverage, Delta.

Control De Riesgo De Mercado En Las Transacciones De Opciones Sobre Acciones Y Índices Bursátiles.

Uno de los principales desafíos en gestión de riesgos es el control de operaciones de opciones. A menudo los riesgos involucrados en este derivados son difíciles de medir. Este trabajo presenta una metodología de control de la exposición a riesgos de un portafolio de opciones sobre acciones o el índice de acciones. Por medio del modelo de valoración de opciones de Black-Scholes&Merton, presenta un índice de apalancamiento por delta opción que puede utilizada por los intermediarios financieros, como corredores de bolsa. Para su presentación es sencilla, es evidente para los inversores comprender su funcionamiento. Además, abre debate a la creación de otros modelos de control de riesgos en derivativos.

Palabras clave: Control de Riesgos, Opciones, Apalancamiento, Delta.

INTRODUÇÃO

Objetivo

Opções sobre ações são negociadas no Brasil desde 1972 e estão tomando cada vez mais espaço nas operações dos investidores. “A bolsa brasileira é líder mundial em contratos de opções sobre ações, segundo dados da World Federation Exchange (WFE), a entidade que reúne as principais bolsas do mundo.” (Portugal, 2010). Em parte, essas operações são feitas para realizar proteção de carteiras. Outras, mais estruturadas, têm a finalidade de manter uma exposição prêmio-orientada ou volatilidade-orientada. Carteiras com opções, apresentando posições compradas ou vendidas podem ter exposições nos fatores de risco que compõem os prêmios. Em muitos casos, o investidor opera motivado em alavancar a carteira, sob uma expectativa sobre o comportamento do ativo. Assim, abre-se uma posição lançadora, com exposição muito elevada, na expectativa de ganhar o prêmio e a opção não ser exercida. As exposições mais alavancadas podem ter perdas muito elevadas ou chamadas de margem muito altas que o investidor pode não suportar.

Para se obter um controle mais eficaz sobre as operações com este derivativo, é necessário entender detalhes de seu comportamento. Não somente apreçar a opção, mas também conhecer a influência que os fatores externos têm sobre o prêmio. Em muitos casos, o comportamento e as expectativas do mercado tem uma grande influência no prêmio das opções ao ponto de haver estudos voltados às componentes subjetivas do apreçamento, como a volatilidade, por exemplo.

Um dos desafios dos gestores de risco, principalmente das corretoras e agentes de compensação, é calcular antecipadamente e exigir do investidor o capital mínimo para garantir a segurança da operação. O sistema de Gerenciamento de Riscos da Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC), entre outras atividades, ao final de cada pregão, realizam cálculos sobre as posições em derivativos do investidor (opções, termo, etc.) para encontrar a chamada de margem mínima exigida como garantia. Caso o investidor não possua as garantias suficientes depositadas, a CBLC debita o valor necessário diretamente da conta do investidor no Agente de Compensação ou Corretora de Valores (CBLC, Procedimentos Operacionais, 2010). Para evitar chamadas de margem que o investidor não possa suprir, é importante que o gestor de riscos acompanhe no decorrer do dia as operações envolvendo esses derivativos.

Dentro desse contexto, o objetivo do trabalho é sugerir um modelo de controle de risco de operações envolvendo opções. A idéia é criar um modelo que seja simples de ser aplicado e intuitivo na sua compreensão e complementar aos já utilizados. Para isso, é necessário responder as seguintes perguntas: É possível criar uma estrutura de controle que possa garantir a segurança nas operações? Como fazer um controle que consiga dar ao gestor de riscos as informações precisas sobre o risco assumido pelo investidor? Como prover de maneira simples limites ao investidor de modo claro e objetivo?

Para responder estas perguntas, o trabalho se propõe a encontrar um modelo eficiente que possa ser adotado por um gestor de risco para monitoramento intradiário da exposição de uma carteira com opções. A ideia é utilizar ferramentas para monitorar a marcação a mercado de forma que o gestor possa tomar atitude de reversão da operação sem forte impacto nos negócios. Com o controle da exposição da carteira em relação ao seu valor marcado a mercado, - tamanho da carteira e grau de risco -, pode-se encontrar a exposição tolerada.

Relevância

O Programa de Qualificação Operacional (PQO), promovido pela BM&FBOVESPA, certifica a qualidade dos serviços prestados pelas corretoras. Entre outras exigências, o controle de riscos é

um dos focos deste programa. Caso a corretora venha fazer a custódia e a liquidação das operações do cliente, deve –se ter uma metodologia para o controle dos riscos objetiva e funcional. Essa importância pode ser notada na própria visão da BM&FBOVESPA. “A iniciativa da Bolsa atende as exigências de um mercado com grande potencial de crescimento e com clientes cada vez mais seletivos em relação à qualidade do serviço prestado pela corretora, sua eficiência operacional e capacidade financeira para assumir riscos.” (Programa de Qualificação Operacional BM&FBOVESPA, 2010).

Além de garantir sua proteção quanto às eventuais perdas no mercado, um controle de riscos eficaz é um diferencial para as corretoras. Controlar os riscos de carteiras com opções, antecipar as chamadas de margens e manter o cliente informado fazem parte do sistema de controle de riscos que atende as necessidades do mercado.

Apesar da importância do tema, existe uma falta de consenso no que se refere ao controle de riscos pelas corretoras. Muitas vezes podem adotar critérios rigorosos de controle de riscos, inviabilizando em alguns casos os negócios dos investidores. Por outro lado, há aquelas que não controlam as exposições de seus clientes. No mercado de opções, é comum que as corretoras inibam operações lançadoras. Quando a deixam, impedem que se abra vendas descobertas, inviabilizando as operações mais estruturadas. Cabe ressaltar que há diferenças em lançar opções in-the-money, at-the-money ou out-of-the-money e, portanto, não devem ter o mesmo tratamento quanto ao risco.

Diante do exposto, este trabalho procura dar um maior entendimento sobre controle de riscos por parte das corretoras, desenvolvendo uma metodologia na qual, dados os parâmetros de tolerância ao risco, pode-se assegurar que as garantias depositadas possam cobrir eventual falha de liquidação do cliente.

Metodologia

O presente trabalho apresenta um modelo para mensurar o risco intradiário de carteiras formada por ações e opções. O detalhamento metodológico é apresentado em seção específica.

REVISÃO TEÓRICA

O apreçamento das opções tem grande importância em finanças. O trabalho desenvolvido por Fischer Black e Myron Scholes (1973), que em seguida chegou-se à compreensão matemática em publicação de Robert Merton (1973), parte de algumas premissas como, por exemplo, i) o preço de um ativo segue um movimento browniano geométrico, ii) as volatilidades dos preços e a taxa de juros livre de risco são constantes e iii) não há custos de corretagem.

A equação geral de Black&Scholes-Merton (BSM) é uma solução da equação diferencial de Black&Scholes dada uma condição inicial. Assumindo uma volatilidade σ constante até a data de vencimento, sua forma analítica para o preço c de uma opção de compra (call) é representada por:

$$c = SN(d_1) - Xe^{-rt}N(d_2)$$

Onde S é o preço atual (*spot*) do ativo ou índice, X o preço de exercício (strike), r a taxa de juros para o período até a data de vencimento, t o prazo até a data de vencimento, N a função de distribuição Normal de média 0 e desvio padrão 1,

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

$$d_2 = \frac{2\ln(S/X) - t(\sigma^2 - 2r)}{2\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Nas mesmas condições acima, a forma analítica para o preço p de uma opção de venda (*put*) é representada por:

$$p = -SN(-d_1) + Xe^{-rt}N(-d_2)$$

A demonstração do modelo é didaticamente apresentada por Costa (1998, pp. 41-67). Outros conceitos importantes envolvendo o método de Black&Scholes estão descritos por Costa (1998) além de adotar uma visão operacional do mercado de opções. Dessa forma, o autor nos apresenta um tratamento prático no apreçamento das opções.

O foco do trabalho do autor é sobre as negociações volatilidade-orientada, isto é, não analisa a negociação a partir da variação do prêmio da opção, mas pelos outros fatores envolvidos, principalmente a volatilidade implícita nos preços (Costa, 1998, pp. 6-9). Da decomposição dos preços das opções, parte-se para o estudo das diferenciais da equação de BSM.

Marins (2009, pp. 825-899) descreve as cinco derivadas parciais do prêmio das opções, a saber: as derivadas sobre o preço (delta- Δ), o tempo (theta- θ), a taxa de juros (rho- ρ), a volatilidade (vega- \mathcal{V}) e a segunda derivada sobre o preço (gama- Γ).

Aplicando-se as diferenciais necessárias, calculam-se as gregas das opções. Suas respectivas formas analíticas para opções de compra são dadas por:

$$\begin{aligned}\Delta_c &= N(d_1) \\ \theta_c &= -\frac{S\sigma}{2\sqrt{t}}N'(d_1) - rXe^{-rt}N(d_2) \\ \rho_c &= tXe^{-rt}N(d_2) \\ \mathcal{V}_c &= S\sqrt{t}N'(d_1) \\ \Gamma_c &= \frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{t}}\end{aligned}$$

Da mesma forma, encontram-se as formas analíticas dessas equações para o caso de opções de venda e, relacionando as com as respectivas para opções de compra, obtém-se:

$$\begin{aligned}\Delta_p &= \Delta_c - 1 \\ \theta_p &= \theta_c + rXe^{-rt} \\ \rho_p &= \rho_c - tXe^{-rt} \\ \mathcal{V}_p &= \mathcal{V}_c \\ \Gamma_p &= \Gamma_c\end{aligned}$$

O tratamento de séries temporais de Gujarati (1999, pp. 354-440), e de algumas citações de Hull (Hull, 2006, pp. 463-464), têm grande importância nos conceitos envolvendo modelos GARCH(*General model autoregressive conditional heteroskedasticity*) e EWMA(*Exponentially weighted moving average*), especialmente o último por ser uma caso especial GARCH(1,1). Este modelo, adotado para a o cálculo da volatilidade, é dado pela equação

$$\sigma_{n+1}^2 = (1 - \lambda)\sigma_n^2 + \lambda r_{n+1}^2$$

Onde r_{n+1} é o último retorno observado, λ o peso atribuído ao último retorno observado ($0 < \lambda < 1$) e σ_n a volatilidade anterior à interação, σ_{n+1} a nova volatilidade encontrada.

Como uma referência no estudo de derivativos, Hull (2006) descreve o comportamento das opções e operações a termo que serão utilizados neste trabalho. Na mesma linha, Marins (2009) faz os estudos sobre derivativos, como uma dedicação especial aos negociados no Brasil. Ambos, de forma simples e sistemática, expõem os modelos estatísticos necessário para a compreensão dos princípios de *VaR*. Os conceitos envolvendo riscos são mais bem detalhados por Jorion (2003), além de ajudar a definir as estratégias de administração de riscos por um gestor.

DETALHAMENTO METODOLÓGICO

Como o objetivo é fazer uma avaliação intradiária do risco, os dados foram obtidos durante o período de negociação, e não após o fechamento. Os dados de cotações das ações, opções e contratos futuros foram obtidos pela ferramenta de informações Broadcast, da Agência Estado. Essas cotações referem-se ao dia 23 de novembro de 2010, às 15 horas e 11 minutos.

O trabalho estuda opções sobre ações e sobre o IBOVESPA. Toda opção estudada é bem definida sabendo-se o objeto do negócio, data de vencimento, preço de exercício, tipo e estilo. Para conhecer as propriedades de cada opção negociada na BM&FBOVESPA, segmento Bovespa, obtém-se as informações disponíveis pela CBLC (Mercados - Opções - Séries Autorizadas, 2010). Informações das volatilidades podem ser consultadas na área específica no site da BM&FBOVESPA (Volatilidade dos Ativos, 2010). As regras de atuação, negociação e controle da CBLC estão disponíveis no documento Procedimentos Operacionais (Procedimentos Operacionais, 2010), onde se obtém também os parâmetros para o cálculo de margem.

Utilizam-se carteiras fictícias, mas com ativos líquidos negociados no mercado. Além das posições no ativo à vista, também se usam carteiras compostas por ativos a termo. Neste caso, seguem-se os padrões de negociação a termo, descritos no documento Procedimentos Operacionais (CBLC, 2010). Vale dizer que o estudo do comportamento das operações a termo é apresentado por Hull (2006) e principalmente por Marins (2009).

Dada uma carteira, obtém-se as informações das opções a partir do código de negociação através do site da CBLC. Pelo arquivo SEDE9999.txt disponível diariamente pela CBLC (Mercados - Opções - Séries Autorizadas, 2010), foram coletados os dados das opções referentes à data de vencimento, preço de exercício, tipo, estilo e ativo ou índice sobre a qual ela é lançada.

De mesma forma, calculam-se a taxa de juros esperada para o período através da interpolação polinomial da curva de juros negociada na BM&F (Cotações Online, 2010). Vale ressaltar que essas informações ficam disponíveis nos dias de negociação. Para a curva de juros, precisa-se de um modelo de interpolação dos valores. Nessa exigência, utiliza-se o modelo polinomial descrito no livro de Humes et. al. (1984, pp. 132-152). Tomando-se os vencimentos mais líquidos da curva de juros DI1, obtém-se o polinômio interpolador. Por uma proposição, garante-se a existência e a unicidade deste polinômio.

“Dados $n + 1$ pontos $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, com x_0, x_1, \dots, x_n distintos entre si, existe um único polinômio p de grau menor ou igual a n que passa por esses pontos, ou seja, $p(x_i) = y_i, i = 0, 1, \dots, n$.” (Humes, Melo, Yoshida, & Martins, 1984, p. 133)

Na própria página da BM&FBOVESPA (BM&FBOVESPA, 2010), tem disponível o valor da volatilidade histórica dos ativos calculada em janelas de 1, 3, 6 e 12 meses e a volatilidade calculada pelo método de EWMA. Esta última, pelo seu conceito ser mais aplicável ao presente estudo, será aplicada nesse trabalho.

Para chegar à volatilidade implícita da opção, utilizam-se os métodos de otimização e de aproximação em funções de uma variável por métodos iterativos, como o método de Newton-Raphson em análise numérica (Humes, Melo, Yoshida, & Martins, 1984, pp. 22-25). Este método iterativo é para encontrar uma raiz de uma função $f(x)$ próximo a um ponto x_0 . O processo iterativo é definido por:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

Quando n tende ao infinito, $f(x_n)$ tende a zero. Admitindo-se uma margem de erro, o processo findado em poucas interações. Por ser muito simples e rápido, terá grande apoio na compreensão dos conceitos e na obtenção da volatilidade implícita.

A volatilidade obtida será a utilizada para os cálculos dos prêmios justos das opções (assume-se volatilidade constante do momento do cálculo até a data de exercício).

O propósito é conhecer o valor financeiro da exposição em opções e da carteira líquida. Dada uma carteira composta por opções e ações, definiremos o valor da carteira será definido como a marcação a mercado dos seus componentes. E, a exposição, para cada ativo, como a soma dos deltas das opções multiplicado pela quantidade e pelo valor do ativo.

Patrimônio

Neste trabalho, utiliza-se o conceito de patrimônio como o valor da carteira do investidor. Além das garantias depositadas para a cobertura das chamadas de margem, tomam-se os outros valores disponíveis, inclusive posições a serem liquidadas, como ações a vista, títulos públicos e privados, cartas de fiança, depósitos a vista e a prazo. Importante ressaltar que os prêmios das opções da carteira marcados a mercados também compõem os cálculos. Sobre esse patrimônio, se fazem os cálculos de alavancagem.

Analisando toda a posição do cliente, o patrimônio é o saldo em conta ao final da liquidação de toda posição do cliente. Diante disso, torna-se importante a constante marcação a mercado da carteira, precificando, inclusive, as garantias e ativos menos líquidos. Dessa forma, é intuitivo verificar que o valor do patrimônio oscila conforme o lucro ou prejuízo da carteira, ou seja, a alavancagem aumenta quando há perda e diminui quando há ganho.

Alavancagem financeira

Algumas operações financeiras com liquidação futura não exigem a imediata disposição dos recursos para serem efetuadas. Em muitas delas existe apenas uma margem de garantia, na maioria dos casos muito inferior ao valor total do contrato. A razão entre os valores da operação e os valores dos recursos dispostos como garantia é chamada de alavancagem. Este conceito é bastante conhecido quando se trata de derivativos.

Em operações com contratos futuros ou operações a termo é simples entender essa relação. As chamadas de margem impostas pelas bolsas são bem inferiores aos valores dos contratos. Por exemplo, com cerca de R\$ 4.037,00 é possível fazer uma operação a termo de 90 dias de 1000 ações preferenciais da empresa Petrobras S.A. (PETR4), que representa cerca de R\$ 24.680,00. Pode-se assumir um compromisso de compra de um ativo com aproximadamente 16,36% de seu valor, em outras palavras, uma alavancagem em torno de 6,11 vezes. De fato, as chamadas de margem sofrem ajustes caso o preço do ativo eventualmente oscile. Mas não é raro que o investidor não consiga cobrir as chamadas adicionais de margem e tenha que liquidar a operação antecipadamente, assumindo prejuízos a ele e à instituição que intermedeia a operação.

No mercado de opções, o tamanho da exposição é mais estruturado, exigindo maior análise do comportamento dos preços. Este trabalho traz um modelo simples de chegar numa razão entre valor do patrimônio e exposição nas opções. Segundo a aversão a risco da instituição intermediadora, ela pode definir seu grau de alavancagem tolerável, podendo criar um controle fácil e imediato de diversas carteiras.

Curva de juros

Um dos fatores para determinação do preço de uma opção é a taxa de juros esperada para o período até a data de vencimento. Não apenas no mercado de opções a taxa de juros futura é importante para se conhecer o valor de mercado de diversos outros produtos financeiros, como por exemplo: ações e commodities futuras.

Essas taxas de juros são estimadas pelos contratos DI negociados na BM&F. Mas esses contratos têm datas de vencimentos mensais, mais precisamente no primeiro dia útil de cada mês. Como quase nunca os produtos financeiros, que necessitem dos juros para sua marcação a mercado, têm liquidação nestas datas, existe uma carência em modelar os juros em uma curva contínua.

No caso de opções, geralmente, tomam-se prazos curtos, de até um ano. Apesar disso, observam-se períodos mais longos de negócios em DI para tornar a curva mais suave. Além do CDI, entre os contratos DI mais líquidos, tomam-se os doze primeiros com vencimento mais próximo. Nos exemplos deste artigo, trabalham-se com janelas de dias que variam entre 1 e 581 dias úteis. Ao fazer a interpolação polinomial com esses vencimentos, é possível encontrar o polinômio $r(t)$ de grau 12 que nos fornece a taxa de juros ao ano esperada para o período de t dias, sendo $1 \leq t \leq 581$. O Objeto 1 exhibe os valores negociados dos contratos DI nas janelas indicadas acima.

Objeto 1– Curva de Juros.

Relação dos contratos DI com maior liquidez até maio de 2013 e o CDI de um dia. Inclui os prazos em dias úteis até a data de vencimento e o valor da taxa anualizada. Valores referentes ao pregão de 26 de novembro de 2010 às 15h11min.

Fonte: (Agência-Estado, 2010)

INDICADOR	PRAZO (d.u.)	JUROS (a.a.)
CDI	1	10,640
DI1Z10	6	10,630
DI1F11	27	10,705
DI1G11	47	10,795
DI1J11	88	10,920
DI1N11	150	11,320
DI1V11	215	11,610
DI1F12	276	11,830
DI1J12	338	12,100
DI1N12	400	12,230
DI1V12	463	12,340
DI1F13	522	12,340
DI1J13	581	12,390

Por meio do método matricial de interpolação descrito por Humes et. al. (1984, pp. 132-136), encontra-se o polinômio que nos dá a taxa de juros esperada para o período até o dia de vencimento das opções. No caso, o polinômio interpolado é dado por:

$$r(t) = -1,7637t^{12} + 5,2299t^{11} - 6,6095t^{10} + 4,6189t^9 - 1,9268t^8 + 4,7554t^7 - 6,0287t^6 + 7,6535t^5 + 8,1784t^4 + 0,0005t^2 - 0,005t + 10,6445$$

Volatilidade

O controle aqui apresentado deve ser feito em tempo real, atualizando as posições e os cálculos a cada instante. Para maior precisão das informações, faz-se uso de modelos de capitalização contínua. Nisso a equação de BSM necessita da distribuição lognormal, uma vez que admite somente retornos logarítmicos.

Define-se a volatilidade como o desvio padrão da série histórica dos retornos logarítmicos. É calculada pelo método de amortecimento exponencial da variância, atribuindo pesos decrescentes em relação à idade dos dados. A equação adotada neste trabalho para o método EWMA do cálculo da volatilidade, equivalente à apresentada em muitas bibliografias, é dada por:

$$\sigma_{n+1}^2 = (1 - \lambda)\sigma_n^2 + \lambda r_{n+1}^2$$

Aqui, utilizam-se o parâmetro $\lambda = 0,10$ e os retornos diários em um período de 252 dias úteis.

Volatilidade implícita

O modelo de Black&Scholes exige a ciência de alguns fatores para o cálculo do preço das opções. O preço a vista do ativo observado no mercado; preço de exercício e data de vencimento definidos no contrato; taxa de juros esperada até a data de vencimento obtida pela interpolação da curva de juros DI negociada na BM&F e a volatilidade esperada para o período. Exceto esse último, os outros fatores podem ser obtidos de alguma forma direta.

A volatilidade é algo subjetivo e não há elementos para obtê-la diretamente. A melhor maneira de encontrar este valor é por meio da própria expectativa do mercado. Observando os prêmios das opções praticados no mercado, pode-se chegar ao valor da volatilidade que torna este prêmio como justo. A “volatilidade implícita” é definida no escopo deste trabalho como a volatilidade futura que gera o prêmio de mercado.

A maneira de obter esta volatilidade não é simples, pois a equação de BSM, vista como uma função da volatilidade, não é inversível. Para chegar a este valor deve-se partir de um processo iterativo de tentativa e erro. Com máquinas de cálculo sofisticadas podem-se criar processos que aproximam do valor desejado. Uma maneira de chegar rapidamente à volatilidade implícita, ou seja, com poucas interações, é por meio do método de Newton-Raphson de otimização.

Ao conhecer todas as outras variáveis da equação de BSM, define-se $P(\sigma)$ o prêmio de uma opção em função da volatilidade. Considere \bar{P} o prêmio da opção em questão negociado no mercado. Define-se $\Phi(\sigma) = P(\sigma) - \bar{P}$. Assim, deve-se encontrar o valor de σ , que é raiz da equação $\Phi(\sigma) = 0$. Dessa forma, cria-se um sequência $\{\sigma_n\}$ de valores a serem testados iterativamente. Como se trata de valores monetários, adota-se uma margem de erro de 0,01, ou seja, testa-se até que $\Phi(\sigma) < 0,01$. A sequência $\{\sigma_n\}$ é dada por:

$$\sigma_{n+1} = \sigma_n - \frac{\Phi(\sigma_n)}{\Phi'(\sigma_n)} \Leftrightarrow \sigma_{n+1} = \sigma_n - \frac{P(\sigma_n) - \bar{P}}{\mathcal{V}(\sigma_n)}$$

Onde $\mathcal{V}(\sigma_n)$ é o vega da opção calculado com volatilidade igual a σ_n . Para uma referência que se aproxima da realidade, utiliza-se σ_0 como a volatilidade calculada pelos retornos logarítmicos. Dessa forma, parte-se da volatilidade histórica calculada para a volatilidade implícita esperada. Essa escolha torna o processo ainda mais rápido.

Delta financeiro

Ao fazer um contrato de compra a termo de ações é possível saber a exposição marcada a mercado. Por exemplo, carregando uma posição de compra a termo de 1.000 ações preferenciais da companhia Telemar Norte Leste S.A. (TNLP4), sabendo que o preço unitário de cada ação é R\$23,27, o valor da exposição é de R\$23.270,00. Em outras palavras, para ponto percentual que o preço da ação oscilar, seu ganho ou prejuízo será o percentual da exposição. Mas caso esteja na posição lançadora de 1.000 opções de compra de TNLP4, com vencimento em 20 de dezembro e preço de exercício em R\$20,00 (TNLPL20), - e mesmo sabendo que o prêmio desta opção é de R\$4,31 -, não é possível obter diretamente o tamanho da exposição.

Comumente gestores de carteiras realizam operações de proteção. Por exemplo, abrem exposição comprada em determinado ativo ou no próprio Ibovespa e para se proteger de eventual queda do preço vende opções em uma determinada quantidade. Nesse tipo de operação, chamada de Delta-Hedge, calcula-se o delta da opção e este valor indica quantas ações aquela opção equivale. O delta de uma opção, definido como a derivada parcial do prêmio da opção em relação ao preço do ativo, indica quanto varia o prêmio da opção em uma oscilação marginal do preço do ativo. No exemplo acima, o delta da opção TNLPL20 é de 0,93, ou seja, caso a ação oscile R\$1,00, o prêmio da opção oscila R\$0,93 no mesmo sentido. Outra interpretação é que cada op-

ção equivale a 0,93 ações. Com a relação entre a quantidade de opções e do ativo, pode-se chegar num valor financeiro representativo da exposição.

Para o cálculo dos deltas das opções que compõem uma carteira, utilizam-se os métodos já descritos por Hull (2006) e Marins (2009). Por se tratar de opções de comportamento simples (sobre ativos sem dividendos ou protegidas de dividendos), o modelo utilizado é comum aos autores citados. Define-se a exposição para cada ativo como a soma dos deltas das opções multiplicados pela quantidade e pelo valor do ativo. Caso a carteira seja composta por uma posição lançadora de 1.000 opções TNLP20 a exposição em delta é de:

$$-1000 \times 0,93 \times R\$ 23,27 = -R\$ 21.641,10$$

Da mesma forma, com uma carteira envolvendo mais diversas opções é possível obter o valor do delta financeiro. Seguem alguns exemplos para ilustrar o modelo de cálculo.

Objeto 2 – Delta Financeiro em Estratégias de Opções.

Este Objeto apresenta 3 estratégias comumente utilizadas: a compra de um Box de opções sobre PETR4, a venda de um Butterfly de opções sobre PETR4 e a compra de um Condor de opções sobre VALE5. Apresenta o delta financeiro de cada posição e o delta financeiro da carteira. Fonte: (Agência-Estado, 2010)

	CÓDIGO	QUANTIDADE	DELTA	PREÇO DO ATIVO-OBJETO	DELTA FINANEIRO
BOX	PETRA1	-1000	0,2566	R\$ 24,68	-R\$ 6.332,89
	PETRA2	1000	0,0003	R\$ 24,68	R\$ 7,40
	PETRM1	1000	-0,7433	R\$ 24,68	-R\$ 18.344,64
	PETRM2	-1000	-0,9997	R\$ 24,68	R\$ 24.672,60
BUTTERFLY	PETRL24	-1000	0,7285	R\$ 24,68	-R\$ 17.979,38
	PETRL26	2000	0,3207	R\$ 24,68	R\$ 15.829,75
	PETRL28	-1000	0,1150	R\$ 24,68	-R\$ 2.838,20
CONDOR	VALEA46	1000	0,7788	R\$ 48,43	R\$ 37.717,28
	VALEA48	-1000	0,6414	R\$ 48,43	-R\$ 31.063,00
	VALEA50	-1000	0,4919	R\$ 48,43	-R\$ 23.822,72
	VALEA52	1000	0,3395	R\$ 48,43	R\$ 16.441,99
	Total				-R\$ 5.711,81

Objeto 3– Delta Financeiro em Carteira com Opções e Ações.

Aqui é possível ver uma carteira composta por opções e ações da mesma empresa com datas de vencimentos em 20 de dezembro de 2010, 17 de janeiro de 2011 e 16 de maio de 2011. As ações disponíveis cobrem parte da exposição das ações lançadas. Fonte: (Agência-Estado, 2010)

CÓDIGO	QUANTIDADE	DELTA	PREÇO DO ATIVO-OBJETO	DELTA FINANEIRO
OGXPL21	-1000	0,5068	R\$ 20,80	-R\$ 10.541,44
OGXPA21	-2000	0,5433	R\$ 20,80	-R\$ 22.601,28
OGXPE25	-4000	0,4038	R\$ 20,80	-R\$ 33.596,16
OGXP3	1500	1,0000	R\$ 20,80	R\$ 31.200,00
Total				-R\$ 35.538,88

O **Objeto 2** nos mostra um exemplo com a compra de um *Box* e a venda de um *Butterfly* de opções sobre PETR4 e a compra de um *Condor* de opções sobre VALE5. O **Objeto 3** apresenta uma carteira composta posições lançadas de opções de compra sobre OGXP3 em diferentes datas de vencimentos e o ativo-objeto a vista. O **Objeto 4** exhibe uma carteira composta por um *Straddle* e um *Strangle* de opções sobre o Ibovespa.

Dada uma carteira composta por opções e ações, define-se como valor da carteira a marcação a mercado dos seus componentes. Já a exposição para cada ativo é operacionalizada como a soma dos deltas das opções multiplicados pela quantidade e pelo valor do ativo.

Objeto 4– Delta Financeiro em Carteira com Opções Sobre o Ibovespa.

Da mesma forma das opções sobre ações, pode-se calcular o delta financeiro de opções sobre o Ibovespa. Aqui são apresentadas duas estratégias usualmente aplicadas neste segmento, um *Straddle* e um *Strangle*. Fonte: (Agência-Estado, 2010)

	CÓDIGO	QUANTIDADE	DELTA	PREÇO DO ATIVO-OBJETO	DELTA FINANEIRO
STRADDLE	IBOVL4	-100	0,5471	R\$ 68.031,36	-R\$ 3.721.995,95
	IBOVX4	-100	-0,4470	R\$ 68.031,36	R\$ 3.041.001,99
STRANGLE	IBOVL12	-100	0,3416	R\$ 68.031,36	-R\$ 2.323.951,41
	IBOVX67	-100	-0,3534	R\$ 68.031,36	R\$ 2.404.228,42
	Total				-R\$ 600.716,95

A medida do delta financeiro apenas normaliza a exposição de uma carteira de opções. Somente ela não apresenta nenhum indicador de risco. Sua utilização é somente conhecer o tamanho da exposição da carteira. Seu sinal indica se a carteira está comprada ou vendida em relação aos ativos-objetos, nos exemplos apresentados constam somente posições vendidas.

ANÁLISE DE RESULTADOS

As operações com derivativos apresentam chamadas margem de pelo menos uma das partes. Esta margem tem a finalidade de garantir a liquidação da operação. Diariamente, elas são avaliadas para cobrir os riscos efetivos da posição do investidor. Os parâmetros utilizados para os cálculos são revisados periodicamente, anteriormente a cada 15 dias, hoje é atualizada em períodos esporádicos. (CBLC, Procedimentos Operacionais, 2010)

Mas muitas vezes essa margem requerida é pequena perto do tamanho da exposição das opções, possibilitando ao investidor realizar alavancagens em suas operações. Fazer um controle sobre essa alavancagem é uma maneira de minimizar o risco. As corretoras podem solicitar ao investidor garantias além daquelas exigidas pela bolsa (CBLC, Procedimentos Operacionais, 2010), impondo sua condição de aversão ao risco.

Como todo derivativo, opções trazem a possibilidade de alavancar uma carteira, ou seja, com um capital menor, pode-se ficar exposto num ativo mais do que se tivesse apenas a posição à vista. Desta forma, aumenta-se a rentabilidade a um custo menor. Obviamente, isso é um grande atrativo aos investidores, mas os riscos que envolvem uma operação crescem conforme a alavancagem. Uma maneira de controlar os riscos que envolvem uma carteira é justamente diminuir a alavancagem. Em reportagem publicada no jornal eletrônico O Estado de São Paulo, o ministro da Fazenda, Guido Mantega, anunciou o aumento tributário sobre investidores estrangeiros para diminuir suas alavancagens.

“Mantega disse que o estoque do volume de margem na BMF&Bovespa é de US\$ 20 bilhões e que esse montante pode lastrear US\$ 200 bilhões. ‘Veja a taxa de alavancagem!’, destacou o ministro, ao justificar a razão de estar elevando para 6% a alíquota do IOF sobre o recolhimento de margens.” (Assis & Fernandes, 2010)

A proposta do governo de aumentar o IOF sobre as margens de garantias em operações com derivativos funciona como uma maneira de exigir maior capital para permanecer numa exposição. Baseado no mesmo princípio para o monitoramento do risco, utiliza-se o controle sobre a alavancagem, controlando a razão entre a exposição em delta da carteira de opções e o patrimônio do cliente.

Obviamente, existe uma preocupação com os casos em que a alavancagem possa trazer prejuízos não controlados. Ao manter uma posição comprada em opções, o risco maior é de que as opções não sejam exercidas, isto é, “virarem pó”. Neste caso, o prejuízo assumido é igual ao prêmio pago na compra da opção. Opções *at-the-money* apresentam uma maior incerteza quanto ao seu exercício e têm uma sensibilidade maior à variação do preço do ativo. Também as opções com data de vencimento mais próxima estão mais sensíveis à volatilidade, ou seja, pequenas oscilações do preço do ativo-objeto podem trazer grande variação do prêmio.

Dentro deste contexto, estuda-se uma maneira de observar uma carteira de opções da sua exposição em relação ao ativo-objeto. Isso é relevante ao acompanhar opções de preços de exercícios diferentes. Por exemplo, as opções de compra VALEA38 e VALEA60 apresentam deltas iguais a 0,9643 e 0,0229 respectivamente. Uma posição com a primeira tem exposição cerca de 40 vezes maior que com a segunda.

Alavancagem em delta

O propósito é conhecer o valor financeiro da exposição em opções e da carteira liquidada, em condições normais e de stress. No entanto, quando há diversas opções e outros ativos em uma carteira, a análise fica mais complexa. Não se sabe o quanto influenciaria as oscilações dos ativos-objetos das opções da carteira sem uma análise mais peculiar.

Suponha-se que as chamadas de margem das posições (destacadas nos **Objeto 2**, **Objeto 3**, **Objeto 4**) tenham sido feitas em dinheiro, seus valores estimados são respectivamente R\$11.497,73, R\$18.293,28 e R\$2.349.619,18 (Cálculo de Margem - Intervalos de Margem - CM-TIMS, 2010). Pode-se adicionar essa margem ao valor de cada carteira, sendo algumas delas negativas. **Objeto 5**, **Objeto 6**, **Objeto 7** apresentam os valores das carteiras.

Objeto 5– Valor de uma Carteira com Estratégia de Opções.

Carteira Marcada a Mercado.Fonte: (Agência-Estado, 2010)

CÓDIGO	QUANTIDADE	PREÇO	TOTAL
PETRA1	-1000	R\$ 0,89	-R\$ 890,00
PETRA2	1000	R\$ 0,01	R\$ 10,00
PETRM1	1000	R\$ 1,86	R\$ 1.860,00
PETRM2	-1000	R\$ 10,78	-R\$ 10.780,00
PETRL24	-1000	R\$ 1,47	-R\$ 1.470,00
PETRL26	2000	R\$ 0,40	R\$ 800,00
PETRL28	-1000	R\$ 0,11	-R\$ 110,00
VALEA46	1000	R\$ 4,27	R\$ 4.270,00
VALEA48	-1000	R\$ 2,98	-R\$ 2.980,00
VALEA50	-1000	R\$ 1,84	-R\$ 1.840,00
VALEA52	1000	R\$ 1,05	R\$ 1.050,00
Total			-R\$ 10.080,00

Objeto 6– Valor de Carteira com Opções e Ações.

Carteira marcada a mercado. Fonte: (Agência-Estado, 2010)

CÓDIGO	QUANTIDADE	PREÇO	TOTAL
OGXPL21	-1000	R\$ 0,79	-R\$ 790,00
OGXPA21	-2000	R\$ 1,23	-R\$ 2.460,00
OGXPE25	-4000	R\$ 1,65	-R\$ 6.600,00
OGXP3	1500	R\$ 20,80	R\$ 31.200,00
Total			R\$ 21.350,00

Objeto 7– Valor de Uma Carteira com Opções Sobre o Ibovespa Carteira Marcada a Mercado.

Fonte: (Agência-Estado, 2010)

CÓDIGO	QUANTIDADE	PREÇO	TOTAL
IBOVL4	-100	R\$ 1.930,00	-R\$ 193.000,00
IBOVX4	-100	R\$ 1.210,00	-R\$ 121.000,00
IBOVL12	-100	R\$ 811,00	-R\$ 81.100,00
IBOVX67	-100	R\$ 985,00	-R\$ 98.500,00
Total			-R\$ 493.600,00

Somando o preço à margem depositada, obtém-se o valor do patrimônio do investidor. Nos exemplos apresentados no Objeto 5, Objeto 6 e Objeto 7, esses valores são, respectivamente, R\$1.387,73, R\$39.643,28 e R\$1.856.019,18. Considerando a situação atual estável, esses valores restariam em suas contas, caso seja liquidada toda a posição do investidor.

A alavancagem é definida como a razão entre o valor absoluto do delta financeiro e o patrimônio. Nesses casos, as alavancagens são, respectivamente, 4,12, 0,89 e 0,19. Claramente vemos que a alavancagem do primeiro exemplo é muito maior que as demais, ou seja, a carteira está muito mais exposta às oscilações dos preços dos ativos envolvidos.

Este indicador mostra o real valor da carteira de opções, exibindo a proporção da exposição dentro de todo o patrimônio do investidor na corretora. É fácil concluir que, caso a alavancagem seja superior a um, a exposição em opções do investidor é maior que o patrimônio total. Cabe à corretora definir um limite a este índice e fazer com que o cliente não o supere.

Por exigência normativa da BM&FBOVESPA, as corretoras devem manter processos de gerenciamento de riscos e mecanismos próprios para o monitoramento dos limites intradiários de seus clientes. (Programa de Qualificação Operacional BM&FBOVESPA, 2010) Devem ter procedimentos de estabelecimentos de limites operacionais e de exposição ao risco, com critérios objetivos e claros. Uma maneira de controlar a exposição é através do monitoramento da alavancagem.

A corretora pode definir um limite de alavancagem em opções e desenvolver sistemas que monitorem os limites atribuídos. De acordo com a aversão a risco da corretora, pode-se definir alavanca-

gem maior ou menor, ou mesmo, limites de alavancagem diferentes para cada categoria de investidor. Desse modo, a atribuição desses limites é particular para cada perfil de corretora. Ao mesmo tempo é clara e acompanha a identidade do participante.

Controle de alavancagem em delta é uma maneira de controlar os riscos sobre opções. Existem outros modos de fazer esse tipo de controle, mas envolvem conceitos mais sofisticados, que dificilmente seria claro para a maioria dos investidores. Apesar dos cálculos complexos e da necessidade de um sistema que os façam, o controle apresentado neste trabalho é simples e de fácil compreensão para os investidores.

LIMITAÇÕES DO MÉTODO

Neste modelo, não se segrega a exposição nos diferentes ativos-objeto das opções. O Objeto 2, exemplifica esta situação: há exposição nas ações preferenciais de Vale S.A. e de Petróleo Brasileiro S.A. Petrobras. A redução da exposição fica a critério do gestor da carteira. Além disso, este método não contempla outros derivativos que, eventualmente, possam compor a carteira. Caso a carteira apresentada pelo Objeto 4 também apresente exposição em contratos futuros de Ibovespa a exposição pode ser superior ou inferior. Neste caso, seriam necessárias outras ferramentas para o controle segregado e consolidado da carteira.

CONCLUSÃO

Cada vez mais as corretoras fazem um papel de controladora dos riscos. Uma vez que elas assumem a responsabilidade de garantir as liquidações perante as bolsas, mitigar os riscos envolvendo as operações com derivativos faz parte da sua rotina. Este trabalho ajuda definir um controle de exposição em opções que não comprometa as operações do investidor, mas ao mesmo tempo garanta a ciência da corretora do risco em torno das operações.

A metodologia empregada se baseia no contínuo monitoramento das carteiras. Os cálculos apresentados podem ser facilmente implementados em planilhas eletrônicas. Mas, juntamente com a marcação a mercado dos ativos, o controle de exposição e de alavancagem deve ser realizado a cada instante. Assim, é necessário investimento em sistemas mais robustos capazes de realizar os cálculos propostos de modo eficaz, gerando relatórios completos das maiores exposições, e em tempo hábil para a tomada de decisão.

Neste artigo é exposto uma maneira de controle, dentre muitos outros modelos, que serve de inspiração para criação de novos controles de riscos em derivativos. Expandindo o conceito tratado ao longo deste trabalho, pode-se pensar na criação de controles de outros tipos de opções, como opções sobre futuros ou opções exóticas, ou mesmo controles sobre outros derivativos.

Bibliografia

- Agência-Estado. (2010). *BroadCast*. São Paulo, Brasil.
- Assis, F. C., & Fernandes, A. (18 de 10 de 2010). *Governo Eleva IOF Sobre Capital Estrangeiro em Renda Fixa a 6%*. Acesso em 24 de 10 de 2010, disponível em http://economia.estadao.com.br/noticias/economia+brasil,governo-eleva-iof-sobre-capital-estrangeiro-em-renda-fixa-a-6,not_39385,0.htm.
- BM&FBOVESPA. (22 de 10 de 2010). *Cotações Online*. Acesso em 25 de 10 de 2010, disponível em <http://www2.bmf.com.br/pages/portal/bmfbovespa/boletim1/BoletimOnline1.asp?caminho=&page type=pop&Acao=BUSCA&cboMercadoria=D11>.
- BM&FBOVESPA. (22 de 10 de 2010). *Programa de Qualificação Operacional BM&FBOVESPA*. Acesso em 29 de 03 de 2010, disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/a-bmfbovespa/pqo/programa-de-qualificacao-operacional-pqo.aspx?idioma=pt-br>.
- BM&FBOVESPA. (22 de 10 de 2010). *Volatilidade dos Ativos*. Acesso em 23 de 10 de 2010, disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/volatilidade-ativos/BuscaVolatilidadeAtivos.aspx?Idioma=pt-br>.
- CBLC. (11 de 10 de 2010). *Cálculo de Margem - Intervalos de Margem - CM-TIMS*. Acesso em 24 de 10 de 2010, disponível em <http://www.cbhc.com.br/cbhc/ControleRisco/FormConsultaCmTims.asp?tit=7>.
- CBLC. (15 de 10 de 2010). *Mercados - Opções - Séries Autorizadas*. Acesso em 16 de 10 de 2010, disponível em <http://www.cbhc.com.br/cbhc/consultas/seriesautorizadas/FormMenuSeriesAutorizadas.asp?tit=6&Lang=1&Idioma=pt-br>.
- CBLC. (24 de 08 de 2010). *Procedimentos Operacionais*. Acesso em 16 de 10 de 2010, disponível em <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/regulacao/download/Procedimentos-liquidacao-gerenciamento-risco.pdf>.
- Costa, C. L. (1998). *Opções: operando a volatilidade*. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros.
- Gujarati, D. (1999). *Econometria Básica*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Hull, J. C. (2006). *Options, Futures and Others Derivatives*. New Delhi: Prentice-Hall.
- Humes, A. F., Melo, I. S., Yoshida, L. K., & Martins, W. T. (1984). *Noções de Cálculo Numérico*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Jorion, P. (2003). *Value at Risk: a Nova Fonte de Referência Para a Gestão do Risco Financeiro*. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros.
- Marins, A. C. (2009). *Mercados Derivativos e Análise de Risco*. Rio de Janeiro: MAS.
- Portugal, M. (25 de 10 de 2010). *BM&FBovespa Cria Formador de Mercado para opções de ações*. Acesso em 25 de 10 de 2010, disponível em <http://exame.com/mercados/noticias/bm-fbovespa-cria-formador-de-mercado-para-opcoes-de-acoes-2>.

Recebido em 20/06/2010 Aprovado em 10/11/2011 Disponibilizado em 28/11/11 Avaliado pelo sistema <i>double blind review</i>
