



17 de dezembro 2004  
154/2004-DG

## OFÍCIO CIRCULAR

Revogado Pelo Ofício Circular nº 069-2023-PRE, de 27 de abril de 2023

Membros de Compensação, Corretoras Associadas e Operadores Especiais

**Ref.: Sistema de Risco BM&F – Margem de Garantia para os Contratos Futuros e de Opções Americanas sobre Futuros Agropecuários.**

Prezados Senhores,

Em seqüência ao desenvolvimento do Sistema de Risco BM&F, comunicamos que serão incluídos, no módulo denominado Subsistema de Margem para Ativos Líquidos (SRL), os contratos futuros e de opções americanas sobre futuros agropecuários.

Dentre os principais benefícios decorrentes dessa implementação, destacamos a maior eficiência na apuração da margem de posições opostas em contratos futuros agropecuários da mesma mercadoria, o oferecimento de simulador de margem integrado com os demais contratos futuros e a eliminação, para as opções sobre futuros agropecuários, da necessidade de especificação de travas. Para tanto, desenvolvemos nova versão do módulo SRL. Para as opções americanas sobre futuros já tratadas pelo sistema, a nova versão propiciará maior acuidade ao cálculo de seu risco.

A metodologia empregada pelo SRL na determinação do risco dos contratos futuros baseia-se na decomposição das posições em fatores primitivos de risco (FPRs), sendo compensados os fatores de risco comuns que pertençam à mesma subcarteira de contratos. As exposições líquidas a cada um dos FPRs são avaliadas em diversos cenários de estresse, sendo a margem de garantia estabelecida com base na pior perda esperada, dados esses cenários.

No caso dos contratos futuros agropecuários, foram inseridas no sistema funcionalidades que tratam de características específicas desses contratos, como a possibilidade de liquidação física.

Bolsa de Mercadorias & Futuros

Praça Antonio Prado, 48 - Telefone: 3119-2000 - CEP 01010-901 - São Paulo - SP  
Caixa Postal, 4275 - São Paulo - Capital - CEP 01061-970

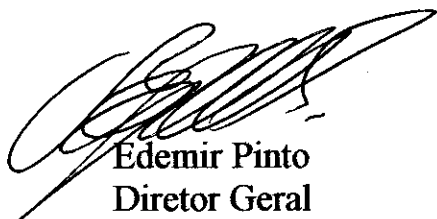
A nova metodologia para determinação do risco das opções americanas sobre contratos futuros emprega o conceito de *full valuation*, em que o valor de uma carteira de opções é analisado em diversos cenários de estresse conjuntos de preço e de volatilidade do ativo-objeto da opção, sendo reconhecidas, de forma automática, operações de trava envolvendo opções sobre o mesmo ativo-objeto com a mesma data de vencimento. A margem de garantia é definida com base nas piores perdas esperadas para cada vencimento. A utilização do conceito de *full valuation* permite capturar adequadamente os riscos inerentes às posições em opções, especialmente no que diz respeito a sua não-linearidade e a sua sensibilidade às mudanças na volatilidade de seu ativo-objeto.

As metodologias para determinação da margem de garantia dos contratos futuros e de opções sobre futuros no SRL são detalhadas nos anexos deste Ofício.

A implementação em referência será realizada em etapas: primeiramente, em 07/01/2005, para o contrato futuro de boi gordo e para o contrato futuro mini de boi gordo, possibilitando aos Arbitradores do minicontrato o *netting* para efeito de cálculo de margem das posições nos dois contratos; os demais contratos futuros e de opções agropecuários serão introduzidos no sistema em 04/02/2005, proporcionando aos participantes tempo suficiente para alterar seus sistemas.

Esclarecimentos adicionais poderão ser obtidos com as Diretorias Técnica e de Planejamento (Marco Aurélio, Álvaro, Luis Antonio e Alan) da Câmara de Derivativos (Cícero, António Marcos, Daniel Vieira e Daniel Granja) de Mercados Agrícolas (Felix e Luiz Cláudio) e com o Escritório Rio (Galvão).

Atenciosamente,



Edemir Pinto  
Diretor Geral



# **SISTEMA DE RISCO BM&F (SRB)**

**Subsistema de Margem  
para Ativos Líquidos**

**Contratos Futuros Agropecuários**

Dezembro de 2004

**Bolsa de Mercadorias & Futuros**

Praça Antonio Prado, 48 - Telefone: 3119-2000 - CEP 01010-901 - São Paulo - SP  
Caixa Postal, 4275 - São Paulo - Capital - CEP 01061-970

## 1. Introdução

Neste documento, apresenta-se a nova metodologia para a determinação do valor da margem de garantia, dentro do Sistema de Risco para Ativos Líquidos, dos contratos futuros agropecuários.

Com efeito, a BM&F implantou, em maio de 2001, o Sistema de Margem para Ativos Líquidos (SRL), o qual se baseia no conceito de teste de estresse para a definição da margem de garantia dos contratos futuros, de opções sobre futuros e a termo com ajuste diário. Na ocasião, apenas os contratos financeiros foram cobertos por essa metodologia. Assim, a proposta deste documento é estender o conceito de teste de estresse para a determinação da margem de garantia dos contratos futuros agropecuários, levando em conta as particularidades desse mercado, como entrega física e comportamento sazonal.

Este documento está organizado da seguinte forma: na seção 2, discorre-se sobre os aspectos conceituais para a decomposição dos contratos futuros em seus fatores primitivos de risco, sendo também detalhada a metodologia desenvolvida para internalizar o comportamento sazonal e o rendimento de conveniência associados aos contratos futuros agropecuários. Na seqüência, a seção 3 mostra o critério implementado para contemplar a existência de problemas de liquidez, bem como assimetria no movimento dos preços dos contratos futuros. Na seção 4, detalha-se a estrutura de risco para contemplar a entrega física. Finalmente, a seção 5 exhibe as considerações finais.

Completam este documento dois anexos. No anexo 1, demonstra-se a decomposição dos contratos em seus fatores primitivos de risco por meio da alocação financeira. O anexo 2 traz dois exemplos numéricos referentes à determinação da margem de garantia para o contrato futuro de boi gordo utilizando a metodologia descrita.

## 2. Aspectos Conceituais

Conforme colocado no documento “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Conceituais”<sup>1</sup>, o Sistema de Risco para Ativos Líquidos (SRL) emprega o conceito de avaliação do risco de uma carteira de derivativos sob um conjunto de cenários de estresse para a determinação do valor de margem de garantia. De fato, o volume de garantias depositadas por um participante junto à Clearing de Derivativos BM&F deve ser tal que possibilite, na hipótese de seu inadimplemento, o encerramento de suas posições mesmo sob condições de mercado adversas.

Os contratos futuros agropecuários possuem aspectos que os diferenciam dos ativos financeiros. Contemplar corretamente tais características é atributo necessário de um sistema de risco adequado. Dentre as características mais importantes, podem-se enumerar as principais:

---

<sup>1</sup> BM&F, abril de 2001. Para outros detalhes, recomenda-se a leitura dos documentos “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos” e “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Anexos”.



- a) existência de sazonalidade e rendimento de conveniência;
- b) liquidez e assimetria de movimento entre contratos;
- c) liquidação física.

A incorporação dessas características torna o SRL mais eficiente no controle de risco dos contratos agropecuários. Nos contratos futuros com liquidação financeira, o conceito básico da avaliação do risco, para estabelecimento da margem de garantia das posições em aberto, é o de perda máxima estimada para encerramento das posições. Para tanto, é preciso estimar o custo de liquidação da carteira (CLC) e seu risco de mercado. O custo para liquidar uma carteira representa o quanto a Clearing teria de despender para encerrar todas as posições pelos preços vigentes no mercado, ou seja, comprar as posições vendidas e vender as posições compradas, encerrando toda a posição do participante. Os contratos futuros são ajustados diariamente – ou seja, marcados a mercado – e os valores, liquidados financeiramente. Logo, por definição, seu custo de liquidação, após o ajuste, é igual a zero. O risco de mercado é a variação potencial do custo de liquidação de uma posição em certo período de tempo. Para apuração do risco de mercado, o SRL emprega o conceito de teste de estresse, ou seja, traça vários cenários e estima o risco de mercado para todos os cenários, escolhendo o pior caso, do ponto de vista do participante, como base para a chamada de margem de garantia. Nos contratos agropecuários, a perda máxima estimada de uma carteira deve contemplar, além da liquidação das posições futuras em pregão, a possibilidade de que parte dos contratos da carteira esteja no processo de liquidação física. Nesse caso, o processo para encerrar todas as posições de um cliente pode envolver operações no mercado a vista do produto, o qual pode apresentar liquidez e volatilidade diferentes do mercado futuro.

A avaliação de risco de um contrato futuro utilizando o conceito de teste de estresse é realizada a partir de sua decomposição em seus fatores primitivos de risco (FPRs). Essa decomposição é construída a partir do fato de que o contrato derivativo é um instrumento cujo preço está relacionado ao valor de outras variáveis que lhe servem de referência. De maneira breve, apresentam-se a seguir a decomposição de um contrato futuro em seus FPRs e a relevância da definição de cenários de estresse para a determinação das margens de garantia.

Considere-se que o preço de um contrato futuro agropecuário possa ser descrito pela expressão abaixo:

$$F = S \times (1 + r) \quad (2.1)$$

onde:

- $F$  = preço do contrato futuro;
- $S$  = preço a vista do ativo-objeto do contrato futuro;
- $r$  = taxa com estrutura temporal do contrato futuro.

Assume-se que  $\hat{F}$ ,  $\hat{S}$  e  $\hat{r}$  sejam os valores resultantes das variáveis acima em cenário de estresse. A variação percentual desse contrato futuro pode ser aproximada por:



$$\frac{\hat{F}}{F} - 1 \cong \ln\left(\frac{\hat{F}}{F}\right) \quad (2.2)$$

Substituindo a expressão (2.2) em (2.1), obtém-se:

$$\Delta F \cong \ln\left(\frac{\hat{F}}{F}\right) = \ln\left(\frac{\hat{S}}{S}\right) + \ln\left(\frac{1+\hat{r}}{1+r}\right) \quad (2.3)$$

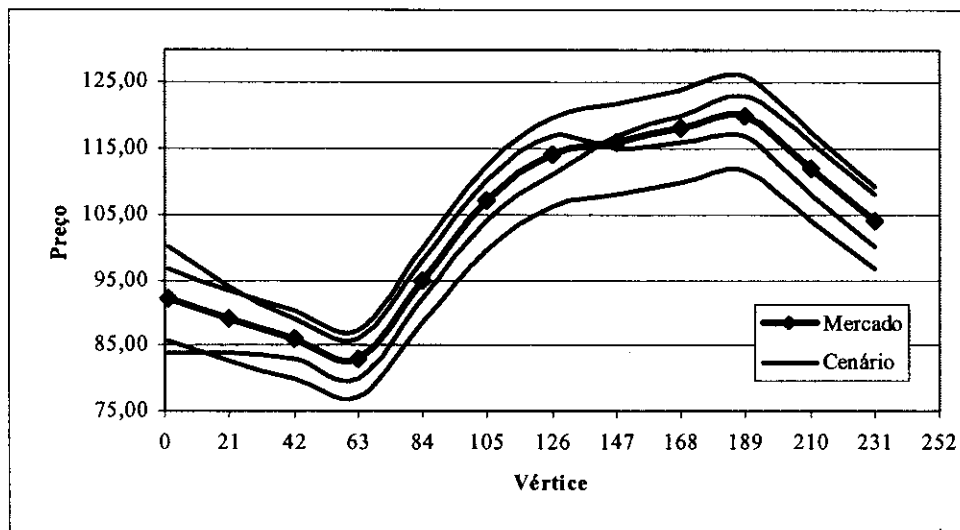
O resultado da expressão (2.3) acima representa a variação potencial no preço do contrato futuro em cenário de estresse, o qual constitui um dos termos da margem de garantia que o participante com posições em aberto deve depositar. Outro termo, específico para os contratos agropecuários com liquidação física, está associado à existência de riscos na liquidação física propriamente dita, os quais são tratados na seção 4.

A estrutura utilizada na equação (2.1) engloba uma série de especificações. Por exemplo, fosse o contrato futuro de referência o Ibovespa, os termos  $S$  e  $r$  denotariam, respectivamente, o Índice Bovespa a vista e a taxa de juro prefixada. Esse fato se deve à existência de não-arbitragem entre os mercados futuro e a vista, permitindo a obtenção de posição sintética no contrato futuro com a construção de carteira replicante no mercado a vista. No caso dos contratos futuros agropecuários, devido às propriedades intrínsecas às respectivas commodities, a estrutura temporal,  $r$ , será uma taxa formada por diversos fatores de risco, também chamados de fatores primitivos de risco (FPRs). Dentre os fatores relevantes, é possível destacar o comportamento sazonal, o rendimento de conveniência e o custo de oportunidade descrito pela taxa de juro denominada em reais, prefixada, ou denominada em dólares, cupom cambial. Contudo, diferentemente dos contratos financeiros, com frequência não é possível invocar o argumento de não-arbitragem para construir uma carteira replicante que sintetize o contrato futuro por meio de operações no mercado a vista. Dessa forma, a decomposição de um contrato futuro agropecuário, conforme expressa na equação (2.1), não é realizada de forma a excluir possibilidades de arbitragem, mas sim segundo a sistemática em que os fatores primitivos de risco sejam corretamente contemplados na mensuração do risco de uma posição.

Por conseguinte, visando, simultaneamente, a simplicidade e o atendimento de todas as características dos contratos futuros agropecuários, adota-se a estratégia de consolidar todos os fatores de risco em um único fator de risco, denominado curva futuro, que representa a estrutura temporal de preços futuros. Esse fator de risco é obtido diretamente dos preços observados no mercado futuro e, quando necessário, é estabelecido com base em modelos teóricos. Conseqüentemente, os cenários de estresse são definidos diretamente para a estrutura temporal de preços futuros, conforme exemplificado na figura 1.



**Figura 1 – Curva de Mercado e Cenários de Estresse**



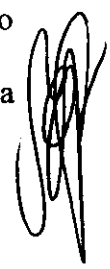
É importante ressaltar, nesse caso, que a complexidade é transferida do modelo de cálculo de risco para os procedimentos de estimação das curvas dos futuros e de determinação de cenários de estresse. Adicionalmente, em virtude da especificidade dos FPRs assim determinados, cada contrato futuro agropecuário é alocado a uma subcarteira específica, ou seja, não é permitida a compensação entre contratos futuros sobre diferentes ativos-objeto (por exemplo, álcool e bezerro).

### 3. Liquidez e Assimetria nos Movimentos dos Contratos Futuros

Alguns contratos futuros agropecuários não acompanham a movimentação de mercado e permanecem fixos ao longo de um período, caracterizando descolamento em relação ao preço de mercado. Muito embora esse problema possa ser minimizado mediante a definição, para tais vencimentos menos líquidos, de preços de ajuste baseados em modelos teóricos, essa característica tem, necessariamente, de ser considerada pelo modelo de estimação de risco do SRL. De fato, ao se ignorar esse efeito no cálculo da margem de garantia, posições opostas em futuros com diferentes reações em relação ao movimento de mercado podem gerar compensação indevida entre os contratos.

Esse problema é bastante semelhante ao que se observa em virtude de ineficiências no processo de inversão de posições nos contratos futuros. Nessa situação, falha a premissa de que, na hipótese de inadimplemento, todas as posições são revertidas dentro do mesmo cenário de estresse ou de que os preços se encontram perfeitamente arbitrados nesse momento. O mecanismo descrito a seguir é abrangente o suficiente para cobrir todos esses casos, isto é, falta de liquidez, assimetria de movimentos de preço dos contratos futuros e ineficiências no processo reversão de posições. Portanto, a aplicação desse mecanismo não se restringe aos contratos futuros agropecuários.

Conforme a seção anterior, pode-se determinar a variação no preço do contrato futuro a partir da variação de seus fatores primitivos de risco. Dessa forma, define-se:



$FPR_{j,i}^{v,c}(x)$  = função variação do *j*-ésimo FPR com vértice *v* no cenário *c* para o *i*-ésimo contrato.

Segundo essa notação, o risco de um contrato futuro pode ser calculado como:

$$Risco = \sum_j \text{Mín} \left( \sum_i \sum_v FPR_{j,i}^{v,c}(x), \sum_i \sum_v FPR_{j,i}^{v,c+1}(x), \dots, \sum_i \sum_v FPR_{j,i}^{v,c+n}(x) \right) \quad (3.1)$$

O mecanismo de controle de compensação de riscos entre contratos, que implementa as características mencionadas de falta de liquidez, assimetria de movimentos de preços dos contratos futuros e ineficiências no processo de reversão de posições, determina que as variações positivas teóricas (ganhos) associadas a cada FPR não se realizam em sua totalidade. Isso equivale a dizer que apenas um percentual menor ou igual a 100% é considerado no caso de variações positivas de cada FPR considerado. Logo, tem-se que:

$$FPR_{j,i}^{v,c}(x) = \begin{cases} \alpha(i) \times x, & \text{se } x > 0 \\ x & , \text{ se } x < 0 \end{cases} \quad (3.2)$$

onde:

$x$  = variação financeira associada ao FPR *j* no cenário de estresse *c* com vértice *v* para o *i*-ésimo contrato;

$\alpha(i)$  = percentual de compensação do *i*-ésimo contrato futuro,  $0 \leq \alpha(i) \leq 1$ .

Desse modo, o parâmetro  $\alpha$  determina o grau de compensação entre os contratos com diferentes reações aos movimentos de mercado.

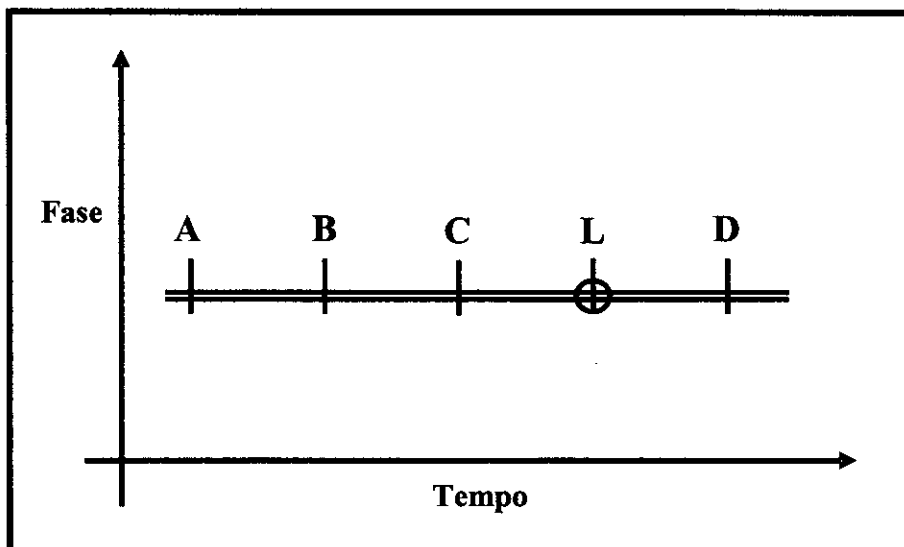
#### 4. Cálculo do Risco em Cada uma das Fases de um Contrato Agropecuário

Segundo a seção 2, a possibilidade de liquidar fisicamente um contrato gera riscos potenciais para a Clearing de Derivativos que não existem nos futuros com liquidação exclusivamente financeira. Com o intuito de complementar o conceito de perda máxima estimada nas operações realizadas no pregão com aquelas oriundas da liquidação física, são mapeadas a seguir as fontes de risco da liquidação física, bem como a maneira de internalizar seu risco no valor da margem requerida do participante.

Em geral, os riscos estão relacionados à etapa em que o contrato se encontra até sua liquidação. Logo, o modo encontrado para mapear os riscos envolvidos foi decompor os contratos consoante a fase em que ele se encontra, sendo que o cálculo do risco e, em consequência, da margem de garantia deve refletir as particularidades do período. Uma forma direta para decompor as fases de um contrato futuro agropecuário é mostrada na figura 2.



**Figura 2 – Fases de um Contrato Agropecuário**



Onde:

- A = início de negociação do contrato;
- B = início do período de entrega;
- C = alocação do aviso de entrega;
- L = vencimento do contrato;
- D = liquidação do contrato.

É fácil perceber que, do início da negociação do contrato futuro ao início do período de alocação do aviso de entrega, a perda máxima estimada está associada a operações unicamente realizadas em pregão, as quais são liquidadas financeiramente. O início do período de entrega, entretanto, cria riscos adicionais oriundos da possibilidade de se liquidar fisicamente um contrato. Com o propósito de contemplar corretamente os riscos envolvidos na liquidação física, separa-se a análise em dois instantes, representados pelo início do período de entrega e pela alocação do aviso de entrega. Nas subseções que seguem, demonstram-se os mecanismos adicionais implementados no SRL para cada uma dessas fases.

#### 4.1 Início do Período de Entrega

O contrato futuro agropecuário, ao ingressar no período de entrega, permite ao participante, se o desejar, alocar o aviso de entrega, que determina quantos contratos serão liquidados fisicamente. Quando isso ocorre, surge o risco potencial de que um dos participantes se torne, por alguma razão, inadimplente, com a BM&F tendo de utilizar o mercado a vista para liquidar a respectiva posição. Nessa circunstância, a ocorrência de *backwardation* e, concomitantemente, de inadimplimento do participante com posição vendida implicaria custo adicional não previsto pela margem de garantia calculada de acordo com os critérios estabelecidos apenas para a liquidação financeira<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Com as devidas alterações, a lógica é a mesma na ocorrência de *contango* e com posição comprada.



Com isso, é necessário um valor adicional cujo objetivo seja, exclusivamente, contemplar esses casos. Esse valor é calculado como um percentual sobre a exposição financeira do fator primitivo de risco a vista para todos os contratos que estão em período de entrega. Algebricamente, o cálculo do fator adicional é efetuado como:

$$F_{Entrega} = (1 + H) \times PA_t \times M \times n \times \delta \quad (4.1)$$

onde:

$H$  = percentual de *hedger*;

$PA_t$  = preço de ajuste do contrato em questão; caso o contrato tenha vencido, será utilizado o último preço de ajuste;

$M$  = tamanho do contrato;

$n$  = número de contratos em aberto em período de entrega (em módulo);

$\delta$  = percentual referente ao potencial descasamento entre o mercado físico e o mercado futuro para o contrato em questão durante a fase de liquidação física.

Portanto, todos os contratos que ingressam no período de entrega têm sua margem acrescida do valor correspondente ao fator de período de entrega. Destaca-se que esse valor é cobrado até a concretização da liquidação física. Uma vez que a liquidação física pode, no limite, ocorrer após o vencimento do contrato, o fator de período de entrega será cobrado mesmo que o contrato tenha vencido. Neste último caso, o preço de ajuste necessário ao cálculo da exposição financeira utilizará o preço de ajuste da data de vencimento do contrato.

#### 4.2 Alocação do Aviso de Entrega

Com a alocação do aviso de entrega, tem início a liquidação física, a qual será finalizada quando os participantes cumprirem suas obrigações na cadeia de liquidação, o que pode ocorrer, no limite, após o vencimento do contrato.

Novamente, existe a possibilidade de um participante solicitar a entrega física e, por algum motivo, tornar-se inadimplente. Nessa situação, a Clearing pode ser obrigada a liquidar a posição do participante no mercado físico e incorrer no risco de diferenças de liquidez entre os mercados futuro e a vista. Portanto, será cobrado fator adicional, expresso pela equação (4.1), como na circunstância em que o contrato ingressa no período de entrega.

Adicionalmente, ao alocar um contrato para a liquidação física, não se realiza mais sua marcação a mercado. Por conseguinte, não é permitida a compensação entre contratos que estejam em liquidação física com os demais contratos futuros, qualquer que seja seu vencimento. O contrato em liquidação física será, então, alocado para uma subcarteira na qual não será possível sua compensação com nenhum outro contrato, nela permanecendo até a concretização da liquidação física.

Ademais, vale salientar que não existe compensação entre posições compradas e vendidas em entrega física, havendo, nesse caso, soma de riscos. Este último procedimento deve-se, essencialmente, ao fato de que cada aviso pode ser liquidado em data diferente dentro do período estabelecido pela BM&F para a liquidação física.



## **5. Considerações Finais**

Objetivando a correta mensuração dos riscos e, ao mesmo tempo, a eficiência na alocação dos recursos dos participantes, este documento apresentou a nova metodologia para determinação da margem de garantia dos contratos futuros agropecuários. O modelo de cálculo dos valores de margem de garantia para esses contratos propicia ganho qualitativo à BM&F, no que tange à administração de riscos.

São várias as vantagens que essa ferramenta oferece à mensuração do risco de mercado dos futuros agropecuários. Dentre as principais, destacam-se:

1. reconhecimento da existência do componente sazonal e do rendimento de conveniência;
2. compensação limitada entre contratos com diferentes reações ao movimento de mercado;
3. incorporação dos riscos envolvidos no período de entrega no cálculo da margem de garantia.

Diante dessas características, foi necessário desenvolver mecanismos para a correta mensuração de risco, os quais não estão presentes na atual versão do SRL. Entretanto, a despeito dos aspectos particulares dos contratos futuros agropecuários, preservou-se a estrutura principal da avaliação de risco, para efeito de margem das posições em aberto.



## Anexo 1

### Decomposição dos Contratos Futuros Agropecuários

#### A. Variáveis Consideradas

Na seqüência, encontram-se os códigos utilizados para a decomposição dos contratos futuros em sua exposição financeira expressa em reais<sup>3</sup>.

<i>CFA</i>	=	curva a futuro do açúcar;
<i>CFL</i>	=	curva a futuro do álcool;
<i>CFG</i>	=	curva a futuro do algodão;
<i>CFB</i>	=	curva a futuro do boi;
<i>CFE</i>	=	curva a futuro do bezerro;
<i>CFC</i>	=	curva a futuro do café arábica;
<i>CFR</i>	=	curva a futuro do café robusta;
<i>CFM</i>	=	curva a futuro do milho;
<i>CFS</i>	=	curva a futuro da soja;
<i>PA<sub>t</sub></i>	=	preço de ajuste do contrato futuro em questão;
<i>n</i>	=	número de contratos;
<i>M</i>	=	tamanho do contrato;
<i>j</i>	=	vértice imediatamente anterior, ou igual, ao vencimento do contrato;
<i>j+1</i>	=	vértice imediatamente posterior, ou igual, ao vencimento do contrato;
<i>TC</i>	=	taxa de câmbio referencial BM&F;
<i>H</i>	=	percentual de <i>hedger</i> ;
<i>α</i>	=	fator de distribuição entre vértices.

#### B. Decomposição dos Contratos Futuros Agropecuários

Descrevem-se a seguir as fórmulas para a decomposição dos contratos futuros agropecuários em seus fatores primitivos de risco, por meio da alocação de quantidades financeiras. As fórmulas estão expressas de tal forma que representem a exposição de uma posição comprada no respectivo contrato futuro; para as posições vendidas, basta multiplicar cada um dos termos por -1.

#### Contrato Futuro de Açúcar Cristal Especial

FPR	Quantidade Financeira
<i>CFA<sub>j</sub></i>	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$
<i>CFA<sub>j+1</sub></i>	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$

<sup>3</sup> Para outros detalhes sobre a decomposição em FPRs, recomenda-se a leitura do documento "Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos".



**Contrato Futuro de Álcool Anidro Carburante**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFL_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$
$CFL_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$

**Contrato Futuro de Algodão**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFG_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$
$CFG_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$

**Contrato Futuro de Boi Gordo Denominado em Reais**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFB_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$
$CFB_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$

**Contrato Futuro de Bezerro**


<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFE_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$
$CFE_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$

**Contrato Futuro de Café Arábica**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFC_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$
$CFC_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$

**Contrato Futuro de Café Robusta Conillon**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFR_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$
$CFR_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$



**Contrato Futuro de Milho em Grão a Granel Denominado em Reais**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFM_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$
$CFM_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M$

**Contrato Futuro de Soja em Grão a Granel**

<b>FPR</b>	<b>Quantidade Financeira</b>
$CFS_j$	$\alpha \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$
$CFS_{j+1}$	$(1 - \alpha) \times (1 + H) \times PA_t \times n \times M \times TC$



## Anexo 2 Exemplos Numéricos

### A. Dois Exemplos Numéricos Empregando o Contrato Futuro de Boi Gordo

Neste anexo, apresentam-se dois exemplos da utilização da nova metodologia para a determinação das margens de garantia, utilizando o contrato futuro de boi gordo para posições individuais e opostas. É importante observar que todos os dados empregados são **hipotéticos** e que, por razões meramente didáticas, foram empregados apenas cenários relativos a deslocamentos paralelos na curva de preços futuros.

### B. Carteira 1 – Compra em 100 Contratos de Boi (BGI) Vencimento DEZA

Com base nessa carteira, mostra-se como é feito o mapeamento de um contrato agrícola segundo a nova metodologia.

Carteira							
Mercado	Mercadoria	Série Vecto.	Qtde. (n)	Posição	DU	Preço Futuro	Fator Compensação
			Tamanho (M)		DC		
FUT	BOI	DEZA	100	C	26	64,79	0,5
			330		36		

A exposição financeira do contrato em seus FPRs é:

Mapeamento		
FPR	Vértice	Qtde. Financeira
CFB	42	509.064,29
	21	1.629.005,71

O cálculo das variações das quantidades financeiras em cenário de estresse é dado por:

Variação					
FPR	Contrato	Vértice	Cenário	Variação	$FPR_{j,i}^{v,c}(x)$
CFB	DEZA	21	C(1)	57.015,20	28.507,60
CFB	DEZA	21	(0)	0,00	0,00
CFB	DEZA	21	C(2)	-57.015,20	-57.015,20
CFB	DEZA	42	C(1)	17.817,25	8.908,63
CFB	DEZA	42	C(0)	0,00	0,00
CFB	DEZA	42	C(2)	-17.817,25	-17.817,25



A consolidação dos vértices para cada FPR fornece:

Consolidação		
FPR	Cenário	Valor
CFB	C(1)	37.416,23
CFB	C(0)	0,00
CFB	C(2)	-74.832,45
<b>MENOR</b>		<b>-74.832,45</b>

A margem de garantia é calculada a partir das piores variações consolidadas:

<b>Margem</b>	<b>74.832,45</b>
---------------	------------------

**C. Carteira 2 – Comprada em 100 Contratos de Boi (BGI) Vencimento DEZ4 e Venda em 100 Contratos de Boi (BGI) Vencimento JAN4**

Com base nessa carteira, demonstra-se como é calculado o risco de uma carteira formada por dois contratos futuros de BGI com posições opostas em diferentes vencimentos.

Carteira							
Mercado	Mercadoria	Série Vecto.	Qtde. (n)	Posição	DU	Preço Futuro	Fator Compensação
			Tamanho (M)		DC		
FUT	BOI	JAN5	100	V	48	65,45	0,5
			330		68		
FUT	BOI	DEZ4	100	C	26	64,79	0,5
			330		36		

A exposição financeira de cada contrato em seus FPRs é:

Mapeamento		
FPR	Vértice	Qtde. Financeira
CFB	42	-1.542.750,00
	63	-617.100,00
CFB	42	509.064,29
	21	1.629.005,71

O cálculo das variações das quantidades financeiras em cenário de estresse, considerando o percentual de compensação de 50% entre as variações, é expresso por:



Variação					
FPR	Contrato	Vértice	Cenário	Variação	$FPR_{j,d}^{v,c}(x)$
CFB	JAN5	42	C(1)	-53.996,25	-53.996,25
CFB	JAN5	42	C(0)	0,00	0,00
CFB	JAN5	42	C(2)	53.996,25	26.998,13
CFB	JAN5	63	C(1)	-21.598,50	-21.598,50
CFB	JAN5	63	C(0)	0,00	0,00
CFB	JAN5	63	C(2)	21.598,50	10.799,25
CFB	DEZ4	21	C(1)	57.015,20	28.507,60
CFB	DEZ4	21	C(0)	0,00	0,00
CFB	DEZ4	21	C(2)	-57.015,20	-57.015,20
CFB	DEZ4	42	C(1)	17.817,25	8.908,63
CFB	DEZ4	42	C(0)	0,00	0,00
CFB	DEZ4	42	C(2)	-17.817,25	-17.817,25

A consolidação das posições para cada um dos FPRs é realizada como:

Consolidação		
FPR	Cenário	Valor
CFB	C(1)	-38.178,52
CFB	C(0)	0,00
CFB	C(2)	-37.035,07
<b>MENOR</b>		<b>-38.178,52</b>

A margem de garantia é calculada a partir das piores variações da carteira com as posições consolidadas:

<b>Margem</b>	<b>38.178,52</b>
---------------	------------------





# **SISTEMA DE RISCO BM&F (SRB)**

**Subsistema de Margem  
para Ativos Líquidos**

**Opções Americanas sobre Futuros**

Dezembro de 2004

**Bolsa de Mercadorias & Futuros**

Praça Antonio Prado, 48 - Telefone: 3119-2000 - CEP 01010-901 - São Paulo - SP  
Caixa Postal, 4275 - São Paulo - Capital - CEP 01061-970

## 1. Introdução

Este documento traz a nova metodologia para a determinação do valor da margem de garantia, dentro do Sistema de Risco para Ativos Líquidos (SRL), dos contratos de opções do modelo americano sobre contratos futuros<sup>1</sup>. Essa metodologia baseia-se no conceito de *full valuation*, em que as posições em opções são avaliadas em cenários conjuntos dos fatores de risco determinantes do preço dessas opções. A principal vantagem relacionada ao emprego dessa metodologia reside em sua capacidade de capturar, de forma precisa, a característica de não-linearidade das opções, apresentando desempenho superior às metodologias que empregam aproximações do tipo delta-gama-vega.

Complementando a metodologia de *full valuation*, implementou-se o modelo de apreçamento de opções via árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), que determina resultados mais precisos para o tipo de opção em questão.

Finalmente, a metodologia prescinde do procedimento de “especificação de travas”, posto que posições opostas são reconhecidas automaticamente.

Este documento está dividido da seguinte forma: na seção 2, trata-se dos aspectos conceituais relacionados à nova metodologia de apuração de margem de garantia para opções americanas sobre futuros. Em seguida, mostra-se o modelo de *full valuation* e como é empregado na definição do risco de posições em opções. Na seção 4, detalha-se o procedimento de consolidação desses riscos e, na seção 5, apresenta-se o cálculo da margem mínima. A seção 6 discorre sobre como os elementos exibidos nas seções anteriores são usados no estabelecimento do valor da margem de garantia.

Completam este documento três anexos. No primeiro, constam os principais modelos de apreçamento de opções; no segundo, designam-se os modelos a serem utilizados para cada contrato de opção americana sobre futuro atualmente negociado na BM&F; e, no terceiro, é oferecido exemplo numérico.

## 2. Aspectos Conceituais

Conforme discutido no documento “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Conceituais”<sup>2</sup>, o Sistema de Risco para Ativos Líquidos (SRL) emprega o conceito de avaliação do risco de uma carteira de derivativos sob um conjunto de cenários de estresse para a determinação de seu valor de margem de garantia. De fato, o volume de garantias depositadas por um participante junto à Clearing de Derivativos BM&F deve ser tal que possibilite, na hipótese de seu inadimplemento, o encerramento de suas posições mesmo sob condições de mercado adversas.

Diferentemente dos contratos futuros – que, em decorrência do mecanismo de ajuste diário, possuem valor de mercado igual a zero –, o encerramento de posição em opções envolve um custo de liquidação, já vez que seu valor de mercado é usualmente<sup>3</sup> diferente de zero.

<sup>1</sup> Para maior clareza, ao longo deste texto, o termo “opção” será empregado sempre como forma abreviada de “opção americana sobre futuro”.

<sup>2</sup> BM&F, abril de 2001. Para outros detalhes, recomenda-se a leitura dos documentos “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos” e “Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Anexos”.

<sup>3</sup> Opções muito fora do dinheiro têm valor de mercado muito próximo de zero. O valor da margem de garantia dessas opções é definido com base no valor de margem mínima descrito adiante.



Assim, define-se custo de liquidação (CLC) de uma posição em opções como o valor a ser pago (CLC positivo) ou a ser recebido (CLC negativo) quando da liquidação, a preços de mercado, dessa posição. Em tese, esses preços de mercado poderiam ser estabelecidos com base nos preços observados, por exemplo, no encerramento de cada pregão. No entanto, evidências empíricas revelam que opções muito fora do dinheiro ou muito dentro do dinheiro tendem a apresentar liquidez reduzida, o que se traduz em longos períodos com ausência de negociação e, conseqüentemente, com preços de mercado defasados.

Ademais, mesmo opções mais líquidas podem ter problemas pontuais de liquidez. Logo, para a determinação do CLC de uma posição em opções, optou-se pela utilização de modelos de apreçamento de opções como o de Black e Scholes (1973), o de Black (1976), o de Garman e Kolhagen (1983) e o binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979). Segundo detalhado na próxima seção, esses modelos utilizam preços e taxas observados no mercado e, quando disponível, a superfície de volatilidade implícita das opções mais líquidas, para a determinação do CLC de uma posição em opções.

O risco de uma posição em opções, por sua vez, é definido como a variação esperada no preço de mercado dessa posição dada a ocorrência de cenário de estresse associado a seus fatores de risco. Esses fatores de risco, também chamados de fatores primitivos de risco (FPRs), correspondem aos preços e às taxas empregados pelos modelos de apreçamento de opções utilizados na determinação do CLC das posições em opções. Diferentemente do cálculo do risco de posições em contratos futuros, em que são considerados os cenários para cada FPR de maneira isolada, cada cenário para a avaliação do risco das posições em opções estabelece um conjunto de valores possíveis para todos os FPRs. Com efeito, esta é uma das características mais importantes do modelo de *full valuation*.

Em geral, o Sistema de Risco para Ativos Líquidos conjuga o CLC de uma posição em opções com seu risco, dado pelas variações esperadas no preço de mercado dessa posição levando-se em conta um conjunto de cenários de estresse, a fim de estabelecer o valor de sua margem de garantia. Consoante a seção 4, os riscos das várias posições em opções sobre o mesmo ativo-objeto podem ser compensados dentro do mesmo vencimento e, em situações específicas e conforme determinação do Comitê de Risco da BM&F, dentro de diferentes vencimentos, no caso de vencimentos mais longos. Adicionalmente, as posições em opções sobre mercadorias distintas (como os contratos futuros de Ibovespa, de café e de dólar) são tratadas em subcarteiras separadas, não sendo, portanto, permitida a compensação de riscos entre posições em opções sobre diferentes mercadorias. Nos termos do documento "Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos", a margem de garantia de uma carteira é dada pela soma das margens das subcarteiras que a compõem. Assim, para maior clareza, ao longo deste documento, será detalhado o caso particular do procedimento de cálculo para uma única mercadoria. O caso mais geral, em que existem várias mercadorias envolvidas, ocorre pela simples soma das margens das subcarteiras.

Apesar de possuírem FPRs comuns, a compensação de riscos entre contratos futuros e de opções não pode ser implementada de modo trivial sem que a Clearing de Derivativos incorra em risco de descasamento de fluxos de caixa. Esse risco existe porque os ganhos e as perdas com a marcação a mercado são, no mercado futuro, traduzidos em fluxos de caixa diários, ao passo que, no caso das opções, o valor de mercado da posição aumenta ou diminui, não existindo, porém, geração de fluxos de caixa.



É fácil perceber que, na hipótese de inadimplemento, o valor de um ajuste devedor relativo ao mercado futuro não poderá ser imediatamente coberto por eventual ganho em posição oposta em opções. Deveras, somente depois de configurado o inadimplemento, a Clearing de Derivativos poderá liquidar a posição em opções a mercado ou exercê-las. Nessa situação, o ganho com a liquidação ou o exercício das opções somente gerará recursos no dia útil seguinte, tendo a Clearing, por conseguinte, de financiar o pagamento do ajuste devedor referente ao mercado futuro durante esse período. Vale notar, todavia, que essa forma de financiamento é vedada pelo Comitê de Risco como premissa para os sistemas de risco da BM&F. Além disso, é importante salientar, ainda nesse exemplo, que as condições de mercado que produziram o ajuste devedor correspondente ao mercado futuro ( $D-1$  do inadimplemento) podem não ser as mesmas da liquidação ou do exercício das opções ( $D+0$  do inadimplemento), ou seja, deve-se considerar igualmente a hipótese de cenários em “zigzague”.

Por essas razões, a metodologia aqui colocada não contempla a compensação entre riscos de posições em contratos futuros e opções.

### 3. Modelo de *Full Valuation* e Cálculo dos Riscos das Posições em Opções

O modelo de *full valuation* baseia-se no apreçamento das posições em opções para cada cenário de estresse. Uma vez que uma opção listada (negociada em pregão) sobre determinado ativo-objeto pode ser perfeitamente identificada por seu vencimento e série, adotar-se-á essa convenção no decorrer desta e das demais seções deste documento.

Logo, para cada cenário de estresse  $i$ , o valor de uma posição em opção de vencimento  $j$  e série  $k$  desse vencimento é dado por:

$$VF(i)_{j,k} = f \left( F(i)_{j,k}; K_{j,k}; rf(i)_{j,k}; t_{j,k}; \sigma(i)_{j,k} \right) \times Q_{j,k} \times M_{j,k} \times C_{j,k} \quad (3.1)$$

onde:

- $VF(i)_{j,k}$  = valor financeiro da posição em opções de vencimento  $j$ , série  $k$ , no cenário  $i$ ;
- $f()$  = modelo de apreçamento da opção;
- $F(i)_{j,k}$  = preço do ativo-objeto (contrato futuro) da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ , no cenário  $i$ ;
- $K_{j,k}$  = preço de exercício da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ ;
- $rf(i)_{j,k}$  = taxa de juro livre de risco no cenário  $i$  empregada pelo modelo de apreçamento da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ ;
- $t_{j,k}$  = prazo para a maturidade da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ ;
- $\sigma(i)_{j,k}$  = volatilidade do ativo-objeto da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ , no cenário  $i$ ;
- $Q_{j,k}$  = número de contratos detidos da opção de vencimento  $j$ , série  $k$  ( $Q_{j,k} > 0$ , posição comprada;  $Q_{j,k} < 0$ , posição vendida);
- $M_{j,k}$  = multiplicador (tamanho do contrato) da opção de vencimento  $j$ , série  $k$ ;
- $C_{j,k}$  = fator de correção ou taxa de câmbio associada à opção de vencimento  $j$ , série  $k$ , quando aplicável.

As funções de apreçamento  $f()$  estão detalhadas no anexo 1. Os preços dos contratos futuros nos cenários de estresse empregados pelo modelo de *full valuation* são



estabelecidos de acordo com os cenários de estresse para seu ativo-objeto. Assim, o preço do contrato futuro no  $i$ -ésimo cenário de estresse é calculado pela seguinte fórmula:

$$F(i)_{j,k} = F(0)_{j,k} \times \left( \frac{S(i)}{S(0)} \right) \quad (3.2)$$

Na fórmula (3.2),  $S(0)$  e  $S(i)$  correspondem, respectivamente, ao preço no cenário de mercado e ao preço no cenário  $i$  do FPR preço spot do ativo-objeto do contrato futuro em questão, cujo preço de mercado é dado por  $F(0)_{j,k}$ .

Os cenários para a volatilidade do ativo-objeto da opção são construídos com base em deslocamentos paralelos na superfície de volatilidade observada no mercado. Quando essa superfície não puder ser determinada, será utilizada a volatilidade histórica do ativo-objeto da opção estimada segunda a metodologia Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) descrita na fórmula a seguir:

$$\sigma_{Dia} = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{k=1}^n (\lambda^{n-k} - r_k^2)} \quad (3.3)$$

onde:

- $\lambda$  = fator de decaimento igual a 0,94;
- $n$  = número de observações empregadas;
- $r_k$  =  $k$ -ésimo retorno, apurado com base diária, do ativo-objeto da opção.

No caso específico de opções sobre futuros, pode-se, por simplificação, assumir que o custo de carregamento e o rendimento de conveniência não são estocásticos. Nessa circunstância, os  $r_k$  retornos referem-se aos retornos do ativo-objeto do contrato futuro. Por convenção, os modelos de apreçamento de opções utilizam a volatilidade anualizada do ativo-objeto, que é definida pela fórmula:

$$\sigma_{Ano} = \sigma_{Dia} \sqrt{252} \quad (3.4)$$

Adotando a convenção que o cenário de mercado (corrente) corresponde ao cenário zero, tem-se que:

$$CLC_{j,k} = -f\left(F(0)_{j,k}; K_{j,k}; rf(0)_{j,k}; t_{j,k}; \sigma(0)_{j,k}\right) \times Q_{j,k} \times M_{j,k} \times C_{j,k} \quad (3.5)$$

A variação esperada, no cenário  $i$ , do preço de mercado de uma posição no contrato de opção de vencimento  $j$  e série  $k$  desse vencimento é dada por:

$$VA(i)_{j,k} = \left( f\left(F(i)_{j,k}; K_{j,k}; rf(i)_{j,k}; t_{j,k}; \sigma(i)_{j,k}\right) - f\left(F(0)_{j,k}; K_{j,k}; rf(0)_{j,k}; t_{j,k}; \sigma(0)_{j,k}\right) \right) \times Q_i \times M_i \times C_i \quad (3.6)$$



Ou, de forma equivalente:

$$VA(i)_{j,k} = f\left(F(i)_{j,k}; K_{j,k}; rf(i)_{j,k}; t_{j,k}; \sigma(i)_{j,k}\right) \times Q_{j,k} \times M_{j,k} \times C_{j,k} + CLC_{j,k} \quad (3.7)$$

Para uma posição genérica composta por  $nv$  vencimentos distintos, sendo cada vencimento  $j$  composto por  $ns(j)$  séries de opções de compra e de venda sobre a mercadoria  $M$ , a subcarteira de opções pode ser representada consoante a tabela 1.

**Tabela 1 – Representação de uma Subcarteira de Opções**

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Quantidade	Tipo	Preço Ativo-objeto	Preço de Exercício	Preço da Opção	CLC
OPCFUT	$M$	$V_1; S_{1,1}$	$Q_{1,1}$	C/P	$F_1$	$K_{1,1}$	$P_{1,1}$	$CLC_{1,1}$
OPCFUT	$M$	$V_1; S_{1,2}$	$Q_{1,2}$	C/P	$F_1$	$K_{1,2}$	$P_{1,2}$	$CLC_{1,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	$M$	$V_1; S_{1,ns(1)}$	$Q_{1,ns(1)}$	C/P	$F_1$	$K_{1,ns(1)}$	$P_{1,ns(1)}$	$CLC_{1,ns(1)}$
OPCFUT	$M$	$V_2; S_{2,1}$	$Q_{2,1}$	C/P	$F_2$	$K_{2,1}$	$P_{2,1}$	$CLC_{2,1}$
OPCFUT	$M$	$V_2; S_{2,2}$	$Q_{2,2}$	C/P	$F_2$	$K_{2,2}$	$P_{2,2}$	$CLC_{2,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	$M$	$V_2; S_{2,ns(2)}$	$Q_{2,ns(2)}$	C/P	$F_2$	$K_{2,ns(2)}$	$P_{2,ns(2)}$	$CLC_{2,ns(2)}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	$M$	$V_{nv}; S_{nv,1}$	$Q_{nv,1}$	C/P	$F_{nv}$	$K_{nv,1}$	$P_{nv,1}$	$CLC_{nv,1}$
OPCFUT	$M$	$V_{nv}; S_{nv,2}$	$Q_{nv,2}$	C/P	$F_{nv}$	$K_{nv,2}$	$P_{nv,2}$	$CLC_{nv,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	$M$	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	$Q_{nv,ns(nv)}$	C/P	$F_{nv}$	$K_{nv,ns(nv)}$	$P_{nv,ns(nv)}$	$CLC_{nv,ns(nv)}$

Nessa tabela, posições compradas são representadas por quantidades positivas e posições vendidas, por quantidades negativas. A coluna “tipo” indica se a série da opção é de compra (*call*) ou de venda (*put*); os CLCs são dados pela fórmula (3.5).

Para o cálculo do risco dessa carteira de opções, deve ser determinada a variação no preço de mercado de cada uma das opções nos cenários de estresse indicados para os fatores de risco dessas opções. Conforme a seção 2, esses cenários de estresse proporcionam um conjunto de valores possíveis para os FPRs envolvidos no cômputo do risco das posições em opções. No caso específico das opções sobre futuros, podem-se considerar cenários de variação no preço do ativo-objeto do contrato futuro e de sua volatilidade.

A tabela 2 exemplifica três cenários possíveis para o preço do ativo-objeto do contrato futuro e três cenários possíveis para sua volatilidade, resultando em nove cenários conjuntos.



Tabela 2 – Cenários Conjuntos de Preço a Vista e Volatilidade

Cenário	Ativo-objeto	Volatilidade
C(0)	$S_0$	$\sigma_0$
C(1)	$S_0$	$\sigma_0 \times (1 - rv^*)$
C(2)	$S_0$	$\sigma_0 \times (1 + rv^*)$
C(3)	$S_0 \times (1 - rs^*)$	$\sigma_0 \times (1 - rv^*)$
C(4)	$S_0 \times (1 - rs^*)$	$\sigma_0$
C(5)	$S_0 \times (1 - rs^*)$	$\sigma_0 \times (1 + rv^*)$
C(6)	$S_0 \times (1 + rs^*)$	$\sigma_0 \times (1 - rv^*)$
C(7)	$S_0 \times (1 + rs^*)$	$\sigma_0$
C(8)	$S_0 \times (1 + rs^*)$	$\sigma_0 \times (1 + rv^*)$

Nessa tabela,  $S_0$  e  $\sigma_0$  correspondem, respectivamente, ao preço do ativo-objeto do contrato futuro e a sua volatilidade no cenário de mercado (valores correntes). Os fatores  $rs^*$  e  $rv^*$  designam os cenários de estresse do preço do ativo-objeto do contrato futuro e de sua volatilidade.

As variações nas posições em opções podem, então, ser computadas por meio da fórmula (3.6) para cada uma das posições em cada um dos cenários englobados, segundo exhibe a tabela 3.


 A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long tail, located on the right side of the page.

**Tabela 3 – Variações das Posições nos Cenários Considerados**

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Cenário	Preço da Opção	Financeiro	Varição
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(0)	$P(0)_{1,1}$	$VF(0)_{1,1}$	$VA(0)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(1)	$P(1)_{1,1}$	$VF(1)_{1,1}$	$VA(1)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(2)	$P(2)_{1,1}$	$VF(2)_{1,1}$	$VA(2)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(3)	$P(3)_{1,1}$	$VF(3)_{1,1}$	$VA(3)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(4)	$P(4)_{1,1}$	$VF(4)_{1,1}$	$VA(4)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(5)	$P(5)_{1,1}$	$VF(5)_{1,1}$	$VA(5)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(6)	$P(6)_{1,1}$	$VF(6)_{1,1}$	$VA(6)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(7)	$P(7)_{1,1}$	$VF(7)_{1,1}$	$VA(7)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,1}$	C(8)	$P(8)_{1,1}$	$VF(8)_{1,1}$	$VA(8)_{1,1}$
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,2}$	C(0)	$P(0)_{1,2}$	$VF(0)_{1,2}$	$VA(0)_{1,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,2}$	C(8)	$P(8)_{1,2}$	$VF(8)_{1,2}$	$VA(8)_{1,2}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,ns(1)}$	C(0)	$P(0)_{1,ns(1)}$	$VF(0)_{1,ns(1)}$	$VA(0)_{1,ns(1)}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	M	$V_1; S_{1,ns(1)}$	C(8)	$P(8)_{1,ns(1)}$	$VF(8)_{1,ns(1)}$	$VA(8)_{1,ns(1)}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(0)	$P(0)_{nv,ns(nv)}$	$VF(0)_{nv,ns(nv)}$	$VA(0)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(1)	$P(1)_{nv,ns(nv)}$	$VF(1)_{nv,ns(nv)}$	$VA(1)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(2)	$P(2)_{nv,ns(nv)}$	$VF(2)_{nv,ns(nv)}$	$VA(2)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(3)	$P(3)_{nv,ns(nv)}$	$VF(3)_{nv,ns(nv)}$	$VA(3)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(4)	$P(4)_{nv,ns(nv)}$	$VF(4)_{nv,ns(nv)}$	$VA(4)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(5)	$P(5)_{nv,ns(nv)}$	$VF(5)_{nv,ns(nv)}$	$VA(5)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(6)	$P(6)_{nv,ns(nv)}$	$VF(6)_{nv,ns(nv)}$	$VA(6)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(7)	$P(7)_{nv,ns(nv)}$	$VF(7)_{nv,ns(nv)}$	$VA(7)_{nv,ns(nv)}$
OPCFUT	M	$V_{nv}; S_{nv,ns(nv)}$	C(8)	$P(8)_{nv,ns(nv)}$	$VF(8)_{nv,ns(nv)}$	$VA(8)_{nv,ns(nv)}$



**4. Consolidação dos Riscos das Posições em Opções**

Calculadas as variações para cada uma das posições em cada um dos cenários, estas podem ser consolidadas dentro de cada vencimento, permitindo, com isso, a compensação de risco entre posições opostas de mesmo vencimento. Para tanto, são somadas as variações das posições de mesmo vencimento dentro de cada um dos cenários de estresse, determinando-se a variação total no vencimento/cenário.

Em geral, para um vencimento  $j$  e um cenário  $i$ , o valor consolidado será dado pela seguinte fórmula:

$$VC(i)_j = \sum_{k=1}^{ns(j)} VA(i)_{j,k} \tag{4.1}$$

onde:

$ns(j)$  = número de séries pertencentes ao  $j$ -ésimo vencimento.

A tabela 4 ilustra esse conceito, mostrando as variações consolidadas do primeiro vencimento conforme determinadas na tabela 3.

**Tabela 4 – Variações Consolidadas**

Mercado	Mercadoria	Vencimento	Cenário	Variação
OPCFUT	M	$V_1$	$C(0)$	$VC(0)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(0)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(1)$	$VC(1)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(1)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(2)$	$VC(2)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(2)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(3)$	$VC(3)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(3)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(4)$	$VC(4)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(4)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(5)$	$VC(5)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(5)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(6)$	$VC(6)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(6)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(7)$	$VC(7)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(7)_{1,k}$
OPCFUT	M	$V_1$	$C(8)$	$VC(8)_1 = \sum_{k=1}^{ns(1)} VA(8)_{1,k}$

A compensação de riscos entre diferentes vencimentos é permitida apenas para aqueles vencimentos cujo prazo supere  $np$  dias úteis, valor este determinado pelo Comitê de Risco



da BM&F para cada mercadoria. Portanto, pode-se permitir a compensação entre posições muito longas, que, na hipótese de inadimplemento, muito provavelmente serão encerradas a preços de mercado. No limite, para valores muito altos de  $np$ , o efeito obtido é equivalente à não-compensação entre vencimentos.

Em geral, para um cenário  $i$ , com consolidação a partir do vencimento  $vc$ , o valor consolidado entre vencimentos será dado de acordo com a fórmula a seguir:

$$VC(i)_{consolidado} = \sum_{j=vc}^{nv} \sum_{k=1}^{ns(m)} VA(i)_{j,k} \quad (4.2)$$

### 5. Margem Mínima

A margem mínima corresponde ao valor mínimo de margem estabelecido para posições lançadoras em opções muito fora do dinheiro que não estejam cobertas. Esse valor é determinado por vencimento para cada mercadoria, segundo as fórmulas que seguem:

$$QDC_j = Abs \left( \text{Mín} \left( 0; QC_{j,1}; QC_{j,1} + QC_{j,2}; QC_{j,1} + QC_{j,2} + QC_{j,3}; \dots; \sum_{k=1}^{ns(j)} QC_{j,k} \right) \right) \quad (5.1)$$

$$QDP_j = Abs \left( \text{Mín} \left( 0; QP_{j,ns}; QC_{j,ns} + QP_{j,ns-1}; QP_{j,ns} + QP_{j,ns-1} + QP_{j,ns-2}; \dots; \sum_{k=ns(j)}^1 QP_{j,k} \right) \right) \quad (5.2)$$

$$K_{j,k} < K_{j,k+1}, \text{ para todo } j,k \quad (5.3)$$

$$MM_j = \text{Máx} (QDC_j; QDP_j) \times F \times M \times C \times FMMin \quad (5.4)$$

onde:

- $QDC_j$  = quantidade, em módulo, de contratos a descoberto das opções de compra do  $v$ -ésimo vencimento;
- $QDP_j$  = quantidade, em módulo, de contratos a descoberto das opções de venda do  $v$ -ésimo vencimento;
- $QC_{j,k}$  = quantidade de contratos de opções de compra do  $j$ -ésimo vencimento e da  $k$ -ésima série da opção ( $QC_{j,k} > 0$ , posição comprada;  $QC_{j,k} < 0$ , posição vendida); caso a  $k$ -ésima série da opção não seja de compra,  $QC_{j,k} = 0$ ;
- $ns(j)$  = número de séries de opções do  $j$ -ésimo vencimento;
- $QP_{j,k}$  = quantidade de contratos de opções de compra do  $j$ -ésimo vencimento e da  $k$ -ésima série da opção de venda ( $QP_{j,k} > 0$ , posição comprada;  $QP_{j,k} < 0$ , posição vendida); caso a  $k$ -ésima série da opção não seja de venda,  $QP_{j,k} = 0$ ;
- $K_{j,k}$  = valor do preço de exercício da  $k$ -ésima série do  $j$ -ésimo vencimento;
- $MM_j$  = valor da margem mínima do  $j$ -ésimo vencimento;
- $F$  = preço corrente do ativo-objeto da opção;
- $M$  = tamanho do contrato de opção;



$C$  = taxa de câmbio ou fator de correção, quando aplicável;  
 $FMMin$  = fator de margem mínima, podendo ser diferenciado por vencimento.

As fórmulas de (5.1) a (5.4) reconhecem que posições lançadoras em opções de compra podem ser cobertas por posições titulares em opções de compra do mesmo tipo, desde que de preço de exercício inferior, e que posições lançadoras em opções venda podem ser cobertas por posições titulares em opções de venda do mesmo tipo, desde que de preço de exercício superior. Em especial, a fórmula (5.4) estabelece que a margem mínima é determinada com base na maior posição a descoberto entre opções de compra e de venda pertencentes ao mesmo vencimento. De fato, a soma dos valores de margem mínima de opções de compra e de venda pertencentes ao mesmo vencimento não se justificaria, posto que opções de compra mais no dinheiro implicam, necessariamente, opções de venda mais fora do dinheiro, e vice-versa.

## 6. Determinação do Valor da Margem das Posições em Opções

O valor da margem de uma subcarteira de opções é dado pela soma das margens calculadas para cada um dos vencimentos que a compõem. O valor da margem relacionada a cada vencimento, por sua vez, é estabelecido pelo máximo entre o valor da margem mínima calculada conforme as fórmulas descritas na seção anterior e o maior custo de liquidação possível para o conjunto de opções que compõem o vencimento, diante dos cenários de estresse considerados. Assim, a margem de uma subcarteira de opções é dada de acordo com as fórmulas a seguir.

$$MARGEM_{Subcarteira} = \sum_{j=1}^{nv} MARGEM_j \quad (6.1)$$

$$MARGEM_j = Máx(0; MMin_j; CLC_j + PiorVarCLC_j) \quad (6.2)$$

$$CLC_j = \sum_{k=1}^{ns(j)} CLC_{j,k} \quad (6.3)$$

$$PiorVarCLC_j = -Min(VC(0)_j; VC(1)_j; VC(2)_j; \dots; VC(nc)_j) \quad (6.4)$$

onde:

$nc$  = número de cenários de estresse.

No caso de haver consolidação entre vencimentos,  $CLC_j$  é dado pela soma dos CLCs dos vencimentos consolidados; os termos  $VC$  da fórmula (6.4) são dados pelos valores consolidados determinados de acordo com a fórmula (4.2) e a margem mínima, pelo somatório das margens mínimas calculadas para cada vencimento consolidado.

## 7. Considerações Finais

Este documento apresentou a nova metodologia para a determinação da margem de garantia das opções americanas sobre futuros implementada no SRL, que captura de forma



adequada a não-linearidade característica dos contratos de opções. Ao mesmo tempo, é eficiente ao reconhecer, de forma automática, posições opostas com vencimentos comuns (travas).

Ao se aplicar o modelo de apreçamento via árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), buscou-se maior precisão para a estimação dos preços das opções americanas sobre futuros, já que, para essas opções, o exercício antecipado pode ser estratégia ótima. Essa característica não é tratada pelos modelos de apreçamento de opções mais simples, baseados em formas analíticas [como o de Black (1976)].



## Anexo 1

### Modelos de Apreçamento de Opções

#### A. Modelo de Black e Scholes (1973)

O modelo de Black e Scholes utiliza fórmulas fechadas para estabelecer o preço de uma opção de compra ou de venda sobre ativos a vista. Esse modelo é assim implementado:

$$c = S \times N(d_1) + K \times e^{-r \times t} \times N(d_2)$$

$$p = K \times e^{-r \times t} \times N(-d_2) - S \times N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

onde:

- $c$  = preço da opção de compra;
- $S$  = preço do ativo-objeto da opção;
- $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal);
- $K$  = preço de exercício da opção;
- $r$  = taxa de juro livre de risco, continuamente composta;
- $t$  = prazo para o vencimento da opção, expresso ao ano;
- $p$  = preço da opção de venda;
- $\sigma$  = volatilidade do ativo-objeto da opção, expressa ao ano.

#### B. Modelo de Black (1976)

O modelo de Black usa fórmulas fechadas para determinar o preço de uma opção de compra ou de venda sobre futuros. Esse modelo é assim implementado:

$$c = (F \times N(d_1) + K \times N(d_2)) \times e^{-r \times t}$$

$$p = (K \times N(-d_2) - F \times N(-d_1)) \times e^{-r \times t}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

onde:



- $c$  = preço da opção de compra;  
 $F$  = preço do contrato futuro-objeto da opção;  
 $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal);  
 $K$  = preço de exercício da opção;  
 $r$  = taxa de juro livre de risco, continuamente composta;  
 $t$  = prazo para o vencimento da opção, expresso ao ano;  
 $\sigma$  = volatilidade do ativo-objeto da opção, expressa ao ano;  
 $p$  = preço da opção de venda.

### C. Modelo de Garman e Kolhagen (1983)

O modelo de Garman e Kolhagen utiliza fórmulas fechadas para o preço de uma opção de compra ou de venda sobre taxa de câmbio, sendo implementado como segue:

$$c = S \times e^{-rf \times t} \times N(d_1) + K \times e^{-r \times t} \times N(d_2)$$

$$p = K \times e^{-r \times t} \times N(-d_2) - S \times e^{-rf \times t} \times N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - rf + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times t}{\sigma \times \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \times \sqrt{t}$$

onde:

- $c$  = preço da opção de compra;  
 $S$  = preço do ativo-objeto da opção (taxa de câmbio);  
 $N(.)$  = função densidade de probabilidade acumulada (normal);  
 $K$  = preço de exercício da opção;  
 $r$  = taxa de juro interna livre de risco, continuamente composta;  
 $t$  = prazo para o vencimento da opção, expresso ao ano;  
 $rf$  = taxa de juro externa livre de risco, continuamente composta;  
 $\sigma$  = volatilidade do ativo-objeto da opção expressa ao ano;  
 $p$  = preço da opção de venda.

### D. Modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979)

O modelo de Cox, Ross e Rubinstein (CRR) emprega árvores binomiais para definir o preço de uma opção de compra ou de venda. Dependendo da parametrização adotada, esse modelo pode ser aplicado no apreçamento de opções sobre ativos a vista, futuros e taxas de câmbio. Sua principal vantagem resulta de sua melhor adequação para o apreçamento de opções americanas. O algoritmo de implementação desse modelo é bastante simples, sendo amplamente divulgado na comunidade financeira. Recomenda-se, por exemplo, a leitura do capítulo 9 do livro *Opções, Futuros e Outros Derivativos*, de John Hull, 3ª edição, BM&F (1998).



**E. Aproximação da Distribuição Normal Acumulada**

$$N(x) \cong \begin{cases} 1 - N'(x) \times (a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5) & \text{quando } x \geq 0 \\ 1 - N(-x) & \text{quando } x < 0 \end{cases}$$

$$k = \frac{1}{1 + \gamma x}$$


$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

onde:

- $\gamma = 0,2316419;$
- $a_1 = 0,319381530;$
- $a_2 = -0,356563782;$
- $a_3 = 1,781477937;$
- $a_4 = -1,821255978;$
- $a_5 = 1,330274429.$

**F. Interpolação de Taxas de Juro e Conversão para Taxas Continuamente Compostas**

Em geral, os modelos de apreçamento de opções usam taxas de juro continuamente compostas, referentes aos prazos de vencimento das opções. Assim, essas taxas devem ser obtidas mediante a interpolação de curvas de juros de vértices fixos e devidamente convertidas para a base contínua. O documento "Sistema de Risco BM&F (SRB) – Subsistema de Margem para Ativos Líquidos: Aspectos Técnicos" traz mais detalhes.



**Anexo 2**  
**Modelos de Apreçamento para as Opções Americanas sobre Futuros**  
**Negociadas na BM&F**

<b>Contrato</b>	<b>Modelo</b>
Opções de compra e de venda sobre futuro de Ibovespa – modelo americano	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de taxa de câmbio de reais por dólar	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de café arábica	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de açúcar cristal	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de bezerro	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de boi gordo	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de álcool anidro	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de milho	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de algodão	CRR (1979)
Opções de compra e de venda sobre futuro de café robusta conillon	CRR (1979)



### Anexo 3 Exemplo Numérico

#### A. Exemplo Numérico com Opções sobre Futuro de Ibovespa

Demonstra-se aqui breve exemplo da determinação do valor da margem de garantia de uma carteira de opções americanas sobre futuro de Ibovespa. Nele, o participante vende um *straddle* utilizando opções sobre o primeiro vencimento e compra um *spread* de alta utilizando opções sobre o segundo vencimento. É importante observar que todos os dados são **hipotéticos**.

#### B. Carteira de Opções

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Quantidade	Tipo	Preço Ativo-objeto	Preço de Exercício	Preço da Opção	CLC
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	-10	Call	25.050	25.100	1.168,09	11.680,90
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	-10	Put	25.050	25.100	1.317,20	13.171,96
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	10	Call	25.800	26.000	2.396,67	-23.966,68
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	-10	Call	25.800	26.500	1.799,80	17.998,01

#### C. Cenários de Estresse

Cenário	Percentuais	
	Ibovespa a Vista	Volatilidade Ibovespa
C(0)	0%	0%
C(1)	0%	-20%
C(2)	0%	+20%
C(3)	-12%	0%
C(4)	-12%	-20%
C(5)	-12%	20%
C(6)	+10%	0%
C(7)	+10%	-20%
C(8)	+10%	20%



Cenário	Valores			
	Ibovespa a Vista	Volatilidade Ibovespa	Futuro 15/12/2004	Futuro 16/2/2005
C(0)	24.780	19,05%	25.050,00	25.800,00
C(1)	24.780	15,24%	25.050,00	25.800,00
C(2)	24.780	22,86%	25.050,00	25.800,00
C(3)	21.806	19,05%	22.043,60	22.703,58
C(4)	21.806	15,24%	22.043,60	22.703,58
C(5)	21.806	22,86%	22.043,60	22.703,58
C(6)	27.258	19,05%	27.555,00	28.380,00
C(7)	27.258	15,24%	27.555,00	28.380,00
C(8)	27.258	22,86%	27.555,00	28.380,00

#### D. Cálculo das Variações das Posições

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Cenário	Preço da Opção	Financeiro	Variação
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(0)	1.168,09	-11.680,90	0,00
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(1)	919,59	-9.195,92	2.484,98
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(2)	1.416,57	-14.165,67	-2.484,76
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(3)	0,63	-6,27	11.674,64
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(4)	0,02	-0,20	11.680,71
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(5)	4,91	-49,08	11.631,83
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(6)	7.366,12	-73.661,23	-61.980,33
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(7)	7.365,00	-73.650,00	-61.969,10
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>1</sub>	C(8)	7.388,99	-73.889,95	-62.209,05

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Cenário	Preço da Opção	Financeiro	Variação
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(0)	1.317,20	-13.171,96	0,00
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(1)	1.068,70	-10.687,02	2.484,95
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(2)	1.565,67	-15.656,71	-2.484,75
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(3)	9.169,21	-91.692,13	-78.520,17
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(4)	9.169,21	-91.692,13	-78.520,17
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(5)	9.169,21	-91.692,13	-78.520,17
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(6)	13,78	-137,77	13.034,20
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(7)	1,86	-18,56	13.153,40
OPCFUT	IBOV	15/12/2004; S <sub>2</sub>	C(8)	46,03	-460,27	12.711,70

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Cenário	Preço da Opção	Financeiro	Variação
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(0)	2.396,67	23.966,68	0,00
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(1)	1.862,32	18.623,18	-5.343,50
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(2)	2.933,94	29.339,45	5.372,77
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(3)	171,87	1.718,68	-22.248,00
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(4)	53,26	532,61	-23.434,07
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(5)	364,92	3.649,23	-20.317,45
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(6)	7.611,34	76.113,36	52.146,68
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(7)	7.321,51	73.215,13	49.248,45
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>1</sub>	C(8)	7.978,12	79.781,20	55.814,52

Mercado	Mercadoria	Vencimento e Série	Cenário	Preço da Opção	Financeiro	Variação
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(0)	1.799,80	-17.998,01	0,00
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(1)	1.298,69	-12.986,87	5.011,14
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(2)	2.330,92	-23.309,15	-5.311,14
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(3)	104,11	-1.041,08	16.956,93
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(4)	26,34	-263,40	17.734,61
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(5)	250,76	-2.507,55	15.490,46
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(6)	6.425,86	-64.258,56	-46.260,55
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(7)	6.041,49	-60.414,87	-42.416,86
OPCFUT	IBOV	16/2/2005; S <sub>2</sub>	C(8)	6.864,68	-68.646,78	-50.648,77

### E. Consolidação dos Riscos

Mercado	Mercadoria	Vencimento	Cenário	Variação
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(0)	0,00
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(1)	4.969,93
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(2)	-4.969,51
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(3)	-66.845,53
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(4)	-66.839,46
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(5)	-66.888,34
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(6)	-48.946,13
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(7)	-48.815,69
OPCFUT	IBOV	15/12/2004	C(8)	-49.497,35



Mercado	Mercadoria	Vencimento	Cenário	Variação
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(0)	0,00
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(1)	-332,35
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(2)	61,63
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(3)	-5.291,07
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(4)	-5.699,46
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(5)	-4.826,99
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(6)	5.886,13
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(7)	6.831,60
OPCFUT	IBOV	16/2/2005	C(8)	5.165,75

#### F. Cálculo da Margem Mínima (5%)

$$QDC_{15/12/2005} = Abs(Min(0; -10))$$

$$QDP_{15/12/2005} = Abs(Min(0; -10))$$

$$MM_{15/12/2004} = Máx(10; 10) \times 25.050 \times 3 \times 1 \times 5\%$$

$$MM_{15/12/2004} = 37.575,00$$

$$QDC_{16/02/2006} = Abs(Min(0; 10; 10 - 10))$$

$$QDP_{15/12/2005} = Abs(Min(0))$$

$$MM_{15/12/2004} = Máx(0; 00) \times 25.800 \times 3 \times 1 \times 5\%$$

$$MM_{15/12/2004} = 0,00$$

#### G. Cálculo da Margem Requerida

Vencimento	Margem Mínima	CLC	Pior Cenário	Pior Variação CLC	Margem
15/12/2004	37.575,00	24.852,87	5	66.888,34	91.741,21
16/02/2005	0,00	-5.968,67	4	5.699,46	0,00
<b>Margem da subcarteira</b>					<b>91.741,21</b>

