



BANCO CENTRAL DO BRASIL

Trabalhos para Discussão

111

**Avaliação de Modelos de Exigência de Capital para
Risco de Mercado do Cupom Cambial**

*Alan Cosme Rodrigues da Silva, João Maurício de Souza Moreira e
Myrian Beatriz Eiras das Neves*

Julho, 2006

ISSN 1519-1028
CGC 00.038.166/0001-05

| | | | | | |
|--------------------------|----------|--------|-----|------|---------|
| Trabalhos para Discussão | Brasília | nº 111 | jul | 2006 | P. 1-40 |
|--------------------------|----------|--------|-----|------|---------|

Trabalhos para Discussão

Editado pelo Departamento de Estudos e Pesquisas (Depep) – *E-mail*: workingpaper@bcb.gov.br

Editor: Benjamin Miranda Tabak – *E-mail*: benjamin.tabak@bcb.gov.br

Assistente Editorial: Jane Sofia Moita – *E-mail*: jane.sofia@bcb.gov.br

Chefe do Depep: Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo – *E-mail*: carlos.araujo@bcb.gov.br

Todos os Trabalhos para Discussão do Banco Central do Brasil são avaliados em processo de *double blind referee*.

Reprodução permitida somente se a fonte for citada como: Trabalhos para Discussão nº 111.

Autorizado por Afonso Sant’Anna Bevilaqua, Diretor de Política Econômica.

Controle Geral de Publicações

Banco Central do Brasil

Secre/Surel/Dimep

SBS – Quadra 3 – Bloco B – Edifício-Sede – M1

Caixa Postal 8.670

70074-900 Brasília – DF

Telefones: (61) 3414-3710 e 3414-3567

Fax: (61) 3414-3626

E-mail: editor@bcb.gov.br

As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central do Brasil.

Ainda que este artigo represente trabalho preliminar, citação da fonte é requerida mesmo quando reproduzido parcialmente.

The views expressed in this work are those of the authors and do not necessarily reflect those of the Banco Central or its members.

Although these Working Papers often represent preliminary work, citation of source is required when used or reproduced.

Central de Atendimento ao Público

Endereço: Secre/Surel/Diate

Edifício-Sede – 2º subsolo

SBS – Quadra 3 – Zona Central

70074-900 Brasília – DF

DDG: 0800 992345

Fax: (61) 3414-2553

Internet: <http://www.bcb.gov.br>

Avaliação de Modelos de Exigência de Capital para Risco de Mercado do Cupom Cambial*

Alan Cosme Rodrigues da Silva

João Maurício de Souza Moreira

Myrian Beatriz Eiras das Neves

Resumo

Este Trabalho para Discussão não deve ser citado como representando as opiniões do Banco Central do Brasil. As opiniões expressas neste trabalho são exclusivamente do(s) autor(es) e não refletem, necessariamente, a visão do Banco Central.

Este trabalho busca avaliar a possibilidade de se adaptar ao cupom cambial a estrutura implantada pelo Banco Central do Brasil para o cálculo de exigência de capital para risco de mercado de operações em real baseadas em taxas prefixadas de juros. São consideradas alterações no procedimento de obtenção da volatilidade, assim como no fator multiplicador. Um modelo paramétrico de VaR, baseado em alisamento exponencial e um modelo não paramétrico, baseado no quantil empírico, ambos aplicados à abordagem de modelos internos do Acordo de Basiléia, são utilizados como referências para comparação. Os resultados mostram que a adaptação é possível, desde que sejam implementadas alterações que levem em conta as peculiaridades da curva de cupom cambial, especialmente a sensibilidade das taxas de vértices com prazos mais curtos a mudanças bruscas na expectativa de flutuação cambial.

*Agradecemos os comentários e sugestões de Márcio I. Nakane, Eduardo Lundberg, Leonardo S. Alencar, Ana Carla Abrão Costa, Tony Takeda, Fani Bader, Victorio Chu, Juan P. Jensen Perdomo, Ana Beatriz C. Galvão, Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo, André Minella, Marcelo Kfoury Muinhos e participantes do Seminário sobre Riscos, Estabilidade Financeira e Economia Bancária do Banco Central do Brasil. A visão aqui expressa e os eventuais erros cometidos são de inteira responsabilidade dos autores.

1 Introdução

A implementação das normas do Acordo de Basiléia¹ relativas a requerimento de capital para cobertura de risco de mercado vem ocorrendo de forma gradual no Brasil, com as devidas adaptações às especificidades do mercado financeiro nacional. Até o momento², estão regulamentados os requerimentos de capital para exposição em operações referenciadas em moedas estrangeiras e em ouro, e em operações denominadas em real e remuneradas com base em taxas prefixadas de juros. Entretanto, ainda há ativos sujeitos a risco de mercado que carecem de normas para a exigência de capital, como ações, *commodities* e cupom cambial.

Neste trabalho, busca-se examinar o desempenho de adaptações da estrutura implantada pela Circular 2.972 do Banco Central do Brasil (cálculo de exigência de capital para risco de mercado de operações em real baseadas em taxas prefixadas de juros)³ a operações envolvendo o cupom cambial, definido como a taxa de juros em dólar no Brasil. Em trabalho anterior, Silva et al. (2005) verificam que a maior volatilidade a que está sujeita essa taxa, em comparação à taxa de juros em real, tende a resultar em exigências de capital fora do padrão esperado em alguns períodos. Isso se deve, em parte, aos parâmetros estabelecidos pela Circular 2.972. Dessa forma, objetivando investigar alternativas mais adequadas para um modelo-padrão, procurou-se adaptar a estrutura constante na Circular 2.972 ao novo mercado e, nesse sentido, são consideradas alterações no procedimento de obtenção da volatilidade, assim como no multiplicador.

Realizam-se diversos exercícios no sentido de aferir a performance das adaptações da estrutura implantada pela Circular 2.972. Para tanto, são utilizados um modelo VaR paramétrico, baseado em alisamento exponencial, e um modelo VaR não paramétrico, baseado no quantil empírico, ambos aplicados à abordagem de modelos internos do Acordo de Basiléia. Todos esses modelos são avaliados com base no desempenho do VaR de um dia, frente às perdas diárias das carteiras consideradas, bem como do requerimento de capital, em relação às perdas de capital acumuladas em dez dias dessas mesmas carteiras. Nas aferições, foram consideradas 10.000 carteiras de renda fixa construídas por simulação. Por sua vez,

¹ Ver Basel Committee on Banking Supervision (1996-a).

² Novembro de 2005.

³ Ver Banco Central do Brasil (2000-a e 2000-b).

os dados de cupom cambial utilizados no *backtest* cobrem o período de 7/8/2001 a 31/3/2005.

Os resultados indicam ser viável uma adaptação do modelo da Circular 2.972 para um ambiente em que são consideradas as taxas de cupom cambial. Nesse sentido, devem ser implementadas alterações que levem em conta as peculiaridades da curva de cupom cambial, especialmente, a sensibilidade das taxas de vértices com prazos mais curtos a mudanças bruscas na expectativa de flutuação cambial. Com efeito, as fortes oscilações da volatilidade registradas no período estudado, aliadas ao procedimento de obtenção da volatilidade-padrão para cálculo do VaR, segundo a Circular 2.972, determinam patamares de exigência de capital elevados quando a estrutura da Circular é aplicada sem adaptações.

As demais seções deste trabalho estão assim distribuídas: a seção 2 trata da amostra e metodologia; a seção 3 apresenta os resultados; e a seção 4 resume as conclusões obtidas.

2 Amostra e metodologia

2.1 Amostra

Os dados utilizados neste trabalho consistem na estrutura a termo para o cupom cambial divulgada pela Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), no período de 3/1/2000 a 31/3/2005, totalizando 1.303 dias úteis. Com o uso de parte das observações para a estimativa de parâmetros dos modelos, o período efetivamente usado para o *backtest* do VaR de um dia e da exigência de capital foi de 7/8/2001 a 31/3/2005, no total de 907 dias úteis.

As taxas de juros da BM&F são divulgadas com base em dias corridos. As taxas de juros da BM&F são divulgadas na base linear 360 dias corridos. Para este trabalho, essas taxas foram interpoladas pela metodologia *flat forward*, obtendo-se taxas na base exponencial 252 dias úteis. Os vértices utilizados são os mesmos da Circular 2.972: 21, 42, 63, 126, 252, 504 e 756 dias.

2.2 Construção das carteiras de renda fixa

As 10.000 carteiras testadas foram construídas por simulação. Cada carteira é representada por sete fluxos, com valores uniforme e aleatoriamente distribuídos no intervalo (-USD1.000,USD1.000). O uso de valores em dólares americanos permite capturar as variações no valor da carteira devidas apenas a variações do cupom cambial, independentemente das variações da taxa de câmbio. Cada um desses fluxos corresponde a um dos vértices considerados e representa o valor já mapeado para o vértice em questão. Ou seja, o conjunto dos sete fluxos corresponde ao mapeamento, naqueles vértices, de todos os fluxos que primariamente compõem uma dada carteira.

Com o intuito de possibilitar a análise em separado das posições comprada e vendida, uma restrição é imposta às carteiras simuladas: são consideradas na formação do conjunto de 10.000 carteiras apenas aquelas cujo valor presente permanece positivo durante todo o período da amostra. Desse modo, pode-se garantir que uma carteira comprada se mantenha nessa posição durante todo o período de estudo. Uma vez selecionadas as carteiras compradas, as carteiras vendidas são obtidas invertendo-se os sinais dos fluxos simulados.

2.3 O modelo da Circular 2.972, de 23 de março de 2000

Em uma primeira etapa, o modelo da Circular 2.972 é aplicado ao cupom cambial sem alterações estruturais. Ou seja, a única mudança consiste na troca da estrutura a termo da taxa de juros em reais pela estrutura a termo do cupom cambial. A aplicação direta do modelo da Circular 2.972 ao cupom cambial é brevemente descrita a seguir. A exigência de capital é determinada pela fórmula

$$EC_t = \max \left\{ \left(\frac{M_t}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}^{padr\tilde{a}o} \right), VaR_{t-1}^{padr\tilde{a}o} \right\},$$

onde o multiplicador M_t é função inversa da volatilidade-padrão σ_t . M_t é obtido a partir de

$$M_t(\sigma_t) = \begin{cases} M & \text{se } \sigma_t \leq \sigma_{p\%} \\ \frac{C_1}{\sigma_t} + C_2 & \text{se } \sigma_t > \sigma_{p\%} \end{cases}$$

e a volatilidade-padrão consiste no valor máximo entre as volatilidades calculadas para cada um dos vértices. Ou seja, $\sigma_t = \max\{\sigma_{i,t}\}$, $i = 1, 2, \dots, 7$. Para cada vértice, a volatilidade é calculada pelo método de alisamento exponencial conforme a expressão $\sigma_{i,t} = \sqrt{\lambda \sigma_{i,t-1}^2 + (1-\lambda)r_{i,t-1}^2}$. São usados dois diferentes fatores de decaimento $\lambda = 0,85$ e $\lambda = 0,94$, sendo $\sigma_{i,t}$ definida como a maior entre as duas estimativas. As constantes C_1 e C_2 são funções das volatilidades de percentil $p\%$ ($\sigma_{p\%}$) e de pico (σ_{pico}), extraídas da série da volatilidade-padrão σ_t . As fórmulas para

C_1 e C_2 são: $C_1 = \frac{M - m}{\frac{1}{\sigma_{p\%}} - \frac{1}{\sigma_{pico}}}$ e $C_2 = M - \frac{C_1}{\sigma_{p\%}}$. Os parâmetros

utilizados para o cálculo de M_t estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros do multiplicador

| Parâmetros | Especificação |
|-----------------------------|-----------------------|
| M | 3 |
| m | 1 |
| p% | 0 |
| Janela para $\sigma_{p\%}$ | 252 dias úteis |
| Janela para σ_{pico} | 24/2/2000, data atual |

O VaR de cada vértice é calculado pela fórmula $VaR_{i,t} = 2,33 \times \frac{P_i}{252} \times \sigma_t \times VP_{i,t} \times \sqrt{10}$, que usa sempre a volatilidade-padrão (máxima), independentemente do vértice ao qual o VaR se refere, cujo prazo é dado por P_i . $VP_{i,t}$ corresponde ao valor líquido dos fluxos trazidos a valor presente pela estrutura a termo do cupom cambial no dia t e alocados no vértice i . O VaR da carteira é dado por $VaR_t^{Padrão} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VaR_{i,t} \times VaR_{j,t} \times \rho_{i,j}}$, que utiliza os coeficientes de correlação calculados segundo a fórmula $\rho_{i,j} = \rho + (1 - \rho) \left(\frac{\max(P_i, P_j)}{\min(P_i, P_j)} \right)^k$.

Os parâmetros ρ e k são obtidos pela minimização dos quadrados dos erros entre os valores de correlação estimados pela fórmula amostral usual e os calculados na expressão acima. Os parâmetros que seriam divulgados diariamente pelo Banco Central para o cálculo da exigência de capital são M_t , σ_t , ρ e k .

2.4 O fator multiplicador

O fator multiplicador (M) da fórmula de cálculo da exigência de capital para modelos internos tem o seu valor mínimo fixado pelo Comitê de Basileia em três, podendo ser elevado até quatro como penalidade pelo eventual mau desempenho verificado no *backtest* do modelo de VaR utilizado pela instituição financeira. O multiplicador tem por objetivo fornecer uma proteção contra algumas deficiências usualmente relacionadas à modelagem do VaR, tais como a parametrização com base na distribuição normal (visto que a distribuição empírica de retornos financeiros apresenta comumente caudas pesadas), o uso de dados históricos para prever o futuro (volatilidades e correlações verificadas no passado podem sofrer fortes alterações, marcadamente em situações de *stress* do mercado), desconsideração das alterações de posição ao longo do dia (risco intradiário), etc. O valor mínimo de três foi calibrado com base nos mercados financeiros do G-10, menos sujeitos a variações bruscas e de grande amplitude, quando comparados a mercados financeiros emergentes. Cabe, portanto, indagar se os mesmos valores de M se aplicam a mercados mais voláteis.

Por ocasião da elaboração da Circular 2.972, argumentou-se que a utilização de um multiplicador fixo igual a três, conforme sugerido pelo *Bank for International*

Settlements (BIS), poderia acarretar exigências elevadas, principalmente nos períodos posteriores às crises. Em tais períodos, a multiplicação de uma média de VaR, que incorpora os valores mais elevados do período de crise, pelo fator três poderia gerar requisitos de capital excessivos. Nesse sentido, a fórmula de Basiléia foi adaptada para o mercado brasileiro. O multiplicador é tratado como função decrescente da volatilidade, variando entre um e três. Manteve-se, contudo, a regra do máximo, de forma a não se ter uma exigência inferior ao VaR do dia anterior. Aumenta-se, assim, a ocorrência das situações em que a exigência será dada pelo VaR_{t-1} pois, após uma quebra de regime, este VaR_{t-1} ficará provavelmente maior que a média, enquanto esta não incorporar os valores mais elevados de VaR. Quando a média voltar a ser efetiva, com a incorporação dos valores mais elevados de VaR, a exigência será suavizada pela multiplicação por um fator ajustado pela volatilidade vigente. Passado o período de altas volatilidades, o multiplicador volta a se elevar⁴.

Em pesquisas realizadas no Banco Central do Brasil com o objetivo de avaliar métodos de cálculo de exigência de capital para risco de mercado de ações e câmbio, Araújo et al. (2003) e Barbedo et al. (2004) mantêm a fórmula original de Basiléia para modelos internos, com o fator multiplicador fixo em três. Contudo, aplicam aos métodos também um multiplicador fixo igual a dois, de forma a avaliar a possível adequação de um multiplicador menor para mercados mais voláteis. Os resultados sugerem que um método que se adapte rapidamente às mudanças da volatilidade no mercado de ações pode permitir o uso de um multiplicador inferior a três. Já para o mercado de câmbio, em alguns dias, as perdas verificadas pelas carteiras utilizadas na análise foram superiores ao requerimento de capital obtido com o multiplicador dois. Tais ocorrências, contudo, não foram registradas para o multiplicador igual a três, mesmo tendo o período avaliado apresentado momentos de forte volatilidade no mercado brasileiro de câmbio, o que deixa em aberto a possibilidade de adoção de um multiplicador inferior a três.

Pelo exposto, buscou-se verificar o desempenho do multiplicador variável como função inversa da volatilidade para aqueles modelos. Dado que, no âmbito das alternativas de adaptação da Circular 2.972, a volatilidade utilizada no cálculo do VaR não

⁴ O benefício almejado é suavizar a exigência de capital nos períodos pós-crisis, cuja elevação é de eficácia duvidosa, uma vez que exigências exageradas logo após uma quebra de regime podem ser um elemento agravador do risco sistêmico. No entanto, com a manutenção da regra do máximo, respeita-se o nível de risco capturado pela medida de VaR.

mais se restringe à volatilidade máxima (ver seção 2.5) – a qual, contudo, manteve-se como argumento do multiplicador –, procurou-se adotar uma posição mais conservadora, restringindo a variação do multiplicador ao intervalo (2, 3), conforme sugerido pelos resultados dos estudos anteriores. Os resultados, contudo, foram muito fracos, possivelmente em vista das particularidades da curva de cupom cambial, potencializadas pelo uso de volatilidades diferenciadas por vértice ou grupo de vértices. Em todas as variantes testadas, o desempenho foi inferior ao dos dois modelos utilizados como referência para comparação. Além disso, o capital requerido também ficou abaixo do calculado para a estrutura de modelos internos, o que não é compatível com um modelo que seria utilizado como padrão. Dessa forma, foram mantidos no corpo deste trabalho apenas os resultados relativos às estruturas baseadas no multiplicador fixo e igual a três para as adaptações testadas.

2.5 Versões adaptadas do modelo da Circular 2.972

Aqui são testadas adaptações do modelo da Circular 2.972, com alterações no fator multiplicador e no procedimento de estimação das volatilidades utilizadas no cálculo dos valores em risco.

2.5.1 Modelo com multiplicador fixo $M=3$ e volatilidade por grupos de vértice, dois grupos

Em relação ao modelo original, essa versão substitui o multiplicador inversamente proporcional à volatilidade pelo valor fixo $M=3$. Adicionalmente, são utilizadas duas volatilidades, em vez de uma volatilidade-padrão única para o cálculo do valor em risco de todos os vértices. A volatilidade máxima entre as volatilidades dos vértices de 21, 42 e 63 dias é utilizada na determinação do VaR desses vértices. Analogamente, utiliza-se para os vértices de 126, 252, 504 e 756 dias a volatilidade máxima encontrada nesse grupo. Com esse procedimento, procurou-se evitar que a maior sensibilidade dos vértices de menor prazo às alterações de expectativas quanto ao câmbio fosse indevidamente propagada para os vértices mais longos.

2.5.2 Modelo com multiplicador fixo $M=3$ e volatilidade por grupos de vértice, três grupos

Essa versão consiste em um desdobramento da anterior. Utiliza-se a volatilidade do primeiro vértice apenas no cálculo do seu próprio VaR, a volatilidade máxima dos três vértices subsequentes no cálculo do VaR desses vértices, e a volatilidade máxima dos três últimos vértices de forma análoga. Com esse procedimento, procurou-se isolar o maior foco de flutuação da volatilidade no próprio vértice de 21 dias.

2.5.3 Modelo com multiplicador fixo $M=3$ e volatilidade por vértice

Avançando um pouco mais no mesmo sentido das duas alternativas anteriores, essa versão utiliza, para cada vértice, a sua própria volatilidade.

2.6 Modelos utilizados como referências para comparação

Na avaliação das alternativas consideradas, utilizou-se como referências para comparação um modelo paramétrico de VaR, baseado em alisamento exponencial, e um modelo não paramétrico, baseado no quantil empírico, ambos aplicados à abordagem de modelos internos do Acordo de Basiléia. Esses modelos seguem basicamente a metodologia definida no Acordo de Basiléia para modelos internos, cuja fórmula de cálculo de requerimentos de capital é dada por⁵:

$$EC_t = \max \left\{ \left(\frac{M}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}^{10d} \right), VaR_{t-1}^{10d} \right\}.$$

2.6.1 Modelo de alisamento exponencial

Nesse modelo, o VaR de um dia dos fluxos mapeados em cada vértice é obtido parametricamente a partir da sua volatilidade condicional, estimada com base em alisamento exponencial (EWMA)⁶. Dessa forma, o VaR para um dia do vértice i é dado por: $VaR_{i,t}^{1d} = V_{i,t} \times \frac{P_i}{252} \times z_{\alpha\%} \times \sigma_{i,t/t-1}$, em que P_i é o prazo, em dias úteis, do vértice i , $z_{\alpha\%}$ é o quantil da distribuição normal padronizada correspondente à

⁵ Observe-se que a fórmula definida pelo Comitê da Basiléia difere da usada no modelo original da Circular 2.972 por apresentar o fator multiplicador M fixo e igual a três, podendo chegar a quatro, conforme desempenho, no *backtest*, do modelo de VaR adotado. Nas alternativas de adaptação do modelo da Circular 2.972 aqui avaliadas, adotou-se esse formato para o multiplicador.

⁶ Ver *RiskMetrics Group* (1996).

probabilidade associada à estimativa do VaR, no caso 1%, e $\sigma_{i,t/t-1}$ é a volatilidade condicional diária dos retornos logarítmicos do vértice i estimada para a data t , calculada por alisamento exponencial.

Diferentemente do procedimento adotado no modelo da Circular 2.972, o fator de decaimento exponencial λ_i é estimado para cada vértice i pela minimização da expressão $RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_t^2 - \hat{\sigma}_{i,t/t-1}^2(\lambda))^2}$, onde r_t^2 é o quadrado do retorno da taxa de juros e $\hat{\sigma}_{i,t/t-1}^2(\lambda)$ é a variância condicional. Para garantir que a matriz de correlação seja definida positiva, apenas um único λ é utilizado para todos os vértices, dado pela média ponderada dos λ_i , conforme procedimento adotado pelo *RiskMetrics*. Considere-se τ_i o i -ésimo $RMSE$ resultante (mínimo) do processo de estimação do λ_i , fator de decaimento exponencial obtido para o vértice i , e seja $\Pi = \sum_{i=1}^N \tau_i$.

Definindo a medida de erro relativo $\theta_i = \tau_i / \Pi$ e o peso $\phi_i = \frac{\theta_i^{-1}}{\sum_{i=1}^N \theta_i^{-1}}$ onde $\sum_{i=1}^N \phi_i = 1$,

o fator de decaimento ótimo será dado por $\tilde{\lambda} = \sum \phi_i \hat{\lambda}_i$. Para a série utilizada neste trabalho, o valor encontrado foi $\tilde{\lambda} = 0,95$.

O VaR de um dia para a carteira é dado por:

$VaR_t^{1d} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VaR_{i,t}^{1d} \times VaR_{j,t}^{1d} \times \rho_{(i,j),t/t-1}}$, onde a correlação entre os vértices i e j na data

t , $\rho_{(i,j),t/t-1}$, é obtida por $\rho_{(i,j),t/t-1} = \frac{\sigma_{(i,j),t/t-1}}{\sigma_{i,t/t-1} \sigma_{j,t/t-1}}$, tal que $\sigma_{(i,j),t/t-1}$ denota a

covariância condicional entre os vértices i e j na data t , obtida pela fórmula:

$$\sigma_{(i,j),t/t-1} = \lambda \sigma_{(i,j),t-1/t-2} + (1 - \lambda) r_{i,t-1} r_{j,t-1}.$$

Estendendo o horizonte para dez dias, o VaR para o vértice i será dado por:

$VaR_{i,t}^{10d} = VaR_{i,t-10}^{1d} \times \sqrt{10}$. O VaR de dez dias da carteira é calculado pela expressão:

$$VaR_t^{10d} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VaR_{i,t}^{10d} \times VaR_{j,t}^{10d} \times \rho_{(i,j),t/t-1}}.$$

2.6.2 Modelo histórico

Foi utilizada a forma mais simples do modelo não paramétrico do quantil empírico, com uma janela móvel de 252 observações (retornos diários da carteira), de onde são extraídos os quantis de 1% (cauda esquerda) e de 99% (cauda direita). Dessa forma, o VaR de um dia será dado pelas fórmulas abaixo:

$$VaR_{t,comprado}^{1d} = VP_t \times \left| Q_{1\%,t}^{252} \right|$$

$$VaR_{t,vendido}^{1d} = VP_t \times Q_{99\%,t}^{252},$$

em que VP_t corresponde ao valor presente da carteira na data t . O VaR de dez dias, utilizado no cálculo da exigência de capital, é dado por $VaR_t^{10d} = VaR_{t-10}^{1d} \times \sqrt{10}$, conforme indicado pelo Comitê da Basileia⁷.

2.7 Aferição do resultado

Os modelos são avaliados por meio do *backtest* do VaR de um dia e da exigência de capital calculada para cada uma das 10.000 carteiras no período de 7/8/2001 a 31/3/2005, no total de 907 dias. As carteiras são mantidas fixas (fluxos e prazos para o vencimento) ao longo do período estudado e são trazidas a valor presente pela estrutura a termo do cupom cambial vigente em cada dia. A construção da curva do cupom é feita admitindo-se que a taxa a termo entre os vencimentos é constante⁸. O retorno diário de cada carteira é calculado como a variação do seu valor presente entre dois dias devida apenas à flutuação dos juros, ou seja, $R_{t,1} = VP_t - VP_{t-1}$. Analogamente, o retorno acumulado de dez dias é dado por $R_{t,10} = VP_t - VP_{t-10}$. Retornos negativos configuram perdas para carteiras compradas e retornos positivos configuram perdas para carteiras vendidas.

A aplicação do *backtest* para o VaR de um dia segue as diretrizes constantes em documento publicado pelo Comitê da Basileia especificamente com esse

⁷ A regra da raiz quadrada pode ser teoricamente justificada para modelos paramétricos que adotem hipóteses tais como retornos normais e i.i.d. Contudo, o Comitê de Basileia não faz qualquer distinção dessa ordem, possibilitando o uso da regra para qualquer modelo baseado em VaR (ver *Basel Committee on Banking Supervision*, 1996-A, seção B4, item c). Uma alternativa seria calcular o VaR de dez dias com base na série de retornos de dez dias. Porém, como o VaR deve ser calculado diariamente para fins de exigência de capital, isso acarretaria uma série de retornos fortemente autocorrelacionada.

⁸ Método *flat forward*.

propósito⁹. Assim, a cada três meses, verifica-se a quantidade de vezes em que nos últimos 250 dias úteis o VaR diário é superado pela perda verificada no dia, para cada carteira. Basiléia estabelece três zonas para o número de exceções observadas (em 250 observações) no *backtest* do VaR diário. Até quatro exceções, o modelo aferido se encontra na zona verde, ou seja, é aprovado. Um número de exceções entre 5 e 9 situa o modelo na zona amarela, o que pode levar, caso não haja forte justificativa para o desvio, a um aumento do multiplicador, que pode chegar a quatro. Acima de nove exceções, o modelo entra na zona vermelha e a instituição avaliada pode ser intimada a adotar a abordagem padronizada.

Vale observar que o Acordo de Basiléia não prevê o *backtest* para a exigência de capital, mas somente para o VaR de um dia dos modelos proprietários. Neste trabalho, contudo, busca-se também avaliar o desempenho da exigência de capital. O Comitê da Basiléia sugere um prazo (*holding period*) de dez dias, durante o qual as perdas poderiam hipoteticamente se acumular. Dessa forma, a comparação se dá entre os retornos acumulados por dez dias, para cada carteira avaliada, e a respectiva exigência de capital, sendo contabilizado o total de exceções ocorridas. Analogamente à terminologia adotada para o VaR, entende-se por exceção a ocorrência de uma perda superior à exigência de capital previamente fixada de acordo com o modelo.

Para uma avaliação de custo-benefício, compara-se para cada modelo a exigência média diária de capital para o conjunto de 10.000 carteiras com o número de exceções ocorridas. Há um *trade-off* entre esses indicadores, uma vez que, para um dado modelo, maior exigência de capital tende a gerar menor número de exceções. Nesse caso, quão menores ambos os valores, mais eficiente é o modelo. Complementarmente, dado que tenha sido observada uma exceção da exigência de capital (EC), é considerada a diferença entre a perda e a respectiva EC (perda – EC). Quanto maior o valor com o qual essas perdas ultrapassam a EC prevista, menor a proteção conferida pelo modelo. Por fim, observa-se a diferença entre a EC e a respectiva perda (EC – perda), quando houver, como forma de avaliar os aspectos conflitantes entre a proteção que um dado modelo proporciona e a sua eficiência na alocação de capital para a cobertura de risco. Por exemplo, dado que não tenham sido observadas exceções na EC, quanto maior a diferença entre a EC

⁹ Vide *Basel Committee on Banking Supervision* (1996-b).

e as perdas, maior a proteção potencial, no entanto, menor será a eficiência na alocação de capital.

3 Resultados

O período de estudo compreende momentos de forte volatilidade no mercado brasileiro de câmbio. Dessa forma, parte das exceções exibidas pelo VaR de um dia em todos os modelos ocorre devido a esse fato. O Comitê de Basileia prevê o aumento do multiplicador ou a revisão dos modelos internos que não atendam ao desempenho mínimo previsto. Em se tratando de mercados emergentes, sujeitos a fortes e freqüentes oscilações dos padrões de volatilidade, é importante avaliar criteriosamente as circunstâncias em que o fraco desempenho ocorre, buscando detectar se o modelo realmente apresenta inconsistências, ou se apenas reflete condições de mercado fortemente adversas.

3.1 Volatilidades dos vértices

O comportamento das volatilidades calculadas para os sete vértices utilizados no trabalho registra severas flutuações no período pré-eleitoral, em meados de 2002, conforme pode ser observado na Figura 1. Vale observar que, nesse mesmo período, a volatilidade é consideravelmente maior para os prazos de 21 e de 42 dias. Esse fato decorre do descolamento do dólar futuro em relação ao preço *spot*, marcadamente no período entre final de julho e início de agosto, quando o dólar futuro¹⁰ chega a ficar mais de 10% abaixo do preço *spot*, gerando forte expectativa de desvalorização e atingindo mais fortemente os vértices de menor prazo. Fora desse período, as oscilações da volatilidade foram consideravelmente menores¹¹.

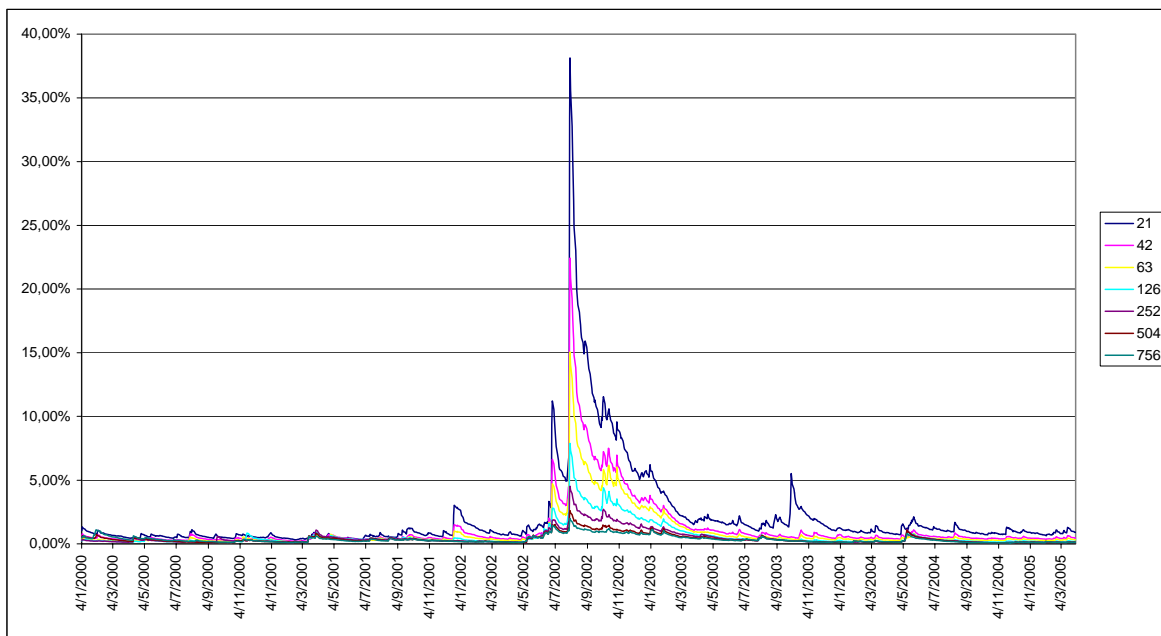
Esses aumentos bruscos da volatilidade tendem a gerar dois efeitos. Primeiramente, há uma natural propensão à ocorrência de exceções nos *backtests* de VaR (e, possivelmente, de EC), em número superior ao esperado, visto que as respectivas estimativas não se ajustam instantaneamente às flutuações da volatilidade. Por outro lado, ainda que com um dia de defasagem, o VaR e a EC reagem com intensidade similar à do surto de volatilidade. O decorrente aumento da

¹⁰ Vencimento em setembro de 2002.

¹¹ Em 1º/8/2002, a volatilidade condicional calculada para o vértice de 21 dias atinge o seu máximo, em torno de trinta vezes superior à média verificada para a amostra, excluindo-se o segundo semestre de 2002.

EC merece especial atenção no modelo da Circular 2.972, na medida em que este usa sempre a volatilidade máxima dos vértices no cálculo do VaR.

Figura 1 – Volatilidades do Cupom Cambial – Vértices de 21, 42, 63, 126, 252, 504 e 756 dias úteis – Período de 4/4/2000 a 31/3/2005



3.2 Valor em Risco

O desempenho do VaR é analisado com base no *backtest* efetuado nos moldes previstos pelo Comitê da Basileia. Embora idealizado apenas para a avaliação de modelos internos de risco, o procedimento é também aplicado às adaptações da Circular 2.972, a fim de possibilitar uma comparação entre os modelos. Nesse sentido, cabe lembrar que o modelo adotado pelo Banco Central do Brasil para taxas de juros prefixadas apresenta características tanto da abordagem padronizada quanto da abordagem de modelos internos. Com efeito, é um modelo padronizado, na medida em que seus parâmetros e especificações são divulgados pelo Banco Central para uso de todas as instituições financeiras, mas aproxima-se de modelo interno ao usar o VaR e uma fórmula de cálculo de EC baseada nas especificações do Comitê da Basileia para essa abordagem.

A Tabela 2 mostra o total das exceções verificadas em cada modelo para o conjunto das dez mil carteiras, considerando-se as posições comprada e vendida. Ou seja, são consideradas as duas caudas das distribuições de retornos das carteiras utilizadas. A probabilidade do VaR é definida em 1%, ou seja, espera-se que, para cada

carteira, a proporção de exceções em relação ao total de dias do *backtest* fique em torno desse percentual. A versão que adota a construção original da Circular 2.972 se mostra fortemente conservadora, com 0,02% de exceções para a posição comprada e 0,01% para a posição vendida. Tal fato já era esperado, tendo em vista o comportamento verificado para as volatilidades e o procedimento de determinação da volatilidade-padrão, que elege, para a maior parte do período estudado, a volatilidade do vértice de 21 dias para o cálculo do VaR. Como resultado, forma-se um colchão de proteção aparentemente excessivo que se transfere para a EC, especialmente nos momentos de maior agitação do mercado de câmbio¹². A utilização das sete volatilidades aproxima bastante o modelo-padrão dos modelos internos, com percentuais de exceções acima de 1%. A limitação ao uso de volatilidades por grupos devolve algum conservadorismo ao modelo-padrão, com menos de 1% de exceções¹³. O comportamento observado para o total de exceções é corroborado pelo total de carteiras que apresentaram ao menos uma exceção. Para um total de 907 dias, espera-se que todas as carteiras apresentem algo próximo de nove exceções. Para o modelo original da Circular 2.972, contudo, 8.279 carteiras compradas e 9.577 carteiras vendidas não apresentaram qualquer exceção. Entre as que apresentaram exceções, a maioria registrou apenas um evento.

¹² Uma justificativa para a utilização de um procedimento conservador para determinação de requerimentos de capital na abordagem padronizada seria justamente o fato de se pretender alcançar todos os perfis de risco com um mesmo modelo. Contudo, no caso da aplicação da estrutura original da Circular 2.972 ao cupom cambial, o procedimento parece superdimensionado.

¹³ Principalmente quando consideramos que o período analisado apresentou momentos de forte flutuação, onde uma proporção de exceções acima do 1% proposto tem maior propensão a ocorrer.

Tabela 2 – Total de ocorrências de exceções de VaR (perda superior ao VaR) para 10.000 carteiras, posições comprada e vendida – Período de 7/8/2001 a 31/3/2005

| Exceções de VaR | | MP2972 ¹ | MP2V ² | MP3V ³ | MP7V ⁴ | MIAE ⁵ | MIH ⁶ |
|------------------|----------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Posição Comprada | Total de exceções (%) | 0,02% | 0,57% | 0,96% | 1,66% | 1,95% | 1,54% |
| | Total de exceções | 1.871 | 51.479 | 86.955 | 150.660 | 177.137 | 139.460 |
| | Total de carteiras com no mínimo uma exceção | 1.721 | 9.884 | 9.965 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| Posição Vendida | Total de exceções (%) | 0,01% | 0,41% | 0,69% | 1,15% | 1,44% | 1,50% |
| | Total de exceções | 745 | 37.317 | 62.863 | 104.530 | 130.880 | 136.500 |
| | Total de carteiras com no mínimo uma exceção | 423 | 9.168 | 9.830 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |

¹ MP2972 Modelo-padrão 2.972: modelo baseado na Circular 2.972, com volatilidade máxima dos vértices e multiplicador variando de 1 a 3.

² MP2V Modelo-padrão com duas volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com duas volatilidades-padrão – máximo dos vértices 21,42 e 63 e máximo dos vértices 126,252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

³ MP3V Modelo-padrão com três volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com três volatilidades-padrão – a do vértice 21, máximo dos vértices 42,63 e 126 e máximo dos vértices 252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

⁴ MP7V Modelo-padrão com sete volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com uma volatilidade para cada vértice e multiplicador igual a 3.

⁵ MIAE Modelo interno com alisamento exponencial e multiplicador igual a 3.

⁶ MIH Modelo interno com simulação histórica e multiplicador igual a 3.

Entre os modelos de abordagem interna, pode-se constatar o melhor desempenho do modelo não paramétrico para a posição comprada, situação que se inverte para a posição vendida¹⁴. Para todos os modelos, ocorrem mais exceções na posição comprada que na posição vendida.

A Tabela 3 mostra os resultados médios (média das ocorrências nos onze subperíodos de 250 dias) do *backtest* efetuado segundo o procedimento proposto pelo Comitê da Basileia. Durante todo o período analisado, o modelo original da Circular 2.972 apresenta todas as carteiras na zona verde, o que apenas reflete os números da Tabela 2. A alternativa com uso de todas as volatilidades apresenta grande número de observações na zona amarela, mas menos observações na zona vermelha que os modelos internos. As outras duas adaptações implementadas, embora ainda registrem observações na zona vermelha, apresentam desempenho significativamente melhor que os modelos de abordagem interna. A maior concentração de eventos nas zonas amarela e vermelha ocorre em meados de 2002, o que é explicado em boa medida pela crise da Argentina e pelo período pré-

¹⁴ Tal fato decorre provavelmente da existência de caudas pesadas e de assimetria à esquerda para a distribuição de retornos, o que não é devidamente captado por modelos paramétricos baseados na distribuição normal.

eleitoral. Passado esse momento de maior turbulência, a incidência de carteiras nas zonas amarela e vermelha cai sensivelmente, refletindo a incorporação ao VaR do forte aumento da volatilidade do cupom cambial verificado no período anterior. Em fins de 2003, as incidências na zona amarela voltam a crescer, como consequência de um pequeno repique na volatilidade (ver Figura 1).

Tabela 3 – Backtest do VaR efetuado a cada três meses, conforme critério de Basiléia, para subperíodos de 250 dias úteis, totalizando onze períodos. São apresentados os totais de carteiras que, na média dos onze períodos, foram classificadas nas zonas verde, amarela e vermelha. A zona verde corresponde às carteiras com até quatro falhas; a zona amarela, entre 5 e 9 falhas e a vermelha, a partir de dez falhas.

| Modelos | Posição comprada | | | Posição vendida | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|---------------|-----------------------|--------------|---------------|
| | Nº médio de carteiras | | | Nº médio de carteiras | | |
| | Zona verde | Zona amarela | Zona vermelha | Zona verde | Zona amarela | Zona vermelha |
| MP2972¹ | 10.000 | - | - | 10.000 | - | - |
| MP2V² | 9.554 | 411 | 36 | 9.602 | 374 | 23 |
| MP3V³ | 8.221 | 1.668 | 111 | 8.988 | 925 | 87 |
| MP7V⁴ | 5.329 | 4.551 | 119 | 8.079 | 1.878 | 43 |
| MIAE⁵ | 5.229 | 3.935 | 836 | 7.310 | 2.569 | 121 |
| MIH⁶ | 6.588 | 1.177 | 2.234 | 6.448 | 1.499 | 2.054 |

¹ MP2972 Modelo-padrão 2.972: modelo baseado na Circular 2.972, com volatilidade máxima dos vértices e multiplicador variando de 1 a 3.

² MP2V Modelo-padrão com duas volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com duas volatilidades-padrão – máximo dos vértices 21,42 e 63 e máximo dos vértices 126,252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

³ MP3V Modelo-padrão com três volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com três volatilidades-padrão – a do vértice 21, máximo dos vértices 42,63 e 126 e máximo dos vértices 252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

⁴ MP7V Modelo-padrão com sete volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com uma volatilidade para cada vértice e multiplicador igual a 3.

⁵ MIAE Modelo interno com alisamento exponencial e multiplicador igual a 3.

⁶ MIH Modelo interno com simulação histórica e multiplicador igual a 3.

3.3 Exigência de capital

Uma vez calculadas as exigências de capital com base nas metodologias propostas, avalia-se inicialmente a proporção do montante de capital exigido em relação ao valor presente das carteiras simuladas. Em seguida, avalia-se o *backtest* da EC e comparam-se os níveis de EC com as respectivas perdas nas ocorrências de ultrapassagens (perda – EC >0) e de excessos (EC – perda >0).

3.3.1 Nível do capital requerido

Para a comparação entre os requerimentos de capital determinados em cada caso, utilizou-se como indicador a razão entre a soma de todas as exigências de capital e a soma de todos os valores presentes, agregando todas as carteiras durante o período estudado:

$$I_{EC} = \frac{\sum_i \sum_j EC_{i,j}}{\sum_i \sum_j VP_{i,j}} \quad i=1 \text{ a } 10.000; j=1 \text{ a } 907 .$$

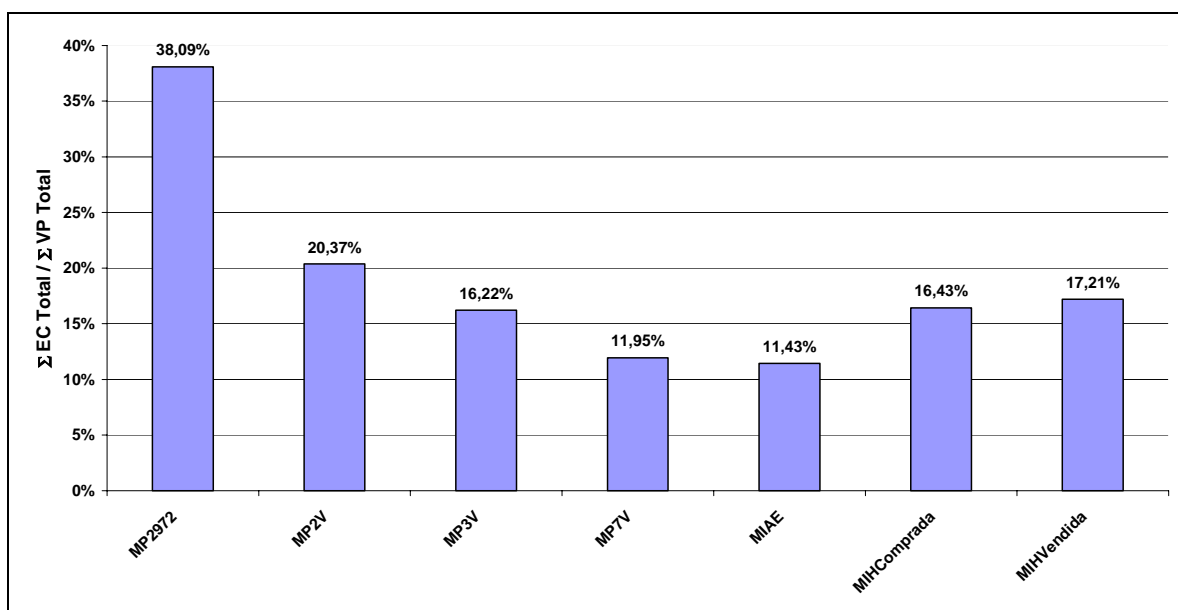
É importante frisar que o indicador adotado não deve ser considerado em termos absolutos, uma vez que o valor presente de uma dada carteira não tem relação direta com o risco que embute¹⁵. Por outro lado, o indicador permite a comparação entre os níveis médios de capital requerido pelos quatro modelos estudados.

A Figura 2 mostra que o modelo não modificado da Circular 2.972 apresenta um nível de EC muito acima dos demais modelos analisados. O índice cai aproximadamente para a metade quando se utilizam duas volatilidades em vez da volatilidade máxima. Cabe notar que o modelo de abordagem histórica apresenta índice de EC média agregada próximo aos das alternativas do modelo-padrão com 2 e 3 volatilidades. Já a versão com sete volatilidades aproxima-se bastante do modelo baseado em alisamento exponencial, em um patamar significativamente inferior aos demais¹⁶.

¹⁵ O que seria indicado, por exemplo, pelo VaR da carteira.

¹⁶ O modelo interno baseado em simulação histórica apresenta diferentes níveis de exigência de capital para as caudas direita e esquerda, em decorrência do cálculo do VaR por um método não paramétrico, onde usualmente o quantil empírico que representa 1% não é simétrico àquele que representa 99%. Já os demais modelos utilizam o cálculo do VaR pelo método paramétrico baseado na distribuição normal.

**Figura 2 – Avaliação da exigência de capital agregada para 10.000 carteiras, posição comprada
Período de 7/8/2001 a 31/3/2005, totalizando 907 dias úteis**



¹ MP2972 Modelo-padrão 2.972: modelo baseado na Circular 2.972, com volatilidade máxima dos vértices e multiplicador variando de 1 a 3.

² MP2V Modelo-padrão com duas volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com duas volatilidades-padrão – máximo dos vértices 21,42 e 63 e máximo dos vértices 126,252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

³ MP3V Modelo-padrão com três volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com três volatilidades-padrão – a do vértice 21, máximo dos vértices 42,63 e 126 e máximo dos vértices 252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

⁴ MP7V Modelo-padrão com sete volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com uma volatilidade para cada vértice e multiplicador igual a 3.

⁵ MIAE Modelo interno com alisamento exponencial e multiplicador igual a 3.

⁶ MIH Modelo interno com simulação histórica e multiplicador igual a 3.

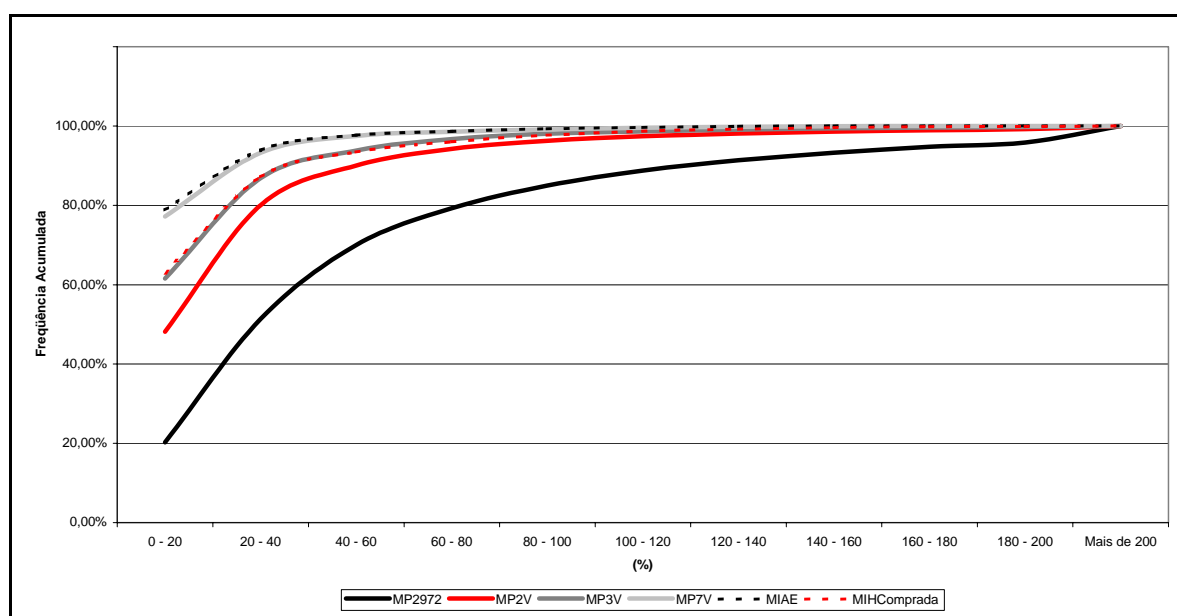
Além da EC média agregada, é interessante analisar a distribuição da exigência média de capital por carteira, como proporção do respectivo valor presente médio, dada por:

$$ECC_i = \frac{\sum_j EC}{\sum_j VP}, \quad i = 1 \text{ a } 10.000, \quad j = 1 \text{ a } 907.$$

Na Figura 3, é possível destacar, mais uma vez, os resultados referentes ao modelo-padrão original, cuja distribuição de proporções da EC média por carteira estende a acumulação consideravelmente mais para direita que os demais. O modelo interno baseado em alisamento exponencial apresenta a maior quantidade de observações nos intervalos de menor exigência média, enquanto que o modelo histórico e as variações do modelo original se posicionam entre esses extremos. Analogamente ao verificado para a EC média agregada, a versão do modelo da Circular 2.972 que utiliza sete volatilidades pouco difere em comportamento do modelo baseado em alisamento exponencial. Tal fato não deve causar surpresa,

uma vez que a metodologia empregada apresenta maior semelhança com o modelo baseado em alisamento exponencial que com o modelo-padrão original. Com efeito, ambos utilizam, em cada vértice, a respectiva volatilidade, que é calculada com base em alisamento exponencial. As diferenças residem basicamente nos fatores de alisamento (lambdas) e na matriz de correlação.

Figura 3 – Distribuição de frequência acumulada da exigência de capital média para risco de cupom cambial como proporção do valor presente médio por carteira, posição comprada 10.000 carteiras – Período de 7/8/2001 a 31/3/2005¹⁷



3.3.2 Backtest da exigência de capital

O próximo passo consiste em analisar se a EC calculada pelos modelos é suficiente para cobrir o risco de perda em função da variação do cupom cambial. Para isso, analisa-se a ocorrência de exceções ao modelo, ou seja, se no universo das 10.000 carteiras simuladas, no período considerado, ocorrem perdas acumuladas de dez dias superiores ao capital exigido. Em princípio, espera-se que o modelo que apresenta o maior nível de exigência leve ao menor número de exceções. A Tabela 4 apresenta os resultados encontrados.

¹⁷ Aqui só é representada a posição comprada, tendo em vista que, com exceção do modelo histórico, todos os demais apresentam exigência de capital idêntica para a posição vendida. Foi escolhida a posição comprada por ser a que apresentou maior volatilidade e maior número de exceções.

A EC com base no modelo-padrão original apresenta, tanto na posição comprada como na posição vendida, um número ínfimo de exceções. Importante notar que, mesmo com níveis de EC sensivelmente menores, as adaptações com 2 e 3 volatilidades também apresentam reduzidas taxas de exceções, o que sugere maior eficiência do capital requerido. Já a versão que utiliza todas as volatilidades, assim como os modelos internos, registram taxas consideravelmente superiores. Conforme observado anteriormente, o desempenho do modelo interno paramétrico se deve, aparentemente, à hipótese de distribuição normal dos retornos, o que não parece se ajustar adequadamente ao comportamento do cupom cambial no Brasil. Possivelmente, a simples substituição da normal por outras distribuições que considerem caudas mais pesadas como, por exemplo, a *t-Student*, trará resultados melhores. Outra opção seria a aplicação da teoria de valores extremos, com uso de distribuições especificamente estimadas para refletir o comportamento das caudas da distribuição dos retornos.

Tabela 4 – Total de ocorrências de exceções de exigência de capital (perda acumulada em dez dias superior ao capital exigido) – 10.000 carteiras, posições comprada e vendida – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005

| Exceções de EC | Posição comprada | | | Posição vendida | | |
|----------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------------------|
| | Total de exceções (%) | Total de exceções | Total de carteiras com no mínimo uma exceção | Total de exceções (%) | Total de exceções | Total de carteiras com no mínimo uma exceção |
| MP2972 | 0,02% | 222 | 221 | 0,00% | 1 | 1 |
| MP2V | 0,03% | 2.829 | 1.000 | 0,00% | 224 | 113 |
| MP3V | 0,04% | 3.318 | 1.736 | 0,01% | 696 | 299 |
| MP7V | 0,09% | 7.865 | 3.823 | 0,02% | 1.421 | 473 |
| MIAE | 0,16% | 14.506 | 5.853 | 0,02% | 1.666 | 665 |
| MIH | 0,13% | 11.617 | 6.116 | 0,04% | 3.501 | 3.093 |

¹ MP2972 Modelo-padrão 2.972: modelo baseado na Circular 2.972, com volatilidade máxima dos vértices e multiplicador variando de 1 a 3.

² MP2V Modelo-padrão com duas volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com duas volatilidades-padrão – máximo dos vértices 21,42 e 63 e máximo dos vértices 126,252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

³ MP3V Modelo-padrão com três volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com três volatilidades-padrão – a do vértice 21, máximo dos vértices 42,63 e 126 e máximo dos vértices 252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

⁴ MP7V Modelo-padrão com sete volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com uma volatilidade para cada vértice e multiplicador igual a 3.

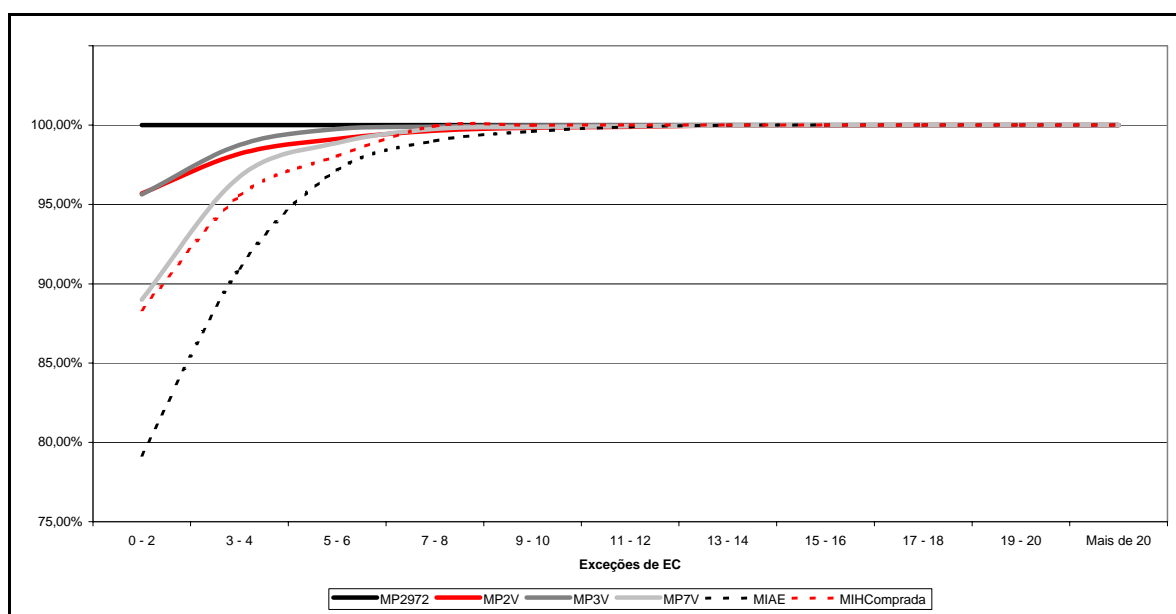
⁵ MIAE Modelo interno com alisamento exponencial e multiplicador igual a 3.

⁶ MIH Modelo interno com simulação histórica e multiplicador igual a 3.

Observa-se ainda que, analogamente ao verificado para o VaR, as carteiras com posição comprada apresentam maior número de exceções do que as carteiras com posição vendida. A Figura 4 mostra as distribuições acumuladas das exceções

por carteira, posição comprada. No modelo-padrão original, todas as 10.000 carteiras apresentam entre 0 e 2 exceções apenas. As versões com 2 e 3 volatilidades apresentam bom desempenho, com aproximadamente 98% das carteiras apresentando quatro ou menos exceções. O comportamento dos modelos internos e da versão do modelo-padrão com sete volatilidades são bastante semelhantes, com um desempenho inferior ao daqueles dois modelos derivados da Circular 2.972.

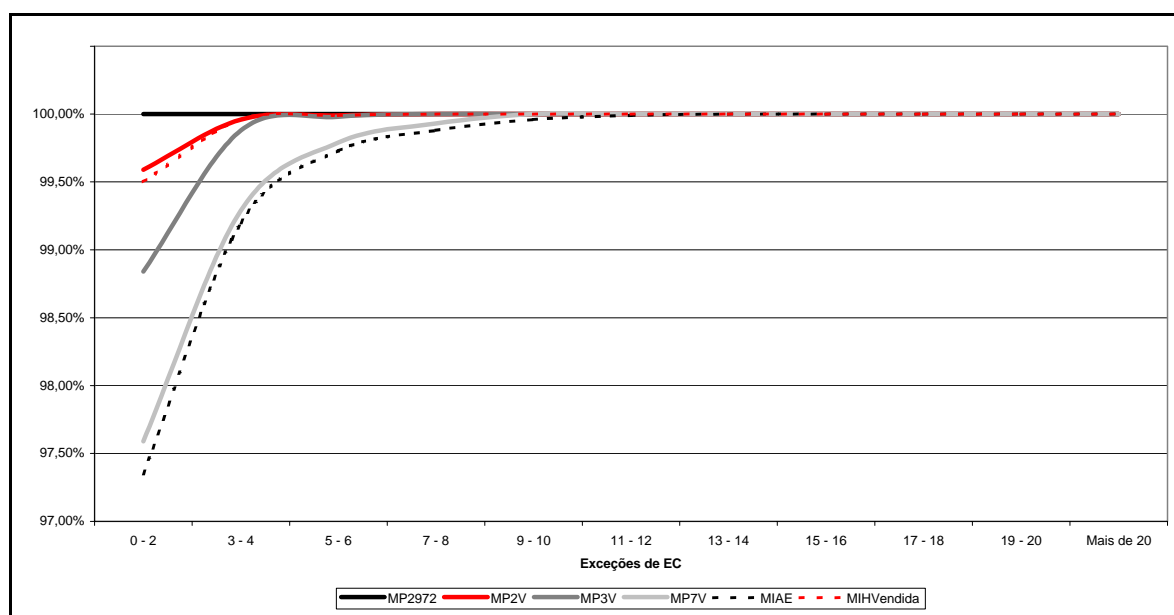
Figura 4– Distribuição de frequência do total de exceções de exigência de capital (perda acumulada de dez dias superior ao capital exigido) para carteiras com posição comprada, por carteira – 10.000 carteiras – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005



As distribuições acumuladas das exceções por carteira, posição vendida, podem ser observadas na Figura 5. Há menor ocorrência de extremos, em comparação à posição comprada, principalmente nas versões do modelo original da 2.972 com 2 e 3 volatilidades e no modelo histórico, que concentram suas exceções no primeiro intervalo¹⁸.

¹⁸ Observar a escala do eixo vertical em relação ao gráfico anterior.

Figura 5 – Distribuição de frequência do total de exceções de exigência de capital (perda acumulada de dez dias superior ao capital exigido) para carteiras com posição vendida, por carteira – 10.000 carteiras – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005



3.3.3 Avaliação da eficiência da exigência de capital

Uma vez analisada a frequência de exceções de EC no período estudado, é necessário avaliar os montantes relativos a essas exceções. Para cada uma das 10.000 carteiras, verifica-se para as posições comprada e vendida o quanto a perda acumulada em dez dias foi superior à exigência de capital. Para isso, calcula-se a ultrapassagem (perda – EC) como proporção do valor presente da carteira nos dias em que houve exceção da EC. As Figuras 6 e 7 apresentam as distribuições de frequência das ultrapassagens das carteiras para os modelos analisados, posições comprada e vendida, respectivamente.

Figura 6 – Distribuição de frequência das ultrapassagens como proporção do valor da carteira posição comprada – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005

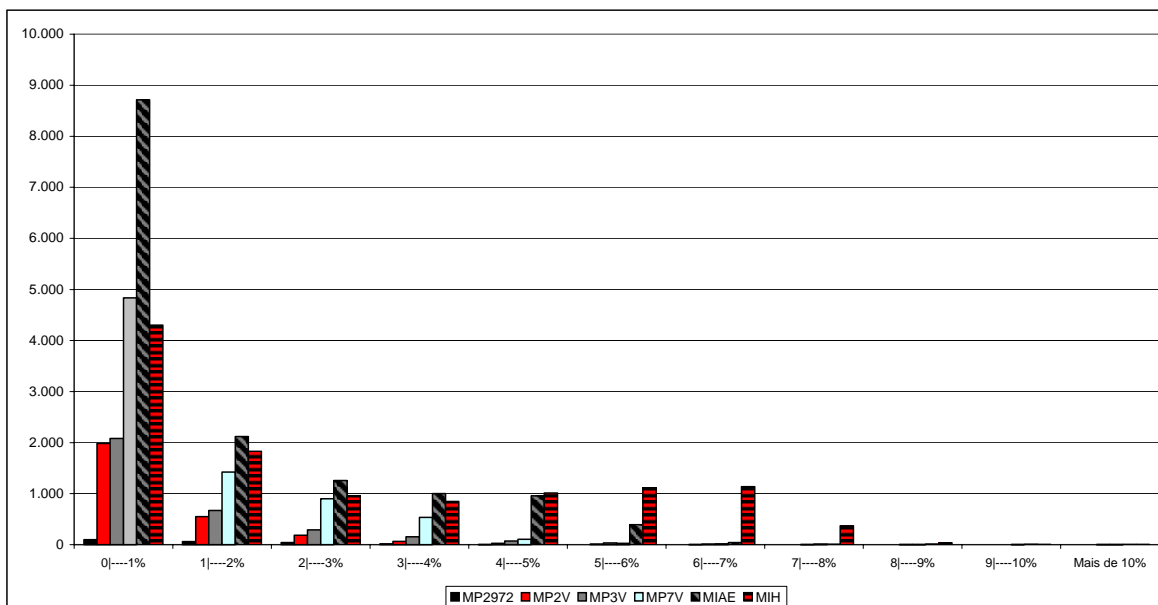
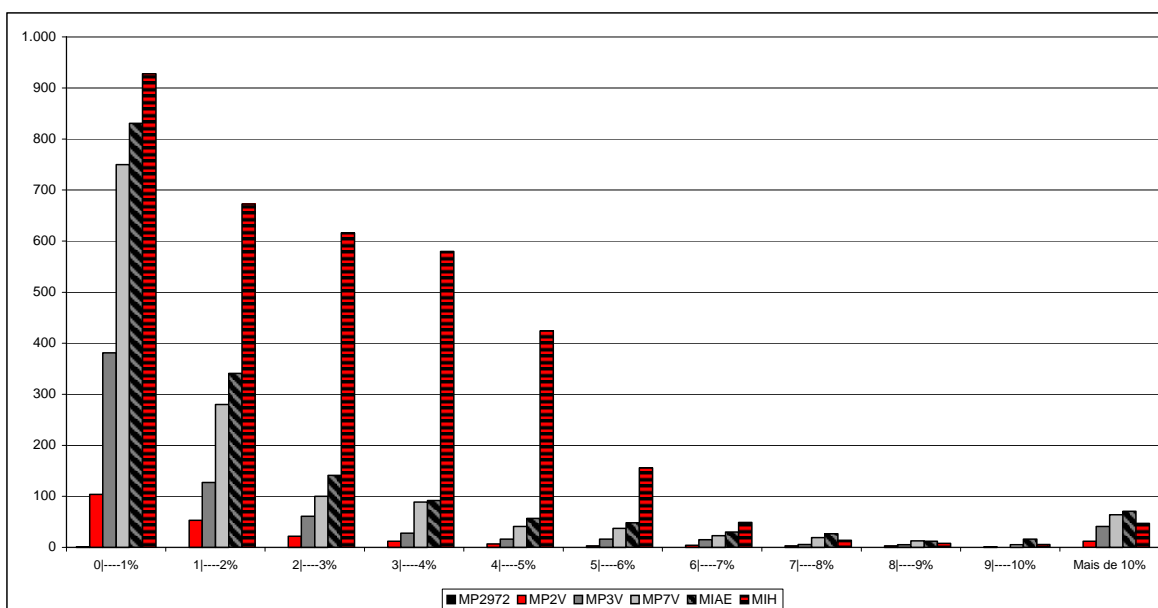


Figura 7 – Distribuição de frequência das ultrapassagens como proporção do valor da carteira posição vendida – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005



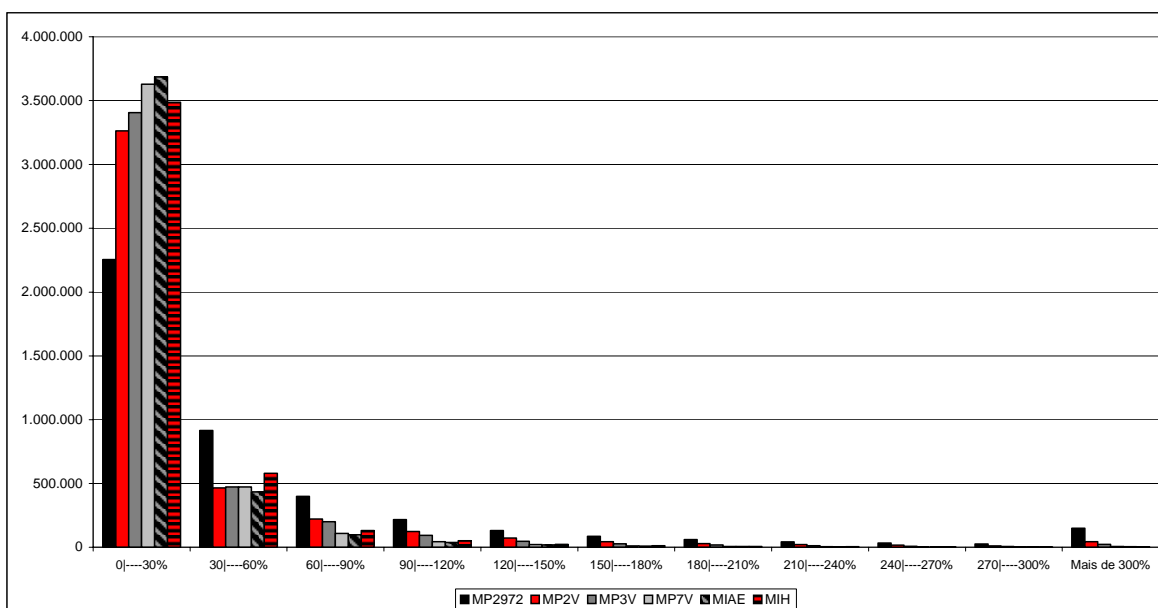
Os resultados mostram que, embora a EC não cubra totalmente a perda de dez dias em 100% dos casos, a ocorrência de ultrapassagens é desprezível para o modelo original da 2.972. Além de sofrer o menor número de exceções, esse modelo apresenta para a posição comprada uma ultrapassagem máxima inferior a 5% do valor presente da respectiva carteira. Para posição vendida, esse percentual é praticamente zero para a única exceção verificada. As versões com 2 e 3 volatilidades concentram suas ultrapassagens em percentuais inferiores a 3% em ambas as caudas, enquanto que a versão com sete volatilidades e os modelos de

abordagem interna mostram observações relevantes, com percentuais superiores – destaque para o fraco desempenho do modelo histórico.

Outro aspecto importante relacionado à EC diz respeito ao tamanho do colchão de proteção para o risco, caracterizado como o excesso de EC sobre a perda. Quanto maior esse “colchão”, maior será a proteção contra o risco, porém menor será a eficiência na alocação de capital da instituição financeira. É razoável considerar mais eficiente o modelo que assegura um nível de proteção maior ou igual ao dado por outro modelo, ao mesmo tempo em que exige menos capital próprio.

Para avaliar comparativamente a eficiência dos modelos, calcula-se o tamanho do colchão de proteção (EC – perda) como uma proporção do valor presente da carteira sempre que há perda inferior à EC. As Figuras 8 e 9 apresentam as distribuições de freqüências dos excessos nos modelos analisados para as posições compradas e vendidas.

Figura 8 – Distribuição de freqüência dos excessos como proporção do valor presente das carteiras, posição comprada – Período de 7/8/2001 e 31/3/2005



À exceção do modelo baseado na versão original da Circular 2.972, os modelos concentram a quase totalidade dos excessos no primeiro intervalo. Em todos os demais intervalos, a versão original apresenta excessos de valores consideravelmente maiores quando comparados aos demais modelos, especialmente nos intervalos mais à direita. Vale ainda observar que o comportamento das versões de 2 e 3 volatilidades é similar ao da versão de sete

volatilidades e dos modelos de abordagem interna, mesmo apresentando melhor desempenho no aspecto proteção. Ou seja, considerando que um modelo de exigência de capital deve idealmente suportar a ocorrência de exceções e, simultaneamente, não requerer em demasia, as versões de 2 e 3 volatilidades apresentam resultados comparativamente melhores que os demais modelos. A Tabela 5 apresenta a média geral de excessos como proporção do valor da carteira, tanto para a posição comprada como para a vendida.

Figura 9 – Distribuição de frequência dos excessos como proporção do valor presente das carteiras, posição vendida – Período de 7/8/2001 a 31/3/2005

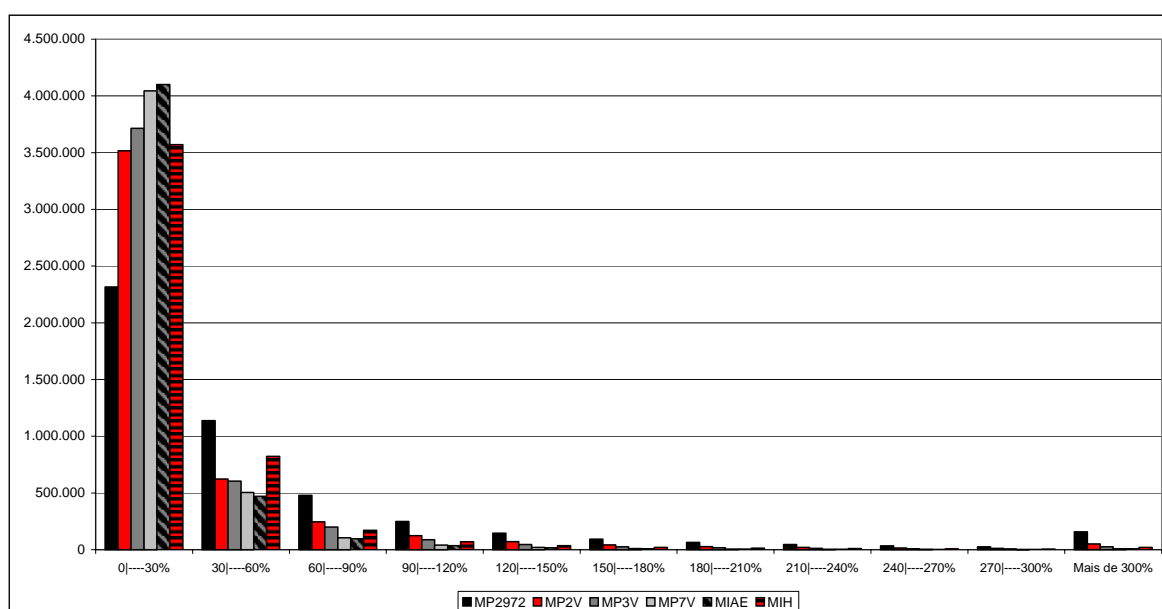


Tabela 5 – Média dos excessos de exigência de capital como proporção do valor presente da carteira, posições comprada e vendida. Analisa-se o universo de 10.000 carteiras para o período compreendido entre 07/08/2001 a 31/03/2005, totalizando 9.070.000 observações.

| $\frac{(EC - Perda)}{VP}$ <small>Médio</small> | MP2972 | MP2V | MP3V | MP7V | MIAE | MIH |
|------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Posição comprada | 64,97% | 32,49% | 24,75% | 16,82% | 15,80% | 20,49% |
| Posição vendida | 69,81% | 34,14% | 26,08% | 17,87% | 16,98% | 26,98% |

¹ MP2972 Modelo-padrão 2.972: modelo baseado na Circular 2.972, com volatilidade máxima dos vértices e multiplicador variando de 1 a 3.

² MP2V Modelo-padrão com duas volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com duas volatilidades-padrão – máximo dos vértices 21,42 e 63 e máximo dos vértices 126,252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

³ MP3V Modelo-padrão com três volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com três volatilidades-padrão – a do vértice 21, máximo dos vértices 42,63 e 126 e máximo dos vértices 252,504 e 756 – e multiplicador igual a 3.

⁴ MP7V Modelo-padrão com sete volatilidades: modelo baseado na Circular 2.972, com uma volatilidade para cada vértice e multiplicador igual a 3.

⁵ MIAE Modelo interno com alisamento exponencial e multiplicador igual a 3.

⁶ MIH Modelo interno com simulação histórica e multiplicador igual a 3.

Na média, o excesso do modelo baseado na Circular 2.972 fica entre 60% e 70%, enquanto nas versões de 2 e 3 volatilidades esse percentual cai para cerca de 35% e 25 %, respectivamente. A versão de sete volatilidades e o modelo baseado em alisamento exponencial apresentam os menores percentuais, em torno de 16%. No modelo histórico, o índice volta a exceder os 20%, confirmando o fraco desempenho dessa abordagem para a amostra considerada, onde uma relativamente alta exigência de capital coexiste com um número elevado de exceções, quando comparada com os demais modelos. Vale sublinhar o desempenho geral da versão com três volatilidades onde o número de exceções é próximo do exibido pela versão de duas volatilidades, mas o capital médio requerido é consideravelmente menor. O modelo baseado na Circular 2.972 requer um nível de proteção aproximadamente três vezes maior que o mais conservador dos modelos internos. Esse colchão acaba por se refletir no desempenho das ultrapassagens. Já a versão com três volatilidades apresenta níveis de exigência próximos aos dos modelos internos (mormente em relação ao modelo histórico), mas com um desempenho largamente superior.

4 Conclusões

Este trabalho busca avaliar o desempenho de alternativas de adaptação da estrutura implantada pela Circular 2.972 do Banco Central do Brasil a operações envolvendo o cupom cambial, no período de agosto de 2001 a março de 2005. São

consideradas alterações no procedimento de obtenção da volatilidade e no fator multiplicador, buscando adequar o modelo à maior volatilidade a que está sujeita a taxa de juros em dólar no Brasil, em comparação à taxa de juros em Real. Um modelo paramétrico de VaR, baseado em alisamento exponencial e um modelo não paramétrico, baseado no quantil empírico, ambos aplicados à abordagem de modelos internos do Acordo de Basiléia, são utilizados como referências para comparação. Os modelos são avaliados com base no desempenho do VaR de um dia e do requerimento de capital, calculados para 10.000 carteiras de renda fixa construídas por simulação.

Os resultados verificados para o VaR evidenciam fortes contrastes entre os modelos. Com efeito, o modelo original da Circular 2.972 se mostra demasiadamente conservador, com o VaR de um dia exibindo pouquíssimas exceções, apesar das fortes flutuações enfrentadas pelo mercado de câmbio no período. Esse comportamento decorre do procedimento de determinação da volatilidade, em que a volatilidade máxima entre as calculadas para os vértices da estrutura a termo do cupom cambial é empregada no cálculo do VaR de todos os vértices. O comportamento da volatilidade do cupom cambial registra severas flutuações no período pré-eleitoral, em meados de 2002, apresentando valores expressivos para os prazos de 21 e de 42 dias. Esse fato decorre do descolamento do dólar futuro em relação ao preço *spot*, marcadamente no período entre final de julho e início de agosto, quando o dólar futuro chega a ficar mais de 10% abaixo do preço *spot*, gerando forte expectativa de desvalorização e atingindo mais fortemente os vértices de menor prazo. Nesse ambiente, a utilização da volatilidade máxima em todos os vértices pode gerar distorções consideráveis. As adaptações do modelo original que usam volatilidades máximas de 2 e 3 grupos de vértices eliminam em grande parte essas distorções, ao mesmo tempo em que apresentam desempenho compatível com o que se espera de um modelo-padrão, equilibrando satisfatoriamente eficácia e eficiência. O uso das sete volatilidades no modelo-padrão o aproximou de tal forma dos modelos de abordagem interna que o descaracterizou como padrão.

O desempenho da exigência de capital mostra que o modelo original da Circular 2.972 praticamente não apresenta exceções. As alternativas de adaptação do modelo-padrão baseadas em 2 e 3 grupos de vértices também apresentam baixa

taxa de exceções, apesar de menores requerimentos médios de capital, sugerindo que o modelo original não seja corretamente dimensionado para o cupom cambial. A mesma tendência se verifica para os valores pelos quais as perdas ultrapassam as respectivas exigências de capital, de forma que o modelo original da Circular 2.972 apresenta ultrapassagens menores em média que os demais modelos. É importante ressaltar que, mais uma vez, as adaptações com base em 2 e 3 grupos de vértices apresentam desempenho próximo ao da versão original, mas com requerimentos consideravelmente menores. Analogamente, quando as perdas são inferiores ao capital requerido (inexistência de exceções), o excesso médio da exigência de capital em relação ao valor presente da carteira para o modelo da Circular 2.972 é significativamente maior que para as duas adaptações, sugerindo a ocorrência de um colchão de proteção excessivo.

Em termos gerais, a utilização do modelo da Circular 2.972 no mercado de cupom cambial é viável, desde que algumas adaptações sejam feitas, de forma a considerar as peculiaridades da estrutura a termo do cupom cambial, especialmente a sensibilidade das taxas de vértices com prazos mais curtos a mudanças bruscas na expectativa de flutuação cambial. Com efeito, as fortes oscilações da volatilidade registradas no período estudado, aliadas ao procedimento de obtenção da volatilidade-padrão para cálculo do VaR, determinam patamares de exigência de capital significativamente elevados quando a estrutura da Circular 2.972 é utilizada na sua forma original. Das adaptações implementadas, a utilização de um multiplicador fixo em três e de volatilidades máximas por grupos de vértices apresentaram resultados consistentes. Cabe destacar o desempenho da versão que utiliza três grupos de vértices, que combinou menores níveis de requerimento de capital com o conservadorismo necessário a um modelo padronizado.

Referências bibliográficas

ARAUJO, G.S.; MOREIRA, J.M.S. e CLEMENTE, R.M. Avaliação de métodos de cálculo de exigência de capital para risco de mercado de carteiras de ações no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, vol. 9, n. 2, abril/junho 2005.

BARBEDO, C.H.S; ARAUJO, G.S.; MOREIRA, J.M.S. e CLEMENTE, R.M. Avaliação de modelos de cálculo de exigência de capital para risco cambial. **Revista Brasileira de Finanças**, vol. 3, n. 2, dezembro de 2005.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 2.972**, 23 de março de 2000-a.

_____. **Nota Técnica sobre a Circular 2.972**, 23 de março de 2000-b.

BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION. **Amendment to the capital accord to incorporate market risks**. January 1996a.

_____. **Supervisory framework for the use of backtesting in conjunction with the internal models approach to market risk capital requirements**. January 1996b.

RISKMETRICS GROUP. **RiskMetrics – Technical document**. New York - J. P. Morgan, 1996.

SILVA, A. C. R.; MOREIRA, J. M. S. e NEVES, M. B. E. Avaliação de modelos de exigência de capital para risco de mercado de cupom cambial. Encontro anual da Sociedade Brasileira de Finanças. **Anais...**São Paulo, 2005.

Banco Central do Brasil

Trabalhos para Discussão

Os Trabalhos para Discussão podem ser acessados na internet, no formato PDF, no endereço: <http://www.bc.gov.br>

Working Paper Series

Working Papers in PDF format can be downloaded from: <http://www.bc.gov.br>

- | | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Implementing Inflation Targeting in Brazil <i>Joel Bogdanski, Alexandre Antonio Tombini and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 2 | Política Monetária e Supervisão do Sistema Financeiro Nacional no Banco Central do Brasil <i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| | Monetary Policy and Banking Supervision Functions on the Central Bank <i>Eduardo Lundberg</i> | Jul/2000 |
| 3 | Private Sector Participation: a Theoretical Justification of the Brazilian Position <i>Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 4 | An Information Theory Approach to the Aggregation of Log-Linear Models <i>Pedro H. Albuquerque</i> | Jul/2000 |
| 5 | The Pass-Through from Depreciation to Inflation: a Panel Study <i>Ilan Goldfajn and Sérgio Ribeiro da Costa Werlang</i> | Jul/2000 |
| 6 | Optimal Interest Rate Rules in Inflation Targeting Frameworks <i>José Alvaro Rodrigues Neto, Fabio Araújo and Marta Baltar J. Moreira</i> | Jul/2000 |
| 7 | Leading Indicators of Inflation for Brazil <i>Marcelle Chauvet</i> | Sep/2000 |
| 8 | The Correlation Matrix of the Brazilian Central Bank's Standard Model for Interest Rate Market Risk <i>José Alvaro Rodrigues Neto</i> | Sep/2000 |
| 9 | Estimating Exchange Market Pressure and Intervention Activity <i>Emanuel-Werner Kohlscheen</i> | Nov/2000 |
| 10 | Análise do Financiamento Externo a uma Pequena Economia Aplicação da Teoria do Prêmio Monetário ao Caso Brasileiro: 1991–1998 <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior</i> | Mar/2001 |
| 11 | A Note on the Efficient Estimation of Inflation in Brazil <i>Michael F. Bryan and Stephen G. Cecchetti</i> | Mar/2001 |
| 12 | A Test of Competition in Brazilian Banking <i>Márcio I. Nakane</i> | Mar/2001 |

- 13 **Modelos de Previsão de Insolvência Bancária no Brasil** Mar/2001
Marcio Magalhães Janot
- 14 **Evaluating Core Inflation Measures for Brazil** Mar/2001
Francisco Marcos Rodrigues Figueiredo
- 15 **Is It Worth Tracking Dollar/Real Implied Volatility?** Mar/2001
Sandro Canesso de Andrade and Benjamin Miranda Tabak
- 16 **Avaliação das Projeções do Modelo Estrutural do Banco Central do Brasil para a Taxa de Variação do IPCA** Mar/2001
Sergio Afonso Lago Alves
- Evaluation of the Central Bank of Brazil Structural Model's Inflation Forecasts in an Inflation Targeting Framework** Jul/2001
Sergio Afonso Lago Alves
- 17 **Estimando o Produto Potencial Brasileiro: uma Abordagem de Função de Produção** Abr/2001
Tito Nícias Teixeira da Silva Filho
- Estimating Brazilian Potential Output: a Production Function Approach** Aug/2002
Tito Nícias Teixeira da Silva Filho
- 18 **A Simple Model for Inflation Targeting in Brazil** Apr/2001
Paulo Springer de Freitas and Marcelo Kfoury Muinhos
- 19 **Uncovered Interest Parity with Fundamentals: a Brazilian Exchange Rate Forecast Model** May/2001
Marcelo Kfoury Muinhos, Paulo Springer de Freitas and Fabio Araújo
- 20 **Credit Channel without the LM Curve** May/2001
Victorio Y. T. Chu and Márcio I. Nakane
- 21 **Os Impactos Econômicos da CPMF: Teoria e Evidência** Jun/2001
Pedro H. Albuquerque
- 22 **Decentralized Portfolio Management** Jun/2001
Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak
- 23 **Os Efeitos da CPMF sobre a Intermediação Financeira** Jul/2001
Sérgio Mikio Koyama e Márcio I. Nakane
- 24 **Inflation Targeting in Brazil: Shocks, Backward-Looking Prices, and IMF Conditionality** Aug/2001
Joel Bogdanski, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Alexandre Antonio Tombini
- 25 **Inflation Targeting in Brazil: Reviewing Two Years of Monetary Policy 1999/00** Aug/2001
Pedro Fachada
- 26 **Inflation Targeting in an Open Financially Integrated Emerging Economy: the Case of Brazil** Aug/2001
Marcelo Kfoury Muinhos
- 27 **Complementaridade e Fungibilidade dos Fluxos de Capitais Internacionais** Set/2001
Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Renato Galvão Flôres Júnior

- 28 **Regras Monetárias e Dinâmica Macroeconômica no Brasil: uma Abordagem de Expectativas Racionais** Nov/2001
Marco Antonio Bonomo e Ricardo D. Brito
- 29 **Using a Money Demand Model to Evaluate Monetary Policies in Brazil** Nov/2001
Pedro H. Albuquerque and Solange Gouvêa
- 30 **Testing the Expectations Hypothesis in the Brazilian Term Structure of Interest Rates** Nov/2001
Benjamin Miranda Tabak and Sandro Canesso de Andrade
- 31 **Algumas Considerações sobre a Sazonalidade no IPCA** Nov/2001
Francisco Marcos R. Figueiredo e Roberta Blass Staub
- 32 **Crises Cambiais e Ataques Especulativos no Brasil** Nov/2001
Mauro Costa Miranda
- 33 **Monetary Policy and Inflation in Brazil (1975-2000): a VAR Estimation** Nov/2001
André Minella
- 34 **Constrained Discretion and Collective Action Problems: Reflections on the Resolution of International Financial Crises** Nov/2001
Arminio Fraga and Daniel Luiz Gleizer
- 35 **Uma Definição Operacional de Estabilidade de Preços** Dez/2001
Tito Nícias Teixeira da Silva Filho
- 36 **Can Emerging Markets Float? Should They Inflation Target?** Feb/2002
Barry Eichengreen
- 37 **Monetary Policy in Brazil: Remarks on the Inflation Targeting Regime, Public Debt Management and Open Market Operations** Mar/2002
Luiz Fernando Figueiredo, Pedro Fachada and Sérgio Goldenstein
- 38 **Volatilidade Implícita e Antecipação de Eventos de Stress: um Teste para o Mercado Brasileiro** Mar/2002
Frederico Pechir Gomes
- 39 **Opções sobre Dólar Comercial e Expectativas a Respeito do Comportamento da Taxa de Câmbio** Mar/2002
Paulo Castor de Castro
- 40 **Speculative Attacks on Debts, Dollarization and Optimum Currency Areas** Apr/2002
Aloisio Araujo and Márcia Leon
- 41 **Mudanças de Regime no Câmbio Brasileiro** Jun/2002
Carlos Hamilton V. Araújo e Getúlio B. da Silveira Filho
- 42 **Modelo Estrutural com Setor Externo: Endogenização do Prêmio de Risco e do Câmbio** Jun/2002
Marcelo Kfoury Muinhos, Sérgio Afonso Lago Alves e Gil Riella
- 43 **The Effects of the Brazilian ADRs Program on Domestic Market Efficiency** Jun/2002
Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 44 | Estrutura Competitiva, Produtividade Industrial e Liberação Comercial no Brasil <i>Pedro Cavalcanti Ferreira e Osmani Teixeira de Carvalho Guillén</i> | Jun/2002 |
| 45 | Optimal Monetary Policy, Gains from Commitment, and Inflation Persistence <i>André Minella</i> | Aug/2002 |
| 46 | The Determinants of Bank Interest Spread in Brazil <i>Tarsila Segalla Afanasieff, Priscilla Maria Villa Lhacer and Márcio I. Nakane</i> | Aug/2002 |
| 47 | Indicadores Derivados de Agregados Monetários <i>Fernando de Aquino Fonseca Neto e José Albuquerque Júnior</i> | Set/2002 |
| 48 | Should Government Smooth Exchange Rate Risk? <i>Ilan Goldfajn and Marcos Antonio Silveira</i> | Sep/2002 |
| 49 | Desenvolvimento do Sistema Financeiro e Crescimento Econômico no Brasil: Evidências de Causalidade <i>Orlando Carneiro de Matos</i> | Set/2002 |
| 50 | Macroeconomic Coordination and Inflation Targeting in a Two-Country Model <i>Eui Jung Chang, Marcelo Kfoury Muinhos and Joaúlio Rodolpho Teixeira</i> | Sep/2002 |
| 51 | Credit Channel with Sovereign Credit Risk: an Empirical Test <i>Victorio Yi Tson Chu</i> | Sep/2002 |
| 52 | Generalized Hyperbolic Distributions and Brazilian Data <i>José Fajardo and Aquiles Farias</i> | Sep/2002 |
| 53 | Inflation Targeting in Brazil: Lessons and Challenges <i>André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos</i> | Nov/2002 |
| 54 | Stock Returns and Volatility <i>Benjamin Miranda Tabak and Solange Maria Guerra</i> | Nov/2002 |
| 55 | Componentes de Curto e Longo Prazo das Taxas de Juros no Brasil <i>Carlos Hamilton Vasconcelos Araújo e Osmani Teixeira de Carvalho de Guillén</i> | Nov/2002 |
| 56 | Causality and Cointegration in Stock Markets: the Case of Latin America <i>Benjamin Miranda Tabak and Eduardo José Araújo Lima</i> | Dec/2002 |
| 57 | As Leis de Falência: uma Abordagem Econômica <i>Aloisio Araujo</i> | Dez/2002 |
| 58 | The Random Walk Hypothesis and the Behavior of Foreign Capital Portfolio Flows: the Brazilian Stock Market Case <i>Benjamin Miranda Tabak</i> | Dec/2002 |
| 59 | Os Preços Administrados e a Inflação no Brasil <i>Francisco Marcos R. Figueiredo e Thaís Porto Ferreira</i> | Dez/2002 |
| 60 | Delegated Portfolio Management <i>Paulo Coutinho and Benjamin Miranda Tabak</i> | Dec/2002 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 61 | O Uso de Dados de Alta Frequência na Estimação da Volatilidade e do Valor em Risco para o Ibovespa <i>João Maurício de Souza Moreira e Eduardo Facó Lemgruber</i> | Dez/2002 |
| 62 | Taxa de Juros e Concentração Bancária no Brasil <i>Eduardo Kiyoshi Tonooka e Sérgio Mikio Koyama</i> | Fev/2003 |
| 63 | Optimal Monetary Rules: the Case of Brazil <i>Charles Lima de Almeida, Marco Aurélio Peres, Geraldo da Silva e Souza and Benjamin Miranda Tabak</i> | Fev/2003 |
| 64 | Medium-Size Macroeconomic Model for the Brazilian Economy <i>Marcelo Kfoury Muinhos and Sergio Afonso Lago Alves</i> | Fev/2003 |
| 65 | On the Information Content of Oil Future Prices <i>Benjamin Miranda Tabak</i> | Fev/2003 |
| 66 | A Taxa de Juros de Equilíbrio: uma Abordagem Múltipla <i>Pedro Calhman de Miranda e Marcelo Kfoury Muinhos</i> | Fev/2003 |
| 67 | Avaliação de Métodos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco de Mercado de Carteiras de Ações no Brasil <i>Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente</i> | Fev/2003 |
| 68 | Real Balances in the Utility Function: Evidence for Brazil <i>Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane</i> | Fev/2003 |
| 69 | r-filters: a Hodrick-Prescott Filter Generalization <i>Fabio Araújo, Marta Baltar Moreira Areosa and José Alvaro Rodrigues Neto</i> | Fev/2003 |
| 70 | Monetary Policy Surprises and the Brazilian Term Structure of Interest Rates <i>Benjamin Miranda Tabak</i> | Fev/2003 |
| 71 | On Shadow-Prices of Banks in Real-Time Gross Settlement Systems <i>Rodrigo Penaloza</i> | Apr/2003 |
| 72 | O Prêmio pela Maturidade na Estrutura a Termo das Taxas de Juros Brasileiras <i>Ricardo Dias de Oliveira Brito, Angelo J. Mont'Alverne Duarte e Osmani Teixeira de C. Guillen</i> | Maio/2003 |
| 73 | Análise de Componentes Principais de Dados Funcionais – Uma Aplicação às Estruturas a Termo de Taxas de Juros <i>Getúlio Borges da Silveira e Octavio Bessada</i> | Maio/2003 |
| 74 | Aplicação do Modelo de Black, Derman & Toy à Precificação de Opções Sobre Títulos de Renda Fixa <i>Octavio Manuel Bessada Lion, Carlos Alberto Nunes Cosenza e César das Neves</i> | Maio/2003 |
| 75 | Brazil's Financial System: Resilience to Shocks, no Currency Substitution, but Struggling to Promote Growth <i>Ilan Goldfajn, Katherine Hennings and Helio Mori</i> | Jun/2003 |

- 76 **Inflation Targeting in Emerging Market Economies** Jun/2003
Arminio Fraga, Ilan Goldfajn and André Minella
- 77 **Inflation Targeting in Brazil: Constructing Credibility under Exchange Rate Volatility** Jul/2003
André Minella, Paulo Springer de Freitas, Ilan Goldfajn and Marcelo Kfoury Muinhos
- 78 **Contornando os Pressupostos de Black & Scholes: Aplicação do Modelo de Precificação de Opções de Duan no Mercado Brasileiro** Out/2003
Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Antonio Carlos Figueiredo, Eduardo Facó Lemgruber
- 79 **Inclusão do Decaimento Temporal na Metodologia Delta-Gama para o Cálculo do VaR de Carteiras Compradas em Opções no Brasil** Out/2003
Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo, Eduardo Facó Lemgruber
- 80 **Diferenças e Semelhanças entre Países da América Latina: uma Análise de Markov Switching para os Ciclos Econômicos de Brasil e Argentina** Out/2003
Arnildo da Silva Correa
- 81 **Bank Competition, Agency Costs and the Performance of the Monetary Policy** Jan/2004
Leonardo Soriano de Alencar and Márcio I. Nakane
- 82 **Carteiras de Opções: Avaliação de Metodologias de Exigência de Capital no Mercado Brasileiro** Mar/2004
Cláudio Henrique da Silveira Barbedo e Gustavo Silva Araújo
- 83 **Does Inflation Targeting Reduce Inflation? An Analysis for the OECD Industrial Countries** May/2004
Thomas Y. Wu
- 84 **Speculative Attacks on Debts and Optimum Currency Area: a Welfare Analysis** May/2004
Aloisio Araujo and Marcia Leon
- 85 **Risk Premia for Emerging Markets Bonds: Evidence from Brazilian Government Debt, 1996-2002** May/2004
André Soares Loureiro and Fernando de Holanda Barbosa
- 86 **Identificação do Fator Estocástico de Descontos e Algumas Implicações sobre Testes de Modelos de Consumo** Maio/2004
Fabio Araujo e João Victor Issler
- 87 **Mercado de Crédito: uma Análise Econométrica dos Volumes de Crédito Total e Habitacional no Brasil** Dez/2004
Ana Carla Abrão Costa
- 88 **Ciclos Internacionais de Negócios: uma Análise de Mudança de Regime Markoviano para Brasil, Argentina e Estados Unidos** Dez/2004
Arnildo da Silva Correa e Ronald Otto Hillbrecht
- 89 **O Mercado de Hedge Cambial no Brasil: Reação das Instituições Financeiras a Intervenções do Banco Central** Dez/2004
Fernando N. de Oliveira

- 90 Bank Privatization and Productivity: Evidence for Brazil** Dec/2004
Márcio I. Nakane and Daniela B. Weintraub
- 91 Credit Risk Measurement and the Regulation of Bank Capital and Provision Requirements in Brazil – A Corporate Analysis** Dec/2004
Ricardo Schechtman, Valéria Salomão Garcia, Sergio Miki Koyama and Guilherme Cronemberger Parente
- 92 Steady-State Analysis of an Open Economy General Equilibrium Model for Brazil** Apr/2005
Mirta Noemi Sataka Bugarin, Roberto de Goes Ellery Jr., Victor Gomes Silva, Marcelo Kfoury Muinhos
- 93 Avaliação de Modelos de Cálculo de Exigência de Capital para Risco Cambial** Abr/2005
Claudio H. da S. Barbedo, Gustavo S. Araújo, João Maurício S. Moreira e Ricardo S. Maia Clemente
- 94 Simulação Histórica Filtrada: Incorporação da Volatilidade ao Modelo Histórico de Cálculo de Risco para Ativos Não-Lineares** Abr/2005
Claudio Henrique da Silveira Barbedo, Gustavo Silva Araújo e Eduardo Facó Lemgruber
- 95 Comment on Market Discipline and Monetary Policy by Carl Walsh** Apr/2005
Maurício S. Bugarin and Fábria A. de Carvalho
- 96 O que É Estratégia: uma Abordagem Multiparadigmática para a Disciplina** Ago/2005
Anthero de Moraes Meirelles
- 97 Finance and the Business Cycle: a Kalman Filter Approach with Markov Switching** Aug/2005
Ryan A. Compton and Jose Ricardo da Costa e Silva
- 98 Capital Flows Cycle: Stylized Facts and Empirical Evidences for Emerging Market Economies** Aug/2005
Helio Mori e Marcelo Kfoury Muinhos
- 99 Adequação das Medidas de Valor em Risco na Formulação da Exigência de Capital para Estratégias de Opções no Mercado Brasileiro** Set/2005
Gustavo Silva Araújo, Claudio Henrique da Silveira Barbedo, e Eduardo Facó Lemgruber
- 100 Targets and Inflation Dynamics** Oct/2005
Sergio A. L. Alves and Waldyr D. Areosa
- 101 Comparing Equilibrium Real Interest Rates: Different Approaches to Measure Brazilian Rates** Mar/2006
Marcelo Kfoury Muinhos and Márcio I. Nakane
- 102 Judicial Risk and Credit Market Performance: Micro Evidence from Brazilian Payroll Loans** Apr/2006
Ana Carla A. Costa and João M. P. de Mello
- 103 The Effect of Adverse Supply Shocks on Monetary Policy and Output** Apr/2006
Maria da Glória D. S. Araújo, Mirta Bugarin, Marcelo Kfoury Muinhos and Jose Ricardo C. Silva

- 104 Extração de Informação de Opções Cambiais no Brasil** Abr/2006
Eui Jung Chang e Benjamin Miranda Tabak
- 105 Representing Roomate's Preferences with Symmetric Utilities** Apr/2006
José Alvaro Rodrigues-Neto
- 106 Testing Nonlinearities Between Brazilian Exchange Rates and Inflation Volatilities** May/2006
Cristiane R. Albuquerque and Marcelo Portugal
- 107 Demand for Bank Services and Market Power in Brazilian Banking** Jun/2006
Márcio I. Nakane, Leonardo S. Alencar and Fabio Kanczuk
- 108 O Efeito da Consignação em Folha nas Taxas de Juros dos Empréstimos Pessoais** Jun/2006
Eduardo A. S. Rodrigues, Victorio Chu, Leonardo S. Alencar e Tony Takeda
- 109 The Recent Brazilian Disinflation Process and Costs** Jun/2006
Alexandre A. Tombini and Sergio A. Lago Alves
- 110 Fatores de Risco e o Spread Bancário no Brasil** Jul/2006
Fernando G. Bignotto e Eduardo Augusto de Souza Rodrigues