

Fundação Getulio Vargas  
Escola de Pós-Graduação em Economia  
Mestrado em Finanças e Economia Empresarial

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CAPITAIS  
ECONÔMICO E REGULAMENTAR COM ENFOQUE EM  
RISCO DE MERCADO

Letícia Gentile da Veiga

Rio de Janeiro  
Maio de 2008

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CAPITAIS  
ECONÔMICO E REGULAMENTAR COM ENFOQUE EM  
RISCO DE MERCADO

LETÍCIA GENTILE DA VEIGA

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Finanças e Economia Empresarial, sob a orientação da Professora Eduarda Cunha de La Rocque e co-orientação do Professor Cesar Aragão.

RIO DE JANEIRO  
MAIO DE 2008

# UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CAPITAIS ECONÔMICO E REGULAMENTAR COM ENFOQUE EM RISCO DE MERCADO

LETÍCIA GENTILE DA VEIGA

Dissertação submetida ao corpo docente da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas – EPGE/FGV, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Finanças e Economia Empresarial.

Aprovada em 30 de Maio de 2008.

Banca Examinadora

---

Eduarda Cunha de La Rocque – Orientadora  
Doutora em Economia pela PUC-Rio.

---

César Aragão – Co-orientador  
Mestre em Economia pela EPGE-FGV.

---

Alexandre Lowenkron  
Doutor em Economia pela PUC-Rio.

## Resumo

Neste trabalho, analisamos a metodologia de cálculo do capital exigido aos bancos brasileiros pelo Banco Central do Brasil, segundo as regras de Basiléia II. O objetivo foi comparar capital regulamentar com capital econômico, medido por modelos de Value at Risk (VaR). Apresentamos exemplos de aplicação destes conceitos em carteiras normalmente negociadas por bancos brasileiros, mostrando a relação entre capital regulamentar e econômico para diversos mercados e estratégias. Tendo em vista as análises realizadas, realçamos os pontos de maior divergência entre os dois tipos de capital. Concluimos enfatizando a importância da revisão de alguns aspectos das regras de Basiléia II no sentido de promover maior convergência entre capital econômico e regulamentar.

**Palavras-Chave:** Risco de Mercado, Value at Risk, Basiléia.

## Abstract

In this work, we analyze the methodology developed by the Central Bank of Brazil, following rules set by Basel II, for estimating the Capital that must be held by Brazilian Banks in order to face its financial risks. The main objective is to compare this regulatory capital to the economic capital, the latter being measured by the methodology of Value at Risk (VaR). We assess and compare these two types of capital based on practical examples of portfolios commonly held by Brazilian banks trading different markets and strategies. Based on the results of this assessment, we analyze the difference and similarities of the two methodologies. We conclude emphasizing the importance of revising some aspects of Basel II rules in order to promote greater convergence between economic and regulatory capital.

Key words: Market Risk, Value at Risk, Basel Committee.

## Agradecimentos

Aos meus orientadores, Eduarda La Rocque e César Aragão, pelos valiosos ensinamentos e conselhos.

Ao César Aragão, meu chefe, por acompanhar meu trabalho há cinco anos e contribuir para minha evolução profissional.

À minha família, por seu amor e apoio incondicionais.

À RiskControl Serviços, pela troca de conhecimento e fornecimento do sistema de risco que foi de grande auxílio nas análises deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo fazer uma crítica ao modelo de alocação de capital proposto pelo Banco Central do Brasil, que entra em vigor em Julho de 2008.

Comparamos capital regulamentar com capital econômico para diversos fatores de risco e estratégias, com ênfase em risco de mercado. Mostramos que, na prática, algumas regras geram distorções que vão de encontro ao objetivo de estimular a diversificação do risco por parte das instituições financeiras.

Com exemplos teóricos e práticos, corroboramos a idéia de que convergência entre capital econômico e capital regulamentar é o caminho para garantir a estabilidade sem afetar a competitividade das instituições do sistema bancário.

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. CAPITAL REGULAMENTAR.....</b>	<b>2</b>
2.1. EXIGÊNCIAS PARA RISCO DE CRÉDITO - O ACORDO DE CAPITAL DE 1988 .....	3
2.1.1. Deficiências no Acordo de Capital de 1988.....	5
2.2. CAPITAL EXIGIDO PARA RISCO DE MERCADO.....	5
2.2.1. Capital relativo a dívida (juros).....	6
2.2.2. Capital exigido para posições em ações.....	10
2.2.3. Capital exigido para posição em moedas.....	11
2.2.4. Capital exigido para posição em commodities.....	11
2.2.5. Modelos internos .....	12
2.3. NOVO ACORDO DA BASILÉIA .....	13
2.3.1. Objetivos e características gerais do Novo Acordo .....	13
2.3.2. Pilar I .....	13
2.3.3. Pilar II.....	13
2.3.4. Pilar III – Disciplina de Mercado .....	14
2.3.5. Prós e contras da Basiléia II.....	14
<b>3. CAPITAL ECONÔMICO EM RISCO DE MERCADO .....</b>	<b>15</b>
3.1. DEFINIÇÃO DE VAR .....	15
3.2. METODOLOGIAS DE ESTIMAÇÃO DO VAR .....	17
3.2.1. VaR delta-normal .....	17
3.2.2. Simulação Histórica (SH).....	18
3.2.3. Simulação de Monte Carlo.....	18
3.3. O EFEITO DA CORRELAÇÃO .....	18
<b>4. BASILÉIA II NO BRASIL .....</b>	<b>20</b>
4.1. CAM.....	20
4.2. PJUR .....	21
4.2.1. PJUR1 .....	21
4.2.2. PJUR2, PJUR3 e PJUR4.....	25
4.3. PCOM .....	26
4.4. PACS.....	26
<b>5. ANÁLISE TEÓRICA DE ALGUNS ASPECTOS DO CAPITAL REGULAMENTAR NO BRASIL.....</b>	<b>27</b>
<b>6. MENSURANDO CAPITAL ECONÔMICO E CAPITAL REGULAMENTAR EM CARTEIRAS REAIS DO BRASIL.....</b>	<b>33</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
<b>9. APÊNDICE.....</b>	<b>36</b>
9.1. DURATION.....	36

## 1. Introdução

Como colocado por Jorion no livro *Value at Risk*, “... o capital econômico é o montante de capital que as instituições empregariam para oferecer sustento a suas atividades na ausência de restrições regulamentares, depois de cuidadoso estudo da troca entre risco e retorno envolvida”.

Um objetivo central dos governos é prover um ambiente econômico estável para os negócios e indivíduos. A regulamentação é considerada necessária quando os mercados livres aparentam não conseguir alocar recursos com eficiência, ameaçando a solidez do sistema financeiro. Entretanto, as exigências de capital devem ser baseadas no risco incorrido pela instituição.

Neste trabalho, fazemos uma análise com enfoque em risco de mercado do capital regulamentar e do capital econômico.

O capítulo 2 apresenta um histórico da evolução do capital regulamentar definido pelo Comitê da Basileia, desde o primeiro acordo em 1988 até a recente adoção de modelos internos. As regras para alocação de capital referente a risco de mercado são explicitadas.

O capítulo 3 mostra a forma de mensurar capital econômico mais difundida no mercado, o conceito de *Value at Risk* e suas diferentes abordagens, bem como as vantagens e desvantagens de cada uma.

Uma explanação sobre o capital regulamentar no Brasil é feita no capítulo 4, evidenciando as diferenças e semelhanças com as regras estabelecidas pelo Comitê da Basileia (capítulo 2).

No capítulo 5, usamos o conteúdo exposto sobre capital econômico no terceiro capítulo para confrontar alguns aspectos da teoria com as premissas implícitas nas regras brasileiras.

Mostramos no sexto capítulo uma aplicação prática do tema, quantificando os dois tipos de capital em carteiras com estratégias típicas de bancos brasileiros.

Finalmente, concluímos a relação entre capital econômico e regulamentar no Brasil e analisamos as possíveis consequências da não-convergência entre ambos.

## 2. Capital regulamentar

A habilidade de um banco de arcar com perdas inesperadas é muito dependente da quantidade de capital que ele possui. Por esse motivo, tem havido uma tendência mundial no sentido de desenvolver regras cada vez mais complexas sobre o capital que os bancos devem manter.

Intuitivamente, seria de se esperar que os bancos mantivessem um nível de capital suficiente para dar seguimento às suas atividades, garantindo sua própria estabilidade e, conseqüentemente, a do sistema como um todo. Entretanto, há dois fatores que interferem nesse equilíbrio: externalidade e seguro de depósito (Jorion, 2001).

A externalidade advém da capacidade de um banco, ao falir, provocar um efeito em cascata, afetando outros bancos. Dessa forma, bancos que por ventura se arriscassem, aumentando sua rentabilidade às custas de manter níveis baixos de capital, poderiam prejudicar todo o sistema se eventualmente quebrassem. Isso faz com que haja um interesse maior do governo em exigir capital regulamentar.

O seguro de depósito surgiu em consequência da natureza desestabilizadora dos depósitos bancários. É prometido ao correntista, a qualquer momento, resgatar seus depósitos no banco. Na prática, se todos o fizerem ao mesmo tempo (a chamada “corrida aos bancos”), o banco não terá esses recursos disponíveis. Como os ativos do banco podem estar investidos em papéis sem liquidez ou imóveis, ele será forçado a converter suas aplicações em caixa às pressas, a custos enormes.

O fator que leva as pessoas a correrem aos bancos é a desconfiança de que as instituições possam não honrar seus compromissos em um futuro próximo. Para que os credores tenham confiança no sistema bancário, o governo confere a eles um seguro de depósito. Entretanto, a própria existência do seguro acaba encorajando os bancos a reduzir capital, já que têm uma opção: se forem bem sucedidos, ficam com os lucros; se não, o governo paga o que o banco deve aos correntistas. Este incentivo indesejado, chamado de risco moral ou *moral hazard*, constitui mais um motivo para a exigência de capital regulamentar.

No Brasil, o seguro de depósito é conferido pelo Fundo Garantidor de Crédito (FGC), cujos recursos advêm das próprias instituições financeiras que são obrigadas a fornecer uma porcentagem dos depósitos a esse fundo.

### **2.1. Exigências para risco de crédito - O Acordo de Capital de 1988**

As primeiras exigências regulatórias foram propostas pelo Comitê da Basileia em Dezembro de 1987, e ratificadas no Acordo de Capital em Julho de 1988.

O Comitê da Basileia é um grupo composto de autoridades supervisoras do G-10 (Bélgica, Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Holanda, Suécia, Suíça, Reino Unido e Estados Unidos), além de Luxemburgo e Espanha.

Entre as motivações para o Acordo de Capital, estava a queda histórica do nível de capitalização do sistema bancário. A razão entre capital e ativos totais era alta (em 1800 a razão dos sistemas bancários mais avançados era entre 15-20%), mas entrou em um processo de declínio progressivo, atingindo nível mínimo em meados de 1970 (Resti e Sironi, 2007).

Além disso, havia um interesse em unificar a exigência de capital em um nível global, propiciando condições homogêneas de competição entre os bancos internacionalmente. As instituições financeiras de determinados países cujas regras permitiam níveis baixos

de capital em relação ao risco incorrido apresentavam maior retorno por unidade capital, possuindo vantagem competitiva em relação aos outros e ganhando grande fatia do mercado.

O Acordo, entretanto, só considerava capital para fazer frente ao risco de crédito. A regra para cálculo do capital era a seguinte:

$$CR = \frac{RC}{\sum_i A_i w_i} \geq 8\% \quad (1), \text{ onde } CR \text{ é a razão de capital (capital ratio), } RC \text{ é o capital}$$

regulamentar (*regulatory capital*),  $A_i$  é o i-ésimo ativo e  $w_i$  é o peso atribuído a risco do i-ésimo ativo.

Os bancos eram, portanto, obrigados a manter capital maior ou igual a 8% dos “ativos ponderados por risco” ( $\sum_i A_i w_i$ ).

Havia apenas quatro pesos  $w_i$ , maiores para ativos mais arriscados, baseados em critérios de liquidez, tipo de devedor (governos, bancos, empresas, etc.) e país do devedor, visualizadas na Tabela 1<sup>1</sup>:

**Tabela 1**

$w_i=0\%$	$w_i=20\%$	$w_i=50\%$	$w_i=100\%$
Caixa	Recebíveis de bancos de países da OCDE	Empréstimos garantidos por hipotecas de propriedades residenciais	Recebíveis do setor privado
Recebíveis de bancos centrais de países membros da OCDE	Recebíveis de entidades públicas de países da OCDE		Capital investido em companhias privadas
Títulos do governo de países da OCDE			Recebíveis de bancos e governos centrais de países fora da OCDE
			Ativos imobilizados

---

<sup>1</sup>OCDE é a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, estabelecida em 1961 e formada atualmente por 30 países que coletam e compartilham dados e estatísticas socio-econômicos. Além de coletar dados, a OCDE monitora tendências, analisa e faz previsões econômicas, pesquisa ambientes sociais, de comércio, meio-ambiente, agricultura, impostos, etc. O objetivo é propiciar um fórum onde governos trocam experiências, identificam boas práticas e coordenam políticas domésticas e internacionais.

### **2.1.1. Deficiências no Acordo de Capital de 1988**

O Acordo de Capital tem várias limitações, sendo as principais (Resti e Sironi, 2007):

- Foco apenas no risco de crédito, ignorando os outros tipos de risco;
- A existência de apenas quatro categorias de risco gera pouca diferenciação do mesmo. Empréstimos a qualquer empresa, independente de seu rating, são sujeitos ao mesmo nível de exigência de capital;
- Reconhecimento limitado da ligação entre vencimento e risco de crédito - Quanto maior o prazo para o vencimento, maior a chance de o rating da contraparte se alterar nesse intervalo. O Acordo ignorou quase totalmente a relação entre prazo para vencimento e risco de crédito;
- Não reconhecimento da diversificação de portfólio – o Acordo não considera as correlações entre os empréstimos, levando um portfólio com grande número de empréstimos bem diversificado a requisitar o mesmo capital de um portfólio concentrado em poucos credores (ou setores, países, etc). Isto não incentiva os bancos a diversificarem seus riscos de crédito;
- Reconhecimento limitado de ferramentas de mitigação de risco – o Acordo não reconhece a mitigação de risco devido a garantias ou derivativos de crédito, dando aos bancos pouco incentivo a usar essas ferramentas.

As deficiências no *framework* geraram distorções, chamadas de “arbitragem regulatória”. Os bancos foram levados a substituir empréstimos de boa qualidade cuja exigência de capital era comparativamente alta e, portanto, eram caros do ponto de vista de capital, por empréstimos de pior qualidade, que trariam maiores *spreads*, utilizando relativamente pouco capital.

Esses incentivos geraram uma piora da qualidade dos portfólios de empréstimos, justamente o oposto do objetivo de uma política regulatória, que almeja tornar o sistema bancário mais estável.

Apesar destas limitações, o Acordo de 1988 conseguiu reverter o declínio de capitalização dos grandes bancos, fazendo com que a razão de capital crescesse nas principais economias dos países desenvolvidos.

### **2.2. Capital exigido para risco de mercado**

Como o acordo da Basiléia de 1988 era limitado a risco de crédito e não levava em conta risco de mercado, o Comitê da Basiléia formulou propostas em Abril de 1993, revisadas dois anos depois.

Os critérios usados foram:

- O horizonte de investimento considerado deve ser de duas semanas;

- As séries históricas usadas para estimação da volatilidade dos fatores de risco devem ser de cinco anos;
- O capital deve cobrir uma porção significativa, mas não 100%, das possíveis perdas.

Os fatores de risco abrangidos incluíam taxas de juros, moedas, ações e *commodities*.

Para posições em ações, instrumentos de dívida e *commodities*, o capital exigido era limitado a posições incluídas no *trading book*. *Trading book* é definido como conjunto de posições proprietárias em instrumentos financeiros, mantidas com intenção de revenda no curto prazo e/ou mantidas com interesse em obter benefício na variação de preços, bem como posições destinadas a *market making* ou a *hedge* de outras operações no *trading book*.

A contra-partida do *trading book* é o *banking book*, que inclui posições que, apesar de dependerem das mesmas variáveis de mercado, portanto gerando riscos similares, são mantidas em carteira para outros objetivos, especialmente investimentos de médio/longo prazo.

O modelo padrão (*standardized approach*) de cálculo do capital exigido baseia-se na soma dos requisitos de (i) títulos (juros), (ii) ações, (iii) moedas e (iv) *commodities*.

Os riscos de títulos e ações são divididos em risco genérico (perdas causadas por mudanças adversas nos fatores de mercado em geral) e risco específico (perdas causadas por mudanças adversas nos fatores relacionados a um emissor individual, como falência, crises financeiras, etc.).

Com a introdução de risco de mercado, o capital regulatório se tornou a soma de três componentes:

- Capital exigido por risco de crédito (apenas para o *banking book*);
- Capital exigido por risco de mercado (apenas para o *trading book*);
- Capital exigido por risco de taxa de câmbio (para *trading* e *banking book*).

### 2.2.1. Capital relativo a dívida (juros)

O cálculo do capital referente a juros baseia-se no conceito de *duration*, que estabelece uma relação entre o preço de um título e a variação no *yield* deste papel (ver apêndice A).

$\Delta B \cong -DB\Delta y$  (2), onde B é o preço, D é a *duration* e y é a *yield* do título.

O Comitê estabeleceu 15 bandas, cada uma correspondendo a uma faixa de vencimentos e a um nível de cupom. As informações de prazo para vencimento e cupom fornecem

implicitamente a *duration* de um título, logo cada uma das 15 bandas corresponde a uma *duration* média. As bandas são agrupadas em três zonas “I” de tempos diferentes.

Foram definidos choques ( $\Delta y$ ) para as taxas de juros correspondentes às 15 bandas, que foram calibrados para 99% de intervalo de confiança e 10 dias úteis.

O produto do choque pela *duration* ( $D\Delta y$ ) resulta em um peso “w” igual à variação percentual no preço do título devido ao choque na *yield*:

$$\frac{\Delta B}{B} \cong -D\Delta y = -w \quad (3)$$

Este peso “w” era usado para ponderar o valor presente de todos os títulos ou derivativos de taxas de juros alocados na banda correspondente à sua *duration*. A tabela 2 resume os pesos para diversas zonas, bandas e cupons.

**Tabela 2**

Zona (I)	Banda (j)	Prazo para vencimento		Duration média	Choque na yield	Peso de risco ( $w=D\Delta y$ )
		Cupom < 3%	Cupom ≥ 3%			
1	1	< 1 mes	< 1 mes	0	1%	0.00%
	2	1 a 3 meses	1 a 3 meses	0.2	1%	0.20%
	3	3 a 6 meses	3 a 6 meses	0.4	1%	0.40%
	4	6 a 12 meses	6 a 12 meses	0.7	1%	0.70%
2	5	1 a 1.9 anos	1 a 2 anos	1.4	0.90%	1.26%
	6	1.9 a 2.8 anos	2 a 3 anos	2.2	0.80%	1.76%
	7	2.8 a 3.6 anos	3 a 4 anos	3	0.75%	2.25%
3	8	3.6 a 4.3 anos	4 a 5 anos	3.65	0.75%	2.74%
	9	4.3 a 5.7 anos	5 a 7 anos	4.65	0.70%	3.26%
	10	5.7 a 7.3 anos	7 a 10 anos	5.8	0.65%	3.77%
	11	7.3 a 9.3 anos	10 a 15 anos	7.5	0.60%	4.50%
	12	9.3 a 10.6 anos	15 a 20 anos	8.75	0.60%	5.25%
	13	10.6 a 12 anos	> 20 anos	10	0.60%	6.00%
	14	12 a 20 anos		13.5	0.60%	8.10%
	15	> 20 anos		21	0.60%	12.60%

A posição líquida de cada título e derivativo de juros “i” ( $NP_i$ ) é dada pela diferença entre o valor marcado a mercado das posições compradas líquidas ( $NP_i^+$ ) menos o das posições vendidas líquidas ( $NP_i^-$ ).

Essas posições líquidas são alocadas em 15 bandas, em função do prazo para vencimento e do cupom ou, de outra forma, em função da *duration*.

Cada posição líquida é então multiplicada pelo “peso de risco” (w) específico de sua banda, obtendo-se as posições ponderadas líquidas ( $WNP_i^+$  e  $WNP_i^-$ ). Como mostrado no Apêndice A,  $WNP_i$  é uma estimativa da mudança no valor presente dos títulos em função de uma mudança nas taxas de mercado.

A posição total de cada banda “j” ( $NP_j$ ) é a diferença entre a soma das posições ponderadas compradas líquidas e a soma das posições ponderadas vendidas líquidas:

$$NP_j = \sum_{i \in j} WNP_i^+ - \sum_{i \in j} WNP_i^- \quad (4)$$

Note que, ao fazer o “*netting*” das posições ponderadas compradas e vendidas em diferentes títulos dentro de uma banda de tempo, existe uma hipótese implícita de que dentro da mesma banda todos os títulos são perfeitamente correlacionados.

Para incorporar o efeito de correlação imperfeita entre as *yields*, deve ser somado um fator igual  $k_j$ , chamado de “descasamento vertical”, correspondente a 10% do total da posição que sofreu *offset*:

$$k_j = 10\% \min(\sum_{i \in j} WNP_i^+, \sum_{i \in j} WNP_i^-) \quad (5)$$

Os  $NP_j$  do conjunto de bandas correspondente à zona “1” são então somados:

$$NP_l = \sum_{j \in l} NP_j^+ - \sum_{j \in l} NP_j^- \quad (6)$$

Neste caso, há uma hipótese implícita de que a correlação entre *yields* de títulos de diferentes *durations* é perfeita. Para que haja cancelamento total entre as  $NP_j^+$  e  $NP_j^-$ , é cobrado um capital  $k_l$  referente a “descasamento horizontal”:

$$k_l = c_l \min(\sum_{j \in l} NP_j^+, \sum_{j \in l} NP_j^-) \quad (7),$$

onde  $c_l$  é um fator igual a 40% para a zona 1 e 30% para as zonas 2 e 3.

O motivo para o fator ser maior para a zona 1 é que o Comitê considera que taxas de curto prazo são menos correlacionadas entre si que taxas de médio e longo prazo.

Finalmente, as posições totais de cada zona  $NP_l$  são consolidadas (NP):

$$NP = \sum_l NP_l \quad (8)$$

Para corrigir o efeito de correlação perfeita entre as *yields* de diferentes zonas, há fatores de “descasamento entre zonas” ( $m$ ). Se zonas adjacentes têm posições contrárias, é cobrado um fator de 40% sobre a porção cancelada. Este fator é 100% para posições entre as zonas 1 e 3, o que significa que entre essas zonas nenhum cancelamento é permitido.

O capital total alocado MR é:

$$MR = NP + \sum_j k_j + \sum_l k_l + \sum m \quad (9)$$

#### *Exemplo 1: Cálculo de alocação de capital referente a juros*

A partir das posições ponderadas líquidas ( $WNP_i^+$  e  $WNP_i^-$ ) de cada banda  $j$  presentes na tabela 3, em milhões de reais, será feito o cálculo do capital exigido para risco de mercado (MR).

O cálculo do descasamento vertical é realizado na tabela 3, o do descasamento horizontal na tabela 4 e o do descasamento entre bandas na tabela 5.

Tabela 3

Banda j	$\sum WNP_{i+}$	$\sum WNP_{i-}$	$\min(\sum WNP_{i+}, \sum WNP_{i-})$	$k_j$	$NP_j = \sum WNP_{i+} - \sum WNP_{i-}$
1	0	0	0	0	0
2	110	90	90	9	20
3	90	100	90	9	-10
4	60	50	50	5	10
5	20	80	20	2	-60
6	60	30	30	3	30
7	10	100	10	1	-90
8	50	40	40	4	10
9	35	40	35	3,5	-5
10	20	25	20	2	-5
11	30	40	30	3	-10
12	60	20	20	2	40
13	70	10	10	1	60
14	100	30	30	3	70
15	45	5	5	0,5	40
$\sum k$ (descasamento vertical)				48	

Tabela 4

Zona l	Banda j	$NP_{j+}$	$NP_{j-}$	$\min(\sum NP_{j+}, \sum NP_{j-})$	$k_l$	$NPI = \sum NP_{j+} - \sum NP_{j-}$
1	1					
	2	20				
	3		10			
	4	10				
	Total	30	10	10	4	20
2	5		60			
	6	30				
	7		90			
	Total	30	150	30	9	-120
3	8	10				
	9		5			
	10		5			
	11		10			
	12	40				
	13	60				
	14	70				
	15	40				
	Total	220	20	20	6	200
$\sum k$ (descasamento horizontal)					19	

Tabela 5

m		
NP <sub>1</sub>	20	
NP <sub>2</sub>	-120	
Min( NP <sub>1</sub>  ,  NP <sub>2</sub>  )	20	8
NP <sub>3</sub>	200	
Δ = NP <sub>1</sub> + NP <sub>2</sub>	-100	
Min( Δ ,  NP <sub>3</sub>  )	100	40
Σm (descasamento entre zonas)		48

A posição total de cada zona (NP = NP<sub>1</sub> + NP<sub>2</sub> + NP<sub>3</sub>) é igual a R\$ 100 MM e o capital total alocado (MR) será R\$ 215 MM.

O capital calculado acima corresponde ao risco genérico. Além dele, é cobrado capital referente a risco de crédito, chamado risco específico, que é um percentual do total líquido detido pelo banco, que depende do tipo de emissor, seu *rating* e a vida residual da emissão.

### 2.2.2. Capital exigido para posições em ações

O capital exigido pelo risco específico equivale a 8% da posição geral bruta, isto é, a soma de todas as posições compradas e vendidas em ações (apenas posições nas mesmas ações podem se anular). Este percentual cai para 4% em caso de portfólios líquidos e bem diversificados<sup>2</sup>.

O capital exigido pelo risco genérico equivale a 8% da posição líquida, que é o valor absoluto da diferença entre a soma das posições compradas e a soma das posições vendidas.

Note que as posições líquidas devem ser computadas separadamente para cada país, ou seja, posições compradas e vendidas em diferentes países não podem se cancelar.

O capital total exigido para ações ( $k_{ações}$ ) é, portanto:

$$k_{ações} = \sum_{i=1}^N \left\{ 8\% \left| \sum_{j=1}^M NOP_{j,i} \right| + F \sum_{j=1}^M \left| NOP_{j,i} \right| \right\} \quad (10),$$
 onde  $NOP_{j,i}$  é a posição líquida em ações do emissor j, do país i, M é o número de emissores da carteira, N é o número de

<sup>2</sup> A regra define que portfólios líquidos e diversificados são os que contêm ações consideradas líquidas pelas autoridades competentes e nos quais nenhuma posição individual representa mais de 5% do valor total dos ativos do portfólio.

países de origem dos emissores e F é um fator igual a 4% para portfólios líquidos e 8% para outros portfólios.

### 2.2.3. Capital exigido para posição em moedas

O primeiro passo para apurar o capital exigido para moedas é encontrar o valor a mercado de cada posição “j” em moeda estrangeira, NP<sub>j</sub>.

A exposição total é multiplicada por 8%. A fórmula da exposição total deriva do valor médio entre duas suposições extremas.

Uma das hipóteses, a menos conservadora, é de que a correlação entre as moedas é perfeita. Para exemplificá-la, considere uma carteira cuja moeda de referência é o real. Se o real se aprecia, ele se aprecia na mesma proporção em relação a todas as moedas estrangeiras. Logo, posições compradas podem ser canceladas com posições vendidas. Neste caso, o capital seria o menor possível:

$$k_{FX}^{Min} = 8\% \sum_j NP_j \quad (11)$$

A outra hipótese, a mais conservadora, é de correlação perfeita negativa entre as posições compradas e vendidas. Por exemplo, o real se aprecia em relação às moedas nas quais a carteira está comprada e se deprecia em relação às moedas de posições vendidas. A exigência seria:

$$k_{FX}^{Max} = 8\% \left( \sum_j NP_j^+ + \left| \sum_j NP_j^- \right| \right) \quad (12)$$

O capital exigido  $k_{FX}$  é exatamente a média entre as hipóteses extremas,  $k_{FX}^{Min}$  e  $k_{FX}^{Max}$ :

$$k_{FX} = 8\% \max \left( \sum_j NP_j^+, \left| \sum_j NP_j^- \right| \right) \quad (13)$$

### 2.2.4. Capital exigido para posição em *commodities*

De acordo com o método simplificado, o capital exigido para posição em commodities é igual a:

$$\left( F''' \times \sum_{i=1}^n |EL_i| \right) + (F^{IV} \times EB) \quad (14) \text{ onde } F''' \text{ é o fator aplicável ao somatório das}$$

exposições líquidas (EL<sub>i</sub>), igual a 15%, N é o número de tipos de mercadorias nas quais estão referenciadas as exposições, F<sup>IV</sup> é o fator aplicável à exposição bruta (EB), igual a 3%, EL<sub>i</sub> é a exposição líquida da mercadoria "i", representativa do valor, em reais, apurado mediante o valor absoluto da soma de todas as posições compradas menos o valor absoluto da soma de todas as posições vendidas referenciadas no tipo de

mercadoria "i" e EB é a exposição bruta, representativa do somatório dos valores absolutos, em reais, de cada posição comprada e de cada posição vendida referenciada em mercadorias.

Ambos os métodos são rudimentares e não medem adequadamente o risco das posições de commodities. Basta dizer que todas as *commodities*, independente de suas volatilidades, são sujeitas à mesma exigência de capital.

### 2.2.5. Modelos internos

As principais críticas ao modelo de 1993 se referiam ao fato de ser excessivamente oneroso.

Entre as medidas consideradas excessivas estão:

- O capital exigido por descasamento vertical de 10% no cálculo do risco genérico de instrumentos de dívida;
- A exigência de 8% (4% no caso de portfólios líquidos e bem diversificados) para risco genérico em ações;
- A impossibilidade de “offset” de posições de ações em diferentes mercados, o que não leva em conta a correlação entre mercados de diferentes países;
- O modelo soma os riscos dos diferentes instrumentos (dívida, ações, moedas e commodities), superestimando dessa forma o risco total por considerar correlação perfeita entre os grupos;
- A distinção artificial entre os instrumentos de *trading book* e de *banking book*. Na prática, ambos os instrumentos sofrem o mesmo impacto com a variação dos fatores de mercado. Tratá-los de maneira distinta leva o banco a não avaliar corretamente seus riscos globais.

Estas críticas levaram o Comitê a produzir uma revisão do Acordo em 1995. A principal mudança foi a possibilidade de os bancos adotarem modelos internos, que deveriam cumprir alguns requisitos básicos. Os modelos internos baseiam-se no cálculo do VaR, medida de risco definida no capítulo 3.

Entre os requisitos básicos, vale ressaltar:

- O VaR deve ser estimado diariamente, para um nível de confiança de pelo menos 99% e um horizonte de investimento de dez dias úteis;
- O VaR total deve ser obtido somando os VaRs de diferentes fatores de mercado, portanto assumindo perfeita correlação entre os fatores.

Em particular, o capital exigido era dado pela média do VaR diário dos últimos 60 dias multiplicada por um fator de segurança F estabelecido pelas autoridades supervisoras, ou pelo VaR do dia anterior, se maior.

O multiplicador F é estabelecido pelas autoridades supervisoras e pode variar de 3 a 4 de acordo com a performance passada do modelo, medida por *backtesting*. Esta medida servia como incentivo para aperfeiçoamento do modelo.

### **2.3. Novo Acordo da Basiléia**

#### **2.3.1. Objetivos e características gerais do Novo Acordo**

O Acordo de 1988 tinha dois objetivos: garantir solvência do sistema bancário e promover condições homogêneas de competitividade para bancos de países diferentes.

A Basiléia II (Novo Acordo) tem como objetivo desenhar regras que definam um capital regulamentar mais sensível ao grau de risco ao qual os portfólios dos bancos estão expostos, diminuindo a distância entre capital econômico e capital regulamentar. Além disso, o Novo Acordo reconhece o papel crucial das autoridades supervisoras, e ajuda o mercado a disciplinar o comportamento dos bancos.

O Novo Acordo baseia-se em três pilares, descritos a seguir.

#### **2.3.2. Pilar I**

O Pilar I consiste em novas regras para exigências mínimas de capital.

O Novo Acordo praticamente quase não alterou as regras para capital de risco de mercado em relação às diretrizes de 1996, descritas no item 2.2.

Em relação a risco de crédito, foram feitas profundas mudanças. As novas regras estabeleceram alocação de capital em função da avaliação de risco da contraparte feita por alguma agência externa, no caso do modelo padrão, ou pelo próprio banco, no modelo chamado “*internal ratings based*” (IRB).

Foi introduzida, pela primeira vez, exigência de capital para cobrir riscos operacionais.

#### **2.3.3. Pilar II**

O Pilar II trata do papel das autoridades supervisoras no controle de risco. Este papel envolve revisão contínua do processo de gestão de risco das instituições por parte dos supervisores e no tratamento de exposições que não podem ser avaliadas somente por métodos quantitativos e parâmetros objetivos.

As funções das autoridades supervisoras foram ampliadas, passando a conhecer a fundo a política de gerenciamento de risco de cada banco, verificar a estrutura organizacional adotada, assegurando-se de que há envolvimento da alta gerência da instituição em todo o processo e testar a solidez dos modelos quantitativos. A idéia é constantemente revisar a qualidade dos processos de gestão, controle e monitoramento de risco das instituições e exigir, quando necessário, capital além do calculado com as regras pré-estabelecidas.

#### **2.3.4. Pilar III – Disciplina de Mercado**

Por disciplina de mercado, entende-se a capacidade do mercado “punir” bancos excessivamente arriscados através de custos de *funding* mais altos e até mesmo da recusando-se a financiá-los.

Os bancos são instituições especiais que não são naturalmente expostas à disciplina de mercado. O motivo é que seus credores são indivíduos que não são capazes de avaliar adequadamente os riscos e precificá-los de acordo, exigindo maiores taxas a bancos mais arriscados.

O fato dos bancos terem um papel fundamental no sistema econômico e, por isso, disporem de instrumentos especiais como fundos do Banco Central e garantia de depósitos também cria uma rede de segurança que desencoraja os credores a avaliar a solidez das instituições.

O Pilar III obriga os bancos a aumentarem o grau de transparência ou *disclosure*, disponibilizando ao mercado relatórios com informações relevantes sobre seu perfil de risco, estrutura financeira, estratégias e políticas, nível de capitalização, etc. Seu objetivo é reforçar a disciplina de mercado aplicada aos bancos, submetendo-os dessa forma à avaliação dos acionistas.

#### **2.3.5. Prós e contras da Basiléia II**

Em primeiro lugar, ela aumentou a flexibilidade e sensibilidade ao risco das razões de capital para risco de crédito. Isso se deu através da introdução do modelo de *ratings*, em oposição à exigência “flat” de 8% do Acordo de 1988.

Outro aspecto positivo é a abordagem evolutiva na área de risco de crédito e operacional. Ele começa com uma exigência de capital exógena, totalmente independente do sistema de gerenciamento de risco existente nos bancos, e termina por reconhecer parcialmente os parâmetros de risco estimados por esses sistemas. Os bancos são estimulados a evoluir de abordagens simples a abordagens mais complexas, à medida que suas fontes internas e habilidades desenvolvidas os permitem. O Acordo ajuda os bancos a desenvolverem sistemas de rating em linha com as melhores práticas internacionais.

Outra vantagem é que o Novo Acordo não só reforma a exigência de capital (Pilar I), como amplia o papel das autoridades supervisoras e do mercado. O Acordo disciplina o comportamento do mercado e redefine tarefas e responsabilidades das próprias autoridades supervisoras. É importante, portanto, considerar os três pilares como sendo de igual importância e estritamente interligados, como parte de um *framework* regulatório que não pode ser olhado separadamente.

Entre as limitações, está a sensibilidade limitada a risco dos novos pesos. Esta limitação deve ser entendida e aceita pelo fato de o Comitê temer que uma migração radical de um regime “flat” para um regime muito sensível a risco trouxesse efeitos indesejáveis, como racionamento severo de capital, que poderiam levar a uma recessão.

Um problema central é o caráter procíclico da reforma. Da maneira como a exigência de capital foi “desenhada”, ela acaba por aumentar a instabilidade do mercado em momentos de crise e fortalecer ainda mais o mercado em momentos favoráveis.

Em crises, o *rating* dos ativos se deteriora, diminuindo a razão capital sobre ativos arriscados. Para se enquadrar, os bancos diminuem o denominador desta razão, reduzindo o crédito cedido, o que contribui para o aumento da recessão.

Em momentos favoráveis da economia, os *ratings* são revisados para melhor e a razão de capital dos bancos aumenta. Isso “libera” os bancos para ceder ainda mais crédito, contribuindo para o aquecimento da economia.

A Basileia II aumentou a consciência da necessidade de gerenciar risco entre os bancos. Ela fez com que as instituições revisassem e corrigissem seus métodos de *credit scoring* e ajustassem suas operações. Também as forçou a prestar atenção ao risco operacional, nunca antes evidenciado. Os supervisores estão encorajando uma mudança de exigência de altas taxas de capital para taxas que premiam o bom gerenciamento de risco. O Pilar II baseia-se em revisão contínua do processo de gestão de risco dos bancos por parte dos supervisores e no tratamento de exposições que não podem ser avaliadas somente por métodos quantitativos. O Pilar III, por fim, incentiva maior transparência por parte dos bancos ao público, revelando suas estruturas, performance e posições de risco (Resti e Sironi, 2007).

### 3. Capital Econômico em risco de mercado

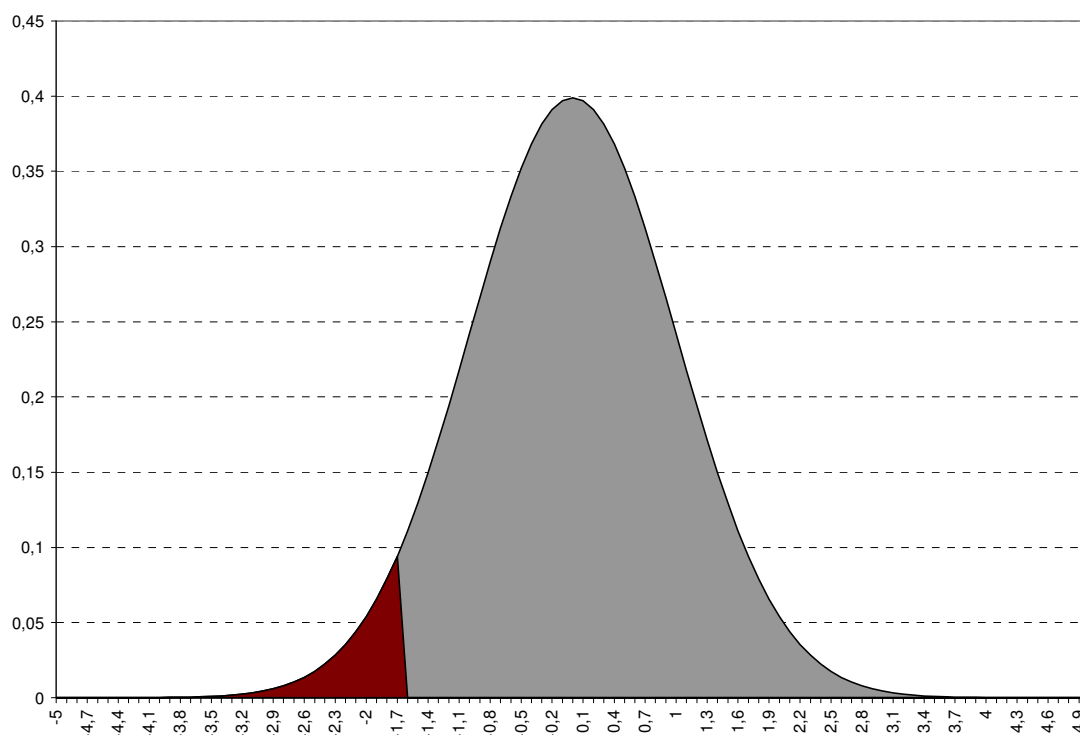
#### 3.1. Definição de VaR

Value at Risk ou VaR é ferramenta estatística utilizada para estimar o capital econômico (ver definição na seção 1) e é definido como a perda potencial máxima de um portfólio com determinado nível de confiança, em um certo horizonte de investimento. O VaR resume em um único número o risco total de um portfólio composto de ativos e derivativos financeiros.

Como exemplo, vamos imaginar que o VaR diário com 95% de confiança de um portfólio é de R\$ X. Isso significa que há 95% de chance de haver perdas iguais ou menores que R\$ X em um dia.

O VaR com nível de confiança “c” consiste no percentil 1-c da distribuição de retornos do portfólio. O gráfico 1 abaixo mostra a distribuição de retornos diários de uma ação. O VaR com 95% de confiança corresponde a 1,7%. A área em negrito tem valor 5% e equivale à probabilidade de os retornos serem iguais ou menores que -1.7%:

Gráfico 1



Há basicamente dois métodos de cálculo do VaR: métodos de avaliação local (ou Delta-Normal) e métodos de avaliação plena (como simulações Histórica e de Monte Carlo).

O banco JP Morgan foi pioneiro no uso desta medida e responsável pela sua difusão no mercado. O VaR surgiu do interesse do banco em criar uma medida simples que focasse na exposição total da instituição nas próximas 24 horas.

Produzir o relatório de VaR demandou muito trabalho, envolvendo coletar informação diária das posições do banco em todo o mundo, tratar diferentes fusos-horários, estimar correlações e volatilidades e desenvolver sistemas. O trabalho foi concluído por volta de 1990. Outros bancos também trabalharam em abordagens semelhantes para agregar riscos, de forma que, por volta de 1993, o VaR estava estabelecido como importante medida de risco.

Em 1994, o JP fez uma versão simplificada do seu próprio sistema de cálculo de VaR, chamado RiskMetrics, e o disponibilizou para o mercado. Após isso, firmas de *software* começaram a oferecer seus próprios modelos de VaR, fazendo com que a medida fosse rapidamente adotada como padrão pelas instituições financeiras.

## 3.2. Metodologias de estimação do VaR

### 3.2.1. VaR delta-normal

O método delta-normal é uma abordagem de avaliação local que parte da hipótese de normalidade dos retornos dos fatores de risco. Nele, o retorno da carteira é função linear dos retornos dos fatores de risco subjacentes, logo também será normalmente distribuído. Por fornecer uma fórmula para o VaR da carteira, é também chamado de método Analítico.

A aproximação linear da variação do preço em relação à variação do fator de risco subjacente é feita através da expansão de Taylor da função de precificação.

Além disso, assume-se que os retornos dos fatores de risco são serialmente independentes e identicamente distribuídos.

As etapas necessárias para calcular o VaR delta-normal englobam (i) definir os fatores de risco primários que afetam o valor da carteira, (ii) mapear a exposição linear de todos os instrumentos da carteira nesses fatores de risco, (iii) agregar essas exposições para todos os instrumentos (vetor  $P$ ), (iv) estimar a matriz de covariância dos fatores de risco ( $\Sigma$ ) e (v) calcular o risco total da carteira ( $P' \Sigma P$ ).

Para calcularmos a perda potencial dada uma probabilidade e horizonte de investimentos, usamos a fórmula (15):

$$VaR_{\alpha,t} = \sqrt{P' \Sigma P} \sqrt{t} \alpha \quad (15)$$

onde  $\alpha$  é o número de desvios-padrão que representam o nível de confiança escolhido para o VaR,  $t$  é o horizonte de tempo investimento desejado<sup>3</sup>,  $\Sigma$  é a matriz de covariância dos fatores de risco e  $P$  é o vetor de exposição dos ativos e derivativos aos fatores de risco.

As principais vantagens dessa metodologia são (i) facilidade computacional, (ii) simplicidade de fórmulas, (iii) permitir análises como a contribuição marginal de um fator de risco para a volatilidade global e (iv) incorporar o efeito da covariância condicional dos fatores de risco, dando mais peso ao passado mais recente no cálculo das volatilidades e correlações.

As principais desvantagens residem em (i) supor que os retornos dos fatores de risco tenham distribuição normal<sup>4</sup> e (ii) não considerar corretamente o risco de instrumentos não-lineares, como opções, que são representadas por seus deltas em relação ao ativo subjacente, o que faz com que as assimetrias em suas distribuições não sejam capturadas. Para uma análise detalhada deste problema, ver La Rocque e Aragão (1999).

---

<sup>3</sup> O ajuste para o horizonte de tempo advém da hipótese de que os retornos são normais, serialmente independentes e identicamente distribuídos; portanto a variância é a medida aditiva com o tempo.

<sup>4</sup> A existência de caudas pesadas ou grossas nas distribuições dos retornos dos ativos financeiros pode levar um modelo baseado na hipótese de normalidade dos retornos a subestimar o verdadeiro risco.

### 3.2.2. Simulação Histórica (SH)

Na simulação histórica, assume-se que variações potenciais dos fatores de risco são bem representadas pela sua distribuição histórica empírica.

Os passos desta metodologia consistem em (i) selecionar uma amostra de retornos<sup>5</sup> dos fatores de risco relevantes, referente a um período histórico, (ii) fazer *full valuation*<sup>6</sup> do portfólio com as posições atuais em cada retorno histórico dos fatores de risco, (iii) construir a distribuição empírica dos resultados do portfólio, através da diferença entre os valores do portfólio simulados e o atual (iv) e extrair o VaR, que será o percentil correspondente ao nível de confiança desejado.

As principais vantagens dessa metodologia consistem em (i) incorporar a não-linearidade de alguns instrumentos financeiros e (ii) considerar a distribuição empírica dos fatores de risco, portanto capturando o efeito da assimetria e curtose.

As principais desvantagens encontradas são (i) a hipótese de que o passado representa o futuro imediato de maneira razoável e (ii) a necessidade de histórico suficiente de preços dos fatores de risco, o que muitas vezes é difícil de se obter na prática.

### 3.2.3. Simulação de Monte Carlo

O método de simulação de Monte Carlo é desenvolvido em duas fases. Na primeira, determina-se o processo estocástico para o retorno dos fatores de risco, bem como os parâmetros desse processo. Na segunda, são simuladas trajetórias de preços para todas as variáveis de interesse. Para cada horizonte considerado, a carteira é marcada a mercado por meio de uma avaliação plena, como no caso da simulação histórica. Essas realizações são utilizadas na geração de uma distribuição de retornos a partir da qual o VaR pode ser extraído.

A principal vantagem da SMC é incorporar os efeitos não-lineares dos instrumentos financeiros.

Sua maior desvantagem é a maior dificuldade de implementação computacional. Outra fragilidade é o risco de modelo, já que são assumidas distribuições para os fatores de risco subjacentes à carteira.

## 3.3. O efeito da correlação

Todas as metodologias de cálculo de risco levam em consideração o efeito da correlação, mas para analisarmos este efeito vamos considerar o VaR analítico de uma carteira com dois fatores A e B, que é dado por:

---

<sup>5</sup> Os retornos devem ser de mesmo horizonte que o VaR desejado – para cálculo de VaR diário, selecionam-se retornos diários; para VaR mensal, retornos mensais, etc.

<sup>6</sup> *Full valuation* significa reprecificação total da carteira, incorporando possíveis não-linearidades nos *payoffs* dos instrumentos.

$$VaR = \sqrt{VaR_A^2 + VaR_B^2 + 2VaR_A VaR_B \rho_{A,B}} \quad (16)$$

Uma comparação interessante (Litterman, 1996) é realizada com a fórmula da Lei dos Cossenos:  $C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos(\alpha)}$  (17), onde A, B e C são lados de um triângulo,  $\alpha$  é o ângulo formado entre os lados A e B. Repare que a Lei dos Cossenos pode ser usada para explicar o somatório de dois vetores (o vetor C é o resultante da soma dos vetores A e B). Se  $A = VaR_A$ ,  $B = VaR_B$ ,  $C = VaR_C$  e  $\cos(\alpha) = -\rho_{A,B}$ , podemos representar o VaR analítico de uma carteira com dois fatores (fórmula 16) através da soma de vetores.

A tabela 6 exemplifica o risco total calculado como a soma de vetores. O vetor vermelho é o risco original, o vetor preto é o *hedge* e o azul é o risco da posição com *hedge*. Os módulos dos vetores representam o risco das posições e o ângulo entre os vetores vermelho e preto representa a correlação entre as posições.

A mesma tabela apresenta cinco carteiras. O risco destas carteiras difere em função da correlação entre a posição original e o *hedge*. A inclusão de uma nova posição pode aumentar, não alterar ou diminuir o risco total dependendo da correlação entre os fatores.

Pode-se visualizar o efeito da correlação (que possui um ângulo correspondente) sobre o aumento ou redução do risco no caso do risco do *hedge* ser de mesma magnitude que o risco da posição original e o risco da posição no *hedge* (em relação à posição original) que ocasiona a carteira ter VaR total mínimo.

Tabela 6

Risco original, <i>hedge</i> e risco com <i>hedge</i>	Correlação	Ângulo em graus	Aumento/Redução	VaR mínimo	Posição <i>hedge</i> (VaR mínimo)
	0.5	60	73%		
	0	90	41%	100%	0%
	-0.5	120	0%	87%	50%
	-0.87	150	-48%	50%	87%
	-0.99	172	-86%	14%	99%

## 4. Basiléia II no Brasil

Este capítulo mostra as regras estabelecidas pelo Banco Central para alocação de capital regulamentar no Brasil, que entrarão em vigor em Julho de 2008. Serão apontadas as semelhanças e diferenças entre a Basiléia no Brasil e o Novo Acordo dos países do G10 (item 2.3).

Segundo a resolução 3490 do Banco Central do Brasil, o capital exigido para os bancos é, no mínimo, igual ao Patrimônio de Referência Exigido (PRE), sendo o PRE a soma de seis parcelas:

$PRE = PEPR + PCAM + PJUR + PCOM + PACS + POPR$  (18), onde:

- PEPR = parcela referente às exposições ponderadas pelo fator de risco a elas atribuído (risco de crédito); às exposições ponderadas, aplica-se um fator de de 11%, em oposição a 8% estabelecido pelo Comitê da Basiléia;
- PCAM = parcela referente ao risco das exposições em ouro, em moeda estrangeira e em operações sujeitas à variação cambial;
- $PJUR = \sum_{i=1}^n PJUR_i$  parcela referente ao risco das operações sujeitas à variação de taxas de juros e classificadas na carteira de negociação, na forma da Resolução nº 3.464, de 26 de junho de 2007, onde  $n$  = número das diferentes parcelas relativas ao risco das operações sujeitas à variação de taxas de juros e classificadas na carteira de negociação;
- PCOM = parcela referente ao risco das operações sujeitas à variação do preço de mercadorias (commodities);
- PACS = parcela referente ao risco das operações sujeitas à variação do preço de ações e classificadas na carteira de negociação;
- POPR = parcela referente ao risco operacional.

Destas parcelas, serão analisadas todas as parcelas relativas a risco de mercado (PCAM, PJUR, PCOM e PACS). PEPR e POPR não serão analisadas por se tratarem, respectivamente, de capital referente a risco de crédito e risco operacional.

### 4.1. CAM

PCAM é a parcela do Patrimônio de Referência Exigido referente ao risco das exposições em ouro, moeda estrangeira e operações sujeitas à variação cambial.

O capital alocado é calculado somando-se as exposições compradas em dólar dos Estados Unidos, euro, franco suíço, iene, libra esterlina e ouro e subtraindo-se o módulo das exposições vendidas nestes fatores de risco. A este total, deve ser aplicado um fator de 100%.

Na existência de posições em mais de um dos fatores citados, deve ser somada à exposição total uma parcela igual ao menor valor entre os dois valores abaixo, multiplicados por um fator H igual a 70%:

- somatório, em valor absoluto, do excesso da exposição comprada em relação à exposição vendida em cada um destes fatores;
- somatório, em valor absoluto, do excesso da exposição vendida em relação à exposição comprada em cada um destes fatores.

Posições em fatores diferentes dos citados devem ser tratadas individualmente e seus capitais devem ser somados.

Caso existam posições opostas entre as exposições líquidas apuradas pelas instituições no Brasil e aquelas apuradas pelas instituições e dependências no exterior, deve ser adicionado ao valor total da exposição mencionada o menor valor entre as seguintes parcelas, multiplicado pelo fator G igual a 100%:

- somatório dos valores absolutos das exposições líquidas no Brasil, por moeda;
- somatório dos valores absolutos das exposições líquidas no exterior, por moeda.

## 4.2. PJUR

### 4.2.1. PJUR1

PJUR1 é parcela do Patrimônio de Referência Exigido (PRE) referente às operações sujeitas à variação de taxas de juros prefixadas de instrumentos denominados em real e classificados na carteira de negociação.

O cálculo da parcela é dado pela fórmula 19:

$$PJUR1 = \max \left( \frac{M_t^{pre}}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}^{Padrão}, VaR_{t-1}^{Padrão} \right) \quad (19),$$

$$VaR_t^{Padrão} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VaR_{i,t} \times VaR_{j,t} \times \rho_{i,j}} \quad (20),$$

$$VaR_{i,t} = 2.33 \times P_i / 252 \times \sigma_{i,t} \times VMTM_{i,t} \times \sqrt{D} \quad (21) \text{ e}$$

$$\rho_{i,j} = \rho + (1 - \rho)^{\left[ \frac{\max(P_i, P_j)}{\min(P_i, P_j)} \right]^k} \quad (22),$$

onde  $M_t^{pre}$  é o multiplicador para o dia “t”, divulgado diariamente pelo Banco Central do Brasil, determinado como função decrescente da volatilidade, cujo valor está compreendido entre 1 e 3,  $VaR_t^{Padrão}$  é o valor em risco, em reais, do conjunto das exposições para o dia “t”, n é o número de vértices da estrutura a termo definida pelo

Banco Central,  $Var_{i,t}$  é o valor em risco, em reais, associado ao vértice  $P_i$  no dia “t”,  $P_i$  é o vértice considerado para efeito de agrupamento dos fluxos de caixa,  $\sigma_{i,t}$  é a volatilidade-padrão diária da taxa anual para o prazo “i” e dia “t”, divulgada diariamente pelo Banco Central do Brasil,  $VMTM_{i,t}$  é a soma algébrica, positiva ou negativa, em reais, dos valores dos fluxos de caixa marcados a mercado no dia “t” e alocados no vértice  $P_i$ , D é o número de dias úteis considerados necessários para liquidação da posição,  $\rho_{i,t}$  é a correlação entre os vértices i e j, utilizada para determinação do  $Var_t^{Padrão}$ ,  $\rho$  é o parâmetro base para cálculo de  $\rho_{ij}$  e k é o fator de decaimento da correlação, ambos divulgados no último dia útil de cada mês, ou a qualquer momento, a critério do Banco Central do Brasil.

Os fluxos de caixa correspondem ao resultado líquido do valor das posições ativas menos o valor das posições passivas que vencem em um mesmo dia. Estes devem ser marcados a mercado.

As posições marcadas a mercado ( $VMTM_{i,t}$ ) são agrupadas em vértices  $P_i$  correspondentes aos prazos de 21, 42, 63, 126, 252, 504, 756, 1008, 1260 e 2520 dias úteis.

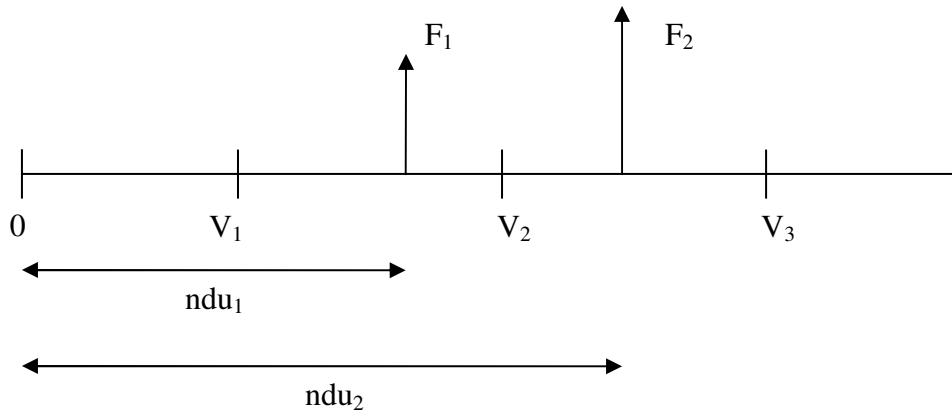
No caso de fluxo em prazos menores que 21 d.u., deve ser alocado T/21 do valor marcado a mercado da parcela no vértice de 21 d.u. No caso de fluxos em prazos maiores que 2520 d.u., deve ser alocado T/2520 do valor a mercado no vértice de 2520 d.u. Para fluxos cujos prazos coincidem com os vértices, o valor integral do fluxo marcado a mercado deve ser alocado no vértice correspondente.

Fluxos de caixa compreendidos entre os prazos de 21 d.u. e 2520 d.u. devem ser alocados nos vértices anterior ( $P_i$ ) e posterior ( $P_j$ ), de acordo com os seguintes critérios:

- a fração  $(P_j - T_i) / (P_j - P_i)$  do valor marcado a mercado do fluxo de caixa deve ser alocada no vértice de prazo  $P_i$ ;
- a fração  $(T_i - P_i) / (P_j - P_i)$  do valor marcado a mercado do fluxo de caixa deve ser alocada no vértice de prazo  $P_j$ .

### ***Exemplo 2: Alocação dos fluxos em vértices***

A alocação em vértices do valor presente (VP) dos fluxos  $F_1$  e  $F_2$  nos vértices  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  é feita através de mapeamento linear:



$$V_1 \rightarrow VP(F_1) \frac{V_2 - ndu_1}{V_2 - V_1}$$

$$V_2 \rightarrow VP(F_1) \frac{ndu_1 - V_1}{V_2 - V_1} + VP(F_2) \frac{V_3 - ndu_2}{V_3 - V_2}$$

$$V_3 \rightarrow VP(F_2) \frac{ndu_2 - V_2}{V_3 - V_2}$$

### Exemplo 3: Exemplo do cálculo de $VaR^{Padrao}$

Vamos considerar fluxos de R\$ 1 MM em 252 d.u. e -R\$ 500 mil em 504 d.u., taxas de juros de mercado (exponencial 252) iguais a 11% a.a. para 1 ano e 12% a.a. para 2 anos, volatilidade da taxa para 1 ano igual a 0.05% a.d. e 0.08% a.d. para a taxa de 2 anos e a correlação entre as taxas igual a 0.80.

$$VMTM_5 = \frac{1,000,000}{(1 + 11\%)^{\frac{252}{252}}} = 900,900$$

$$VMTM_6 = \frac{-500,000}{(1 + 12\%)^{\frac{504}{252}}} = -398,597$$

$$VaR_{5,t} = 900,900 \times \frac{252}{252} \times 0.05\% \times 2.33 \times \sqrt{10} = 3,319$$

$$VaR_{6,t} = -398,597 \times \frac{504}{252} \times 0.08\% \times 2.33 \times \sqrt{10} = -4,699$$

$$Demais VaR_{i,t} = 0$$

$$VaR_t^{Padrao} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n VaR_{i,t} \times VaR_{j,t} \times \rho_{i,j}}$$

$$VaR^{Padrao} = \sqrt{3,319 \times 0.05\% + -4,699 \times 0.08\% + 2 \times 0.80 \times 3,319 \times -4,699} = R\$ 2,854$$

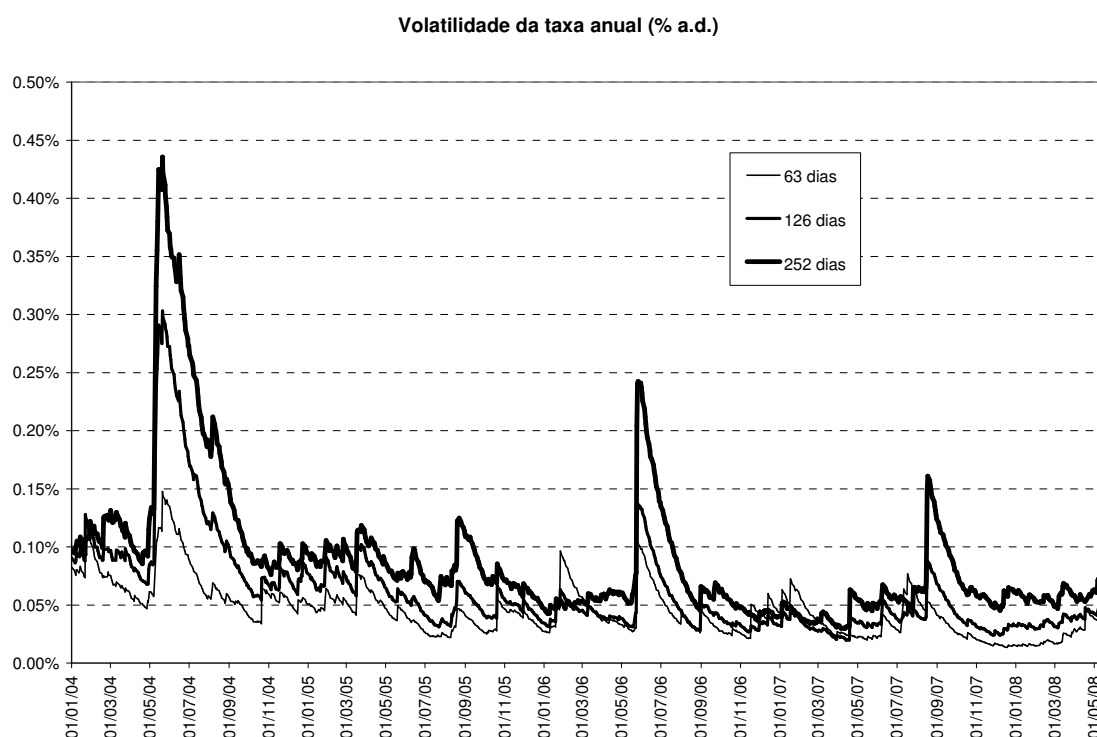
No modelo atual de alocação de capital, a volatilidade é definida como única e igual à máxima entre todos os vértices da estrutura a termo.

A volatilidade-padrão em Basiléia II baseia-se no conceito de “famílias” de volatilidade. São definidos três grupos ou famílias de vértices e a cada uma é associada a maior volatilidade da família. Para 21, 42 e 63 dias é estabelecida  $\sigma^I = \max(\sigma_{21}, \sigma_{42}, \sigma_{63})$ ,  $\sigma^{II} = \max(\sigma_{126}, \sigma_{252}, \sigma_{504})$  para 126, 252 e 504 dias e  $\sigma^{III} = \max(\sigma_{756}, \sigma_{1008}, \sigma_{1260})$  para 756, 1008, 1260 dias. O vértice 2520 é associado a  $\sigma^{III}$ .

Portanto, o Banco Central propõe em Basiléia II um avanço em relação às atuais normas porque leva em consideração a estrutura a termo de volatilidade, promovendo maior convergência dos modelos de capital regulamentar e econômico.

O gráfico 2 mostra a estrutura a termo da volatilidade das taxas de juros nominal, para os prazos de dois meses, seis meses e um ano.

Gráfico 2



*Exemplo 4: Exemplo do efeito da estrutura a termo de volatilidade na alocação de capital*

Como mostrado no gráfico 2, em 14/05/04 as taxas pré para 63 e 252 d.u. eram, respectivamente, 15.80% a.a. e 17.61% a.a., as volatilidades das taxas anuais eram de 0.11% a.a. para 63 d.u. e de 0.42% a.a. para 252 d.u e a correlação entre elas era 0.80. Seja  $\sigma_{63} = \max(\sigma_{21}, \sigma_{42}, \sigma_{63})$  e  $\sigma_{252} = \max(\sigma_{126}, \sigma_{252}, \sigma_{504})$ .

A) Suponha uma carteira composta de dois títulos (A e B) que pagam R\$ 1,000 em 63 e 252 d.u., respectivamente, nas quantidades  $q_A = 500$  e  $q_B = -141.7$ . A quantidade de B foi ajustada para servir de *hedge* do título A (posição total equivalente-ano igual a zero).

$$-P_A Q_A D_A = -\frac{1,000}{1.1580^{(63/252)}} \times 500 \times \frac{63}{252} = -120,500 \quad (\text{posição equivalente - ano de A})$$

$$-P_B Q_B D_B = \frac{1,000}{1.1761^{(252/252)}} - 141.7 \times \frac{252}{252} = 120,500 \quad (\text{posição equivalente - ano de B})$$

$$VaR = 2.33\sqrt{10}\sqrt{(-P_A Q_A D_A \sigma_{63})^2 + (P_B Q_B D_B \sigma_{252})^2 + 2P_A Q_A D_A P_B Q_B D_B \sigma_{63} \sigma_{252} \rho}$$

Na regra atual,  $\sigma_{63} = \sigma_{252} = 0.42\%$  e  $VaR = 2,358$ . Em Basiléia II,  $\sigma_{63} = 0.11\%$  e  $\sigma_{252} = 0.42\%$  e  $VaR = 3,005$ . Neste caso em que o *hedge* é feito com um título mais curto, a regra atual subestima o risco.

B) Suponha uma carteira composta de dois títulos (A e B) que pagam R\$ 1,000 em 63 e 252 d.u., respectivamente, nas quantidades  $q_A = 500$  e  $q_B = 141.7$ . Neste caso, as posições equivalente-ano são iguais.

Na regra atual,  $\sigma_{63} = \sigma_{252} = 0.42\%$  e  $VaR = 7,075$ . Em Basiléia II,  $\sigma_{63} = 0.11\%$  e  $\sigma_{252} = 0.42\%$  e  $VaR = 4,548$ . A regra atual superestima o risco ao usar a mesma volatilidade para posições em diferentes prazos.

#### 4.2.2. PJUR2, PJUR3 e PJUR4

PJUR2 é a parcela do Patrimônio de Referência Exigido (PRE) referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de moedas estrangeiras.

PJUR3 é a parcela referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de índices de preços (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M), etc).

PJUR4 é a parcela referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de taxas de juros (Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Taxa Básica Financeira (TBF), etc).

PJUR2, PJUR3 e PJUR4 são calculadas da mesma forma que a parcela referente a juros do Novo Acordo (item 2.2.1), através de um modelo de cenários de stress e zonas de vencimento.

Entretanto, há algumas diferenças, como a definição das bandas de tempo. No modelo dos países do G10, os títulos são classificados em bandas em função de sua *duration*. Na legislação do Brasil, cada fluxo de caixa deve ser tratado individualmente como um título, neste caso o prazo para vencimento é a própria *duration*. O valor presente do fluxo deve ser mapeado em vértices correspondentes ao número de dias úteis para o vencimento, nos moldes da parcela PJUR1 (ver “Exemplo de alocação dos fluxos em vértices” no item 4.2.1).

As bandas de vencimento ou vértices (j), zonas (l) e pesos de risco (w) para as parcelas PJUR2, 3 e 4 são definidas na Tabela 7:

Tabela 7

Zona (j)	Banda (i)	Prazo para vencimento (nº de dias úteis)	Peso de risco (w)
1	1	1	0%
	2	21	0,20%
	3	42	0,30%
	4	63	0,40%
	5	126	0,70%
2	6	252	1,25%
	7	504	1,75%
	8	756	2,25%
3	9	1008	2,75%
	10	1260	4,50%
	11	2520	8%

Devem ser calculados separadamente os capitais referentes às exposições aos cupons abaixo, e estes devem ser somados:

- PJUR2: cupons de dólar dos EUA, euro, franco suíço, iene e libra esterlina
- PJUR3: cupons de IPC-A e IGP-M
- PJUR4: cupons de TR, TJLP e TB

Para cálculo da alocação final, deve-se multiplicar ainda o capital de cada parcela pelo fator 2.12 (PJUR2), 2.68 (PJUR3) e 1.66 (PJUR4).

#### **4.3. PCOM**

PCOM é a parcela do Patrimônio de Referência Exigido (PRE) referente às exposições sujeitas às variações dos preços de commodities.

O cálculo da parcela PCOM é idêntico ao modelo para commodities proposto pelo Comitê da Basiléia, descrito no item 2.2.4.

#### **4.4. PACS**

PACS é a parcela do Patrimônio de Referência Exigido (PRE) referente às exposições sujeitas às variações dos preços de ações.

O cálculo da parcela PACS é semelhante ao modelo para ações proposto pelo Comitê da Basiléia, descrito no item 2.2.2. A única diferença é o critério de classificação do portfólio como diversificado; na regra brasileira, um portfólio é considerado diversificado se nenhuma exposição individual exceder 15% da exposição total da carteira e se o somatório das exposições maiores que 5% não for maior que 50% da exposição total

## 5. Análise teórica de alguns aspectos do capital regulamentar no Brasil

O *approach* de soma dos capitais computados separadamente para quatro categorias diferentes de risco (câmbio, juros, commodities e ações) superestima o risco porque não reflete a correlação imperfeita entre os diferentes fatores de risco. Esta regra desestimula os bancos a diversificar os riscos de seus portfólios.

### Risco relativo a juros (parcelas PJUR1 a PJUR4)

A correlação implícita na regra de alocação de capital entre estes grupos de risco é a mais conservadora possível, pois somam-se os capitais.

O cálculo da parcela PJUR1 assemelha-se ao modelo interno dos bancos de VaR. É aplicado o método Analítico ou Delta Normal (ver item 3.2.1) com 99% de confiança, para um horizonte de investimento de 10 dias. O capital alocado é o maior entre a média do VaR nos últimos 60 multiplicada por um fator de segurança e o VaR do último dia.

Constitui um caso especial a análise conjunta das parcelas PJUR1, referente a juros nominais e PJUR3, que corresponde aos juros reais.

Para exemplificar o problema, vamos começar demonstrando o mapeamento de operações em juros reais e juros nominais através de dois títulos: LTN e NTN-B.

Uma LTN é um título que paga R\$ 1000 no vencimento, então:

$$P_{LTN} = \frac{1,000}{(1 + \tilde{j}n)^{\frac{ndu}{252}}}$$
$$\frac{\partial P_{LTN}}{\partial \tilde{j}n} = -\frac{ndu}{252} \frac{P_{LTN}}{(1 + \tilde{j}n)} \Rightarrow \Delta P_{LTN} \cong -\frac{ndu}{252} \frac{P_{LTN}}{(1 + \tilde{j}n)} \Delta \tilde{j}n$$

Portanto, concluímos que uma LTN tem uma exposição  $-\frac{ndu_{t,T}}{252} \frac{P_{LTN}}{(1 + \tilde{j}n)}$  ao fator de risco taxa de juro nominal.

Uma NTN-B paga R\$1000 corrigidos pelo IPCA e por uma taxa pré-acordada (cupom de inflação), então:

$$P_{NTN-B} = \frac{1,000(1+c)(1+IPCA_{0,t})(1+IPCA_{t,T})^{\frac{ndu}{252}}}{(1 + \tilde{j}n)^{\frac{ndu}{252}}}$$

$$\frac{\partial P_{NTN-B}}{\partial jn} = -\frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+jn)} \Rightarrow \Delta P_{NTN-B} \cong -\frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+jn)} \Delta jn$$

$$\frac{\partial P_{NTN-B}}{\partial IP\tilde{CA}} = \frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+IP\tilde{CA})} \Rightarrow \Delta P_{NTN-B} \cong \frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+IP\tilde{CA})} \Delta IP\tilde{CA}$$

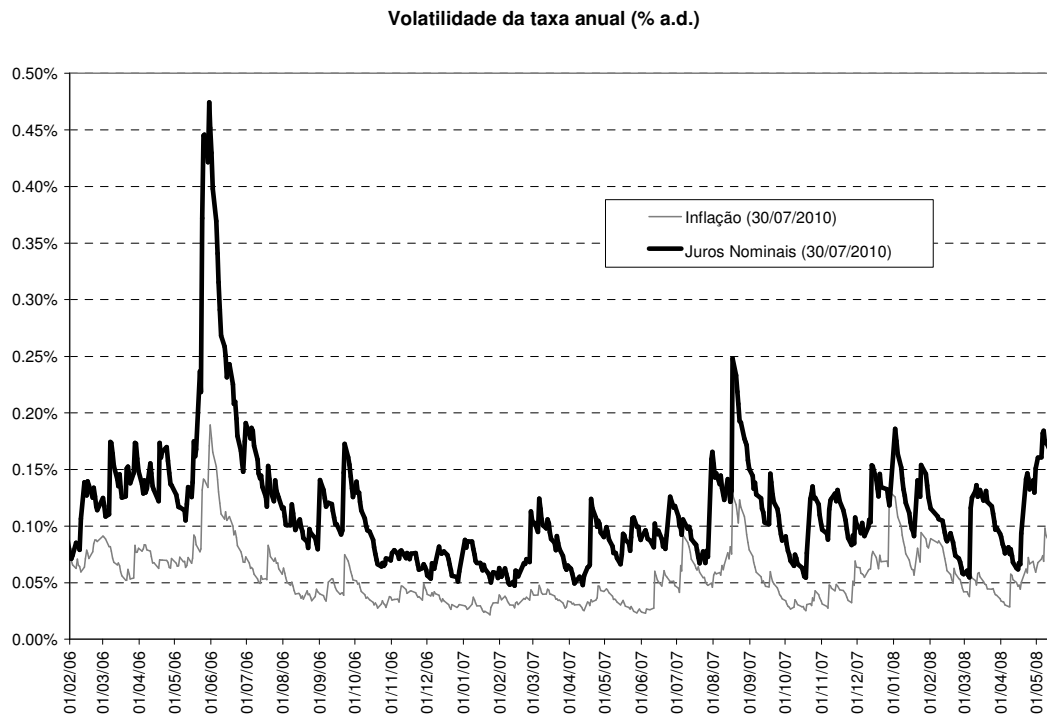
Portanto, concluímos que uma NTN-B tem uma exposição  $-\frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+jn)}$  ao fator de

risco taxa de juro nominal e uma exposição  $\frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+IP\tilde{CA})}$  ao fator de risco inflação

esperada.

No caso da NTN-B, pode-se observar que o fator de risco juro nominal é muito mais volátil que o fator de risco inflação esperada, como observado no gráfico 3. Isso resulta numa elevada correlação<sup>7</sup> entre os preços destes papéis, como observado no gráfico 4. Os gráficos 5 e 6 mostram a evolução das taxas reais e nominais de mesmo prazo.

### Gráfico 3



Um primeiro resultado sobre o modelo de PJUR1 e PJUR3 é que instrumentos com riscos semelhantes (por exemplo, NTN-B e LTN) têm alocação de capital baseada em modelos distintos (um é choque e outro VaR). Isso gera distorção pois, em crises, é preferível em termos de alocação de capital operar uma NTN-B a uma LTN, já que o

<sup>7</sup> A correlação foi calculada por janela móvel de um ano

capital exigido pela primeira não varia com a volatilidade do mercado enquanto o da segunda aumenta.

Um segundo e mais importante resultado da proposta de alocação do BC é em relação a operações de inflação esperada. Estas são estruturadas através da compra de um título público indexado a inflação como NTN-B<sup>8</sup> e de uma posição contrária em LTN ou DI Futuro, que zera o fator de risco juro nominal, praticamente dobrando a alocação de capital. Isso ocorre porque o BC soma em módulo PJUR1 e PJUR3, implicitamente considerando o pior tipo de correlação possível (ver Tabela 6).

*Exemplo 5: Exemplo da distorção de alocação de capital para operações de inflação esperada*

As volatilidades do retorno das taxas anuais de juros real e nominal (vencimento 30/07/2010) que aparecem no gráfico 7 têm média 0.08% a.d. e 0.07% a.d., respectivamente, e correlação 0.8. Suponha que a volatilidade de uma posição em NTN-B seja de R\$ 8 e deseja-se encontrar a posição “P” que zera a exposição a juros nominais:

$$P \frac{ndu}{252} \frac{P_{LTN}}{(1+jn)} = - \frac{ndu}{252} \frac{P_{NTN-B}}{(1+jn)}$$

$$P = - \frac{P_{NTN-B}}{P_{LTN}} = -(1+c)(1+IPCA_{0,t})(1+\tilde{IPCA}_{t,T})^{\frac{ndu}{252}}$$

A quantidade P será muito próxima de 1, logo a volatilidade da carteira será aproximadamente R\$ 4.8, enquanto o capital alocado será 7 + 8 = R\$ 15.

*Exemplo 6: Exemplo de alocação de capital para operações de hedge da taxa de juro real*

Suponha que uma instituição opera juros reais via NTN-B e, em uma crise, com a diminuição de liquidez dos papéis de inflação, é obrigada a fazer *hedge* nos juros nominais. Sendo as volatilidades e correlação as mesmas do exemplo 5, deseja-se encontrar a posição “P” em LTN que minimiza a variância da carteira:

$$VAR = P^2 8^2 + 7^2 + 2P \times 8 \times 7 \times 0.8$$

$$\frac{\partial VAR}{\partial P} = 2P \times 8^2 + 7^2 + 2 \times 8 \times 7 \times 0.8 = 0$$

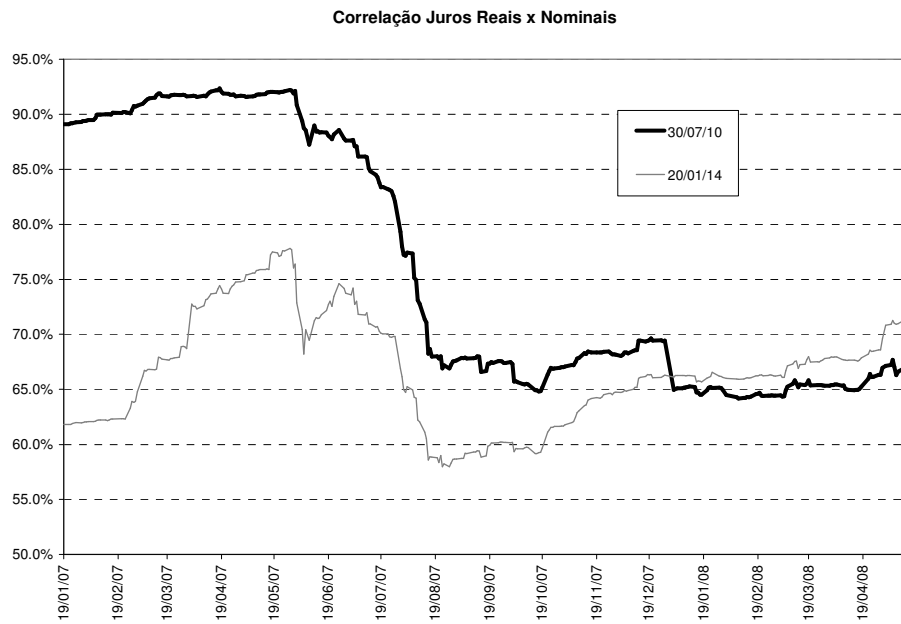
$$P^* = -1.0828$$

A posição de LTN que minimiza a variância é praticamente igual em módulo e contrária à posição de NTN-B. Na Tabela 6, o último gráfico exemplifica este caso. A volatilidade da posição original é R\$ 7 e da posição com *hedge* é R\$ 5.2, enquanto o capital alocado vai de 7 para 7 + 1.0828 x 8 = R\$ 15.7, praticamente duplicando.

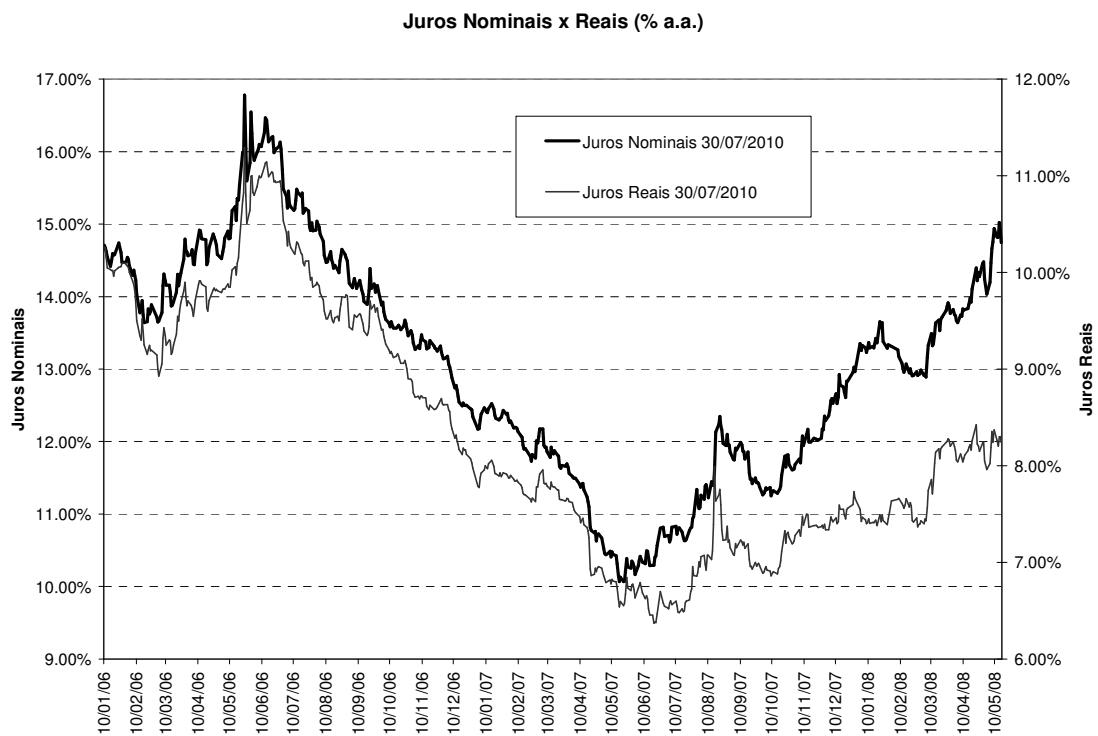
---

<sup>8</sup> Notas do Tesouro Nacional, série B são títulos públicos atrelados ao IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo)

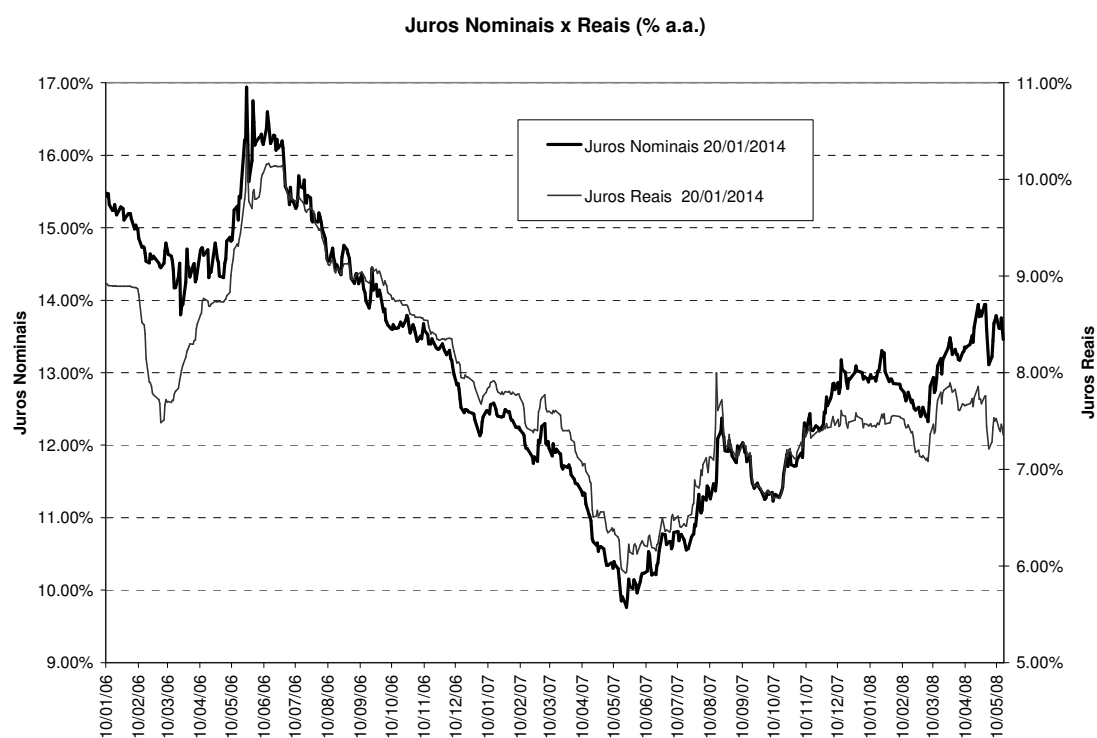
**Gráfico 4**



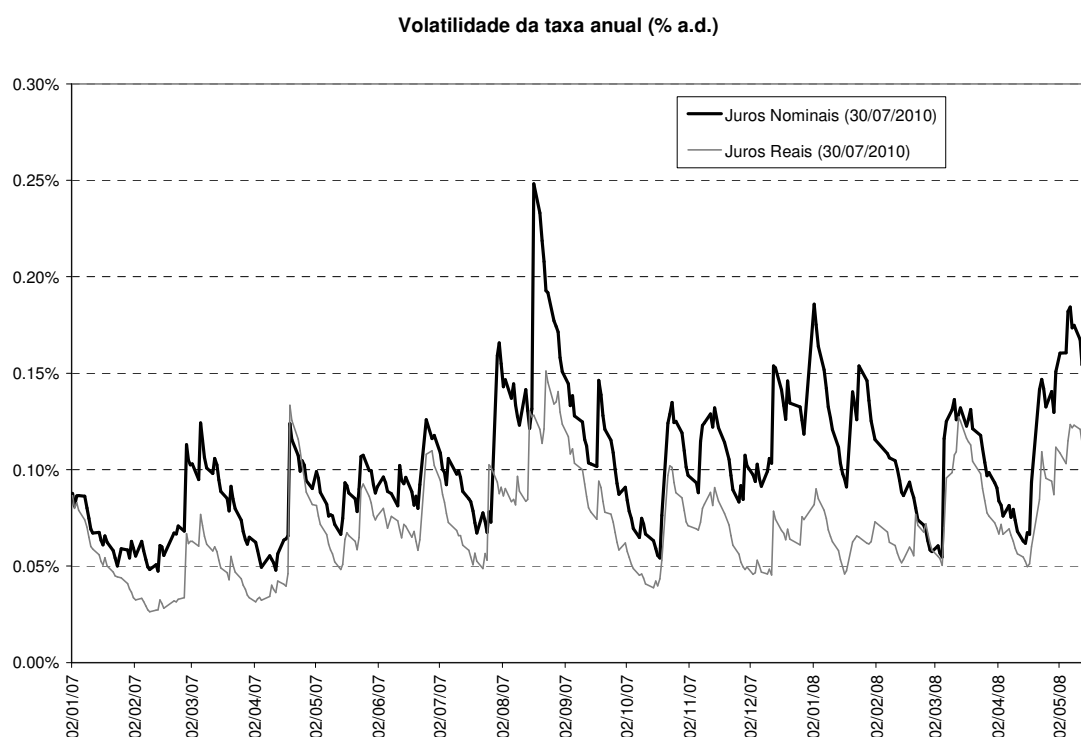
**Gráfico 5**



**Gráfico 6**



**Gráfico 7**



## Risco cambial (parcela PCAM)

*Exemplo 7: Estratégia Moeda Forte/Forte<sup>9</sup> (libra esterlina x dólar dos EUA):*

- (i) carteira comprada em R\$ 100 em libra esterlina e vendida em R\$ 100 em dólar dos EUA.

$$\text{Capital exigido} = |100 - 100| + 70\% [\min(100, 100)] = \text{R\$ } 70$$

Implicitamente, está sendo considerada uma correlação de -0,75 entre as duas posições (ângulo de 140° - ver Tabela 6).

- (ii) carteira comprada em R\$ 100 em libra esterlina e comprada em R\$ 100 em dólar dos EUA.

$$\text{Capital exigido} = |100 + 100| + 70\% [\min(0, 0)] = \text{R\$ } 200$$

Implicitamente, está sendo considerada uma correlação de 1, ou seja, a mais conservadora possível entre as duas posições (ângulo de 0°).

*Exemplo 8: Estratégia Moeda Forte/Fraca (libra esterlina x peso mexicano)*

Carteira comprada em R\$ 100 em libra esterlina e vendida em R\$ 100 em peso mexicano.

$$\text{Capital exigido} = |100| + |-100| = \text{R\$ } 200$$

A correlação neste caso também é 1.

*Exemplo 9: Estratégia Moeda Fraca/Fraca (peso argentino x peso mexicano)*

Carteira comprada em R\$ 100 em peso argentino e vendida em R\$ 100 em peso mexicano.

$$\text{Capital exigido} = |100| + |-100| = \text{R\$ } 200$$

*Exemplo 10: Estratégia Moeda Forte/Real ou Moeda Fraca/Real (qualquer moeda)*

Carteira comprada ou vendida em R\$ 100.

$$\text{Capital exigido} = \text{R\$ } 100$$

O capital alocado é excessivamente conservador, como pode ser visto na Tabela 8, que mostra o VaR (99%, 10 dias) e o capital alocado em R\$ para uma posição de R\$ 100 em cada moeda.

---

<sup>9</sup> Chamamos de moeda forte os fatores que devem ser tratados conjuntamente na regra de alocação para exposições cambiais (PCAM): dólar dos Estados Unidos, euro, franco suíço, iene, libra esterlina e ouro. Vamos nos referir às demais moedas como fracas.

Tabela 8

Moeda	VaR 99% (10 dias)	Alocação BC
ARP	1.75	200
AUD	3.57	200
BRL	4.62	100
CAD	4.72	200
CHF	5.96	70
CLP	9.12	200
COP	3.56	200
EUR	4.30	70
GBP	3.21	70
HKD	0.22	200
HUF	5.74	200
JPY	4.28	70
KRW	4.46	200
MXN	2.63	200
NZD	5.07	200
PLN	4.46	200
SEK	4.42	200
TRY	6.03	200
ZAR	6.84	200

## 6. Mensurando capital econômico e capital regulamentar em carteiras reais do Brasil

Para mensurar o efeito, na prática, das regras de alocação de capital, foram calculados o capital regulamentar e o capital econômico de estratégias típicas dos bancos brasileiros envolvendo diferentes fatores de risco.

O cálculo foi feito considerando os valores extremos que o multiplicador de PJUR1 pode assumir, que são 1 e 3. Para as outras parcelas, foram usados os multiplicadores divulgados pelo BC (2.12 para PJUR2 e 2.68 para PJUR3).

As estratégias são:

- Bolsa direcional diversificada – carteira comprada em ações, de maneira que a posição em cada ação não exceda 15% da soma do módulo das exposições de todas as ações e que as ações com posição maior que 5% da exposição total não totalizem 50% da carteira.
- Bolsa direcional não diversificada – carteira comprada em ações que não se enquadra no conceito de diversificação descrito acima.
- Bolsa *long and short* – carteira comprada em uma ação e vendida em outra ação em mesmo financeiro.

- Juros reais direcional – estratégia que visa obter lucro com a alta ou queda dos juros reais esperados, através da venda ou compra de títulos indexados à inflação, como NTN-B.
- Juros nominais direcional – aposta na alta ou queda dos juros nominais esperados, através de derivativos como DI-Futuro.
- Inflação – estratégia de alta ou queda da inflação esperada, através da compra ou venda de títulos indexados à inflação (exposição a juros reais) e de uma posição contrária em juros nominais por meio de DI-Futuro.
- Cupom cambial curto – FRA (*forward rate agreement*) de cupom cambial é um derivativo de taxa a termo do cupom cambial. O FRA de um ano refere-se à taxa a termo desse prazo que tem início no primeiro dia útil do próximo mês.
- Cupom cambial longo – FRA de 2 anos.
- Moedas - forte/R\$, fraca/R\$, forte/forte, forte/fraca e fraca/fraca.

O capital regulamentar ou VaR foi calculado através do modelo delta normal, com 99% de confiança, para um horizonte de investimento de 10 dias, com base na data 18/10/2007.

No cálculo da parcela PJUR1, considerou-se que o VaR médio dos últimos 60 dias manteve-se constante e igual ao VaR do último dia.

A Tabela 9 a seguir apresenta os resultados.

Caso o Bacen implemente os multiplicadores máximos que anunciou, a estratégia de juros nominais direcional pode exigir um capital 3.6 vezes maior que seu VaR. Para FRA de cupom cambial de um ano, essa relação pode chegar a aproximadamente 5.6, juros reais 7 e inflação, 20 vezes.

As estratégias envolvendo moedas também são excessivamente penalizadas, possuindo principalmente os casos de moeda fraca x moeda forte e moeda fraca x moeda fraca.

Os modelos de alocação de capital das estratégias de bolsa e *commodities* mostram-se razoavelmente compatíveis com o capital econômico, o que revela distorção, havendo penalizações desiguais para diferentes grupos de risco.

**Tabela 9**

Bolsa	Posição (R\$)	Tipo de posição	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Bolsa direcional diversificada	2.000.000.000	Financeiro total	171.417.633	240.279.600	-	1,4
Bolsa direcional não diversificada	2.000.000.000	Financeiro total	177.864.807	354.772.800	-	2,0
Bolsa long and short	2.000.000.000	Financeiro em cada ação (2 ações)	53.289.424	160.000.000	-	3,0

Juros Reais	Posição (R\$)	Tipo de posição (NTN-B 2010)	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Juros reais direcional	100.000	DV01	3.256.296	22.471.963	2,68 (PJUR3)	6,9

Juros Nominais	Posição (R\$)	Tipo de posição (DI Jan/10)	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Juros nominais direcional	100.000	DV01	3.967.592	4.825.129	1 (PJUR1)	1,2
Juros nominais direcional	100.000	DV01	3.967.592	14.475.386	3 (PJUR1)	3,6

Inflação	Posição (R\$)	Tipo de posição (NTN-B 2010 + DI Jan/10)	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Inflação	100.000	DV01	1.854.353	27.297.112	1 (PJUR1) e 2,68 (PJUR3)	14,7
Inflação	100.000	DV01	1.854.353	36.947.369	3 (PJUR1) e 2,68 (PJUR3)	19,9

Commodities	Posição (R\$)	Tipo de posição	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Commodities	1.000.000,00	Financeiro em soja	114.055	180.000	-	1,6

Cupom Cambial	Posição (R\$)	Tipo de posição	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Cupom Cambial longo (FRA 1 ano)	100.000	DV01	5.124.827	28.642.651	2,12 (PJUR2)	5,6
Cupom Cambial longo (FRA 2 anos)	100.000	DV01	7.489.961	20.384.519	2,12 (PJUR2)	2,7

Moedas	Posição (R\$)	Tipo de posição	Capital Econômico (VaR)	Capital Regulamentar	Multiplicador Bacen	Capital Regulamentar/ Capital Econômico
Moedas - forte USD	1.000.000	Financeiro por moeda	64.065	1.000.000	-	15,6
Moedas - fraca HUF	1.000.000	Financeiro por moeda	40.755	1.000.000	-	24,5
Moedas - forte x forte (EUR x USD)	1.000.000	Financeiro por moeda	30.955	700.000	-	22,6
Moedas - forte x fraca (EUR x HUF)	1.000.000	Financeiro por moeda	20.918	2.000.000	-	95,6
Moedas - fraca x fraca (KRW x HUF)	1.000.000	Financeiro por moeda	35.266	2.000.000	-	56,7

## 7. Conclusão

Neste trabalho, fizemos uma análise dos modelos de alocação de capital relativos a risco de mercado, com ênfase nas regras estabelecidas pelo Banco Central do Brasil que entram em vigor em Julho de 2008.

Concluimos que há um grande distanciamento entre capital econômico e regulamentar em alguns grupos de risco.

Essa divergência pode gerar distorções nos preços de mercado. À medida que altos capitais regulatórios levam os bancos a evitar operar determinadas variáveis de mercado, prejudica-se a precificação destas variáveis, perdendo-se uma valiosa fonte de informação econômica.

Outra consequência indesejável é prejudicar a competitividade do setor bancário, já que a alocação excessiva de capital reduz o *spread* que as instituições ganham em suas operações.

Regras inflexíveis ou pouco ligadas ao perfil de risco das instituições desestimulam as mesmas a diversificar seus portfólios e reduzir seus riscos, havendo um efeito contrário ao objetivo principal das exigências de capital de promover proteção do capital econômico do sistema financeiro.

## 8. Referências Bibliográficas

- Resti, A.; Sironi, A., “Risk Management and shareholder’s value in banking”, 2007.

- Jorion, P., “Value at Risk”, McGrawHill, New York, 1997.
- Banco Central do Brasil, Resolução 3490, 2007.
- Banco Central do Brasil, Circulares 3361 a 3368, 2007.
- Litterman, “Hot Spots & Best Hedges”, Goldman Sachs, 1996.
- Hull, J. C., “Options, Futures and Other Derivatives”, Prentice Hall, 1997.
- La Rocque, E.; Aragão, C., “Simulação de Monte Carlo, com Volatilidade Estocástica, para a Análise do Risco de uma Carteira de Opções”. Resenha da BM&F, 133, 27-44. 1999

## 9. Apêndice

### 9.1. Duration

A *duration* de um título é dada por:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n c_i e^{-y t_i} t_i}{B} \quad (23), \text{ onde } c_i \text{ é o } i\text{-ésimo fluxo de caixa, } y \text{ é a } yield \text{ do título e } B \text{ é preço}$$

do título, dado por:

$$B = \sum_{i=1}^n c_i e^{-y t_i} \quad (24)$$

A expansão de Taylor para a variação do preço de um título B em função de variação em sua *yield* y é:

$$dB = \frac{\partial B}{\partial y} dy + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 B}{\partial y^2} dy^2 + \dots \quad (25)$$

Usando uma aproximação pelo 1º termo, temos:

$$\Delta B \cong \frac{\partial B}{\partial y} \Delta y \quad (26)$$

Sabemos que:

$$\frac{\partial B}{\partial y} = - \sum_{i=1}^n c_i e^{-y t_i} t_i \quad (27)$$

Substituindo (23) e (27) em (26), temos:

$$\Delta B \cong -DB\Delta y$$