

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS  
ESCOLA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RISCO DE MERCADO SEGUNDO IMPLEMENTAÇÃO DO  
ACORDO DE BASILÉIA NO BRASIL:  
UMA COMPARAÇÃO DA ABORDAGEM PADRONIZADA COM  
MÉTRICAS DE VaR E STRESS-TESTING**

JOSÉ AUGUSTO MAZZONI MARTINS FERREIRA

RIO DE JANEIRO – RJ

2017

JOSÉ AUGUSTO MAZZONI MARTINS FERREIRA

**RISCO DE MERCADO SEGUNDO IMPLEMENTAÇÃO DO  
ACORDO DE BASILÉIA NO BRASIL:  
UMA COMPARAÇÃO DA ABORDAGEM PADRONIZADA COM  
MÉTRICAS DE VaR E STRESS-TESTING**

Dissertação para obtenção do grau de  
mestre em Finanças e Economia Empresarial  
apresentada à Fundação Getúlio Vargas

Área de concentração: Finanças

Orientador: Edson Daniel Gonçalves

RIO DE JANEIRO – RJ

2017

## RESUMO

Esse trabalho avalia o capital requerido pelo Banco Central do Brasil (“BCB”) das instituições financeiras por ele reguladas, para risco de mercado segundo abordagem padronizada, em comparação com métricas comumente adotadas pela indústria financeira, referentes aos modelos de VaR e *Stress-Testing*. Para um determinado grupo escolhido de ativos arriscados (moedas, ações, índice de ações, *commodities* e taxas de juros), foi aplicada a abordagem do BCB para o capital regulatório requerido e comparada com a perda potencial estimada pelos modelos alternativos. Os resultados evidenciam uma postura bastante conservadora por parte do BCB em relação aos riscos de mercado de moedas e taxas de juros, sendo mais ponderada para *commodities* e leniente para ações e seus respectivos índices. Pode-se também avaliar a existência de arbitragens regulatórias, onde há exigência muito baixa de capital regulatório (ou nenhuma exigência) para determinados portfólios arriscados.

**Palavras chaves:** Risco de Mercado; Capital Regulatório; Acordo de Basiléia; Arbitragem Regulatória

Ferreira, José Augusto Mazzoni Martins

Risco de mercado segundo implementação do acordo de Basiléia no Brasil: uma comparação da abordagem padronizada com métricas de VaR e Stress-Testing / José Augusto Mazzoni Martins Ferreira. – 2017.  
31 f.

Dissertação (mestrado) - Fundação Getulio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia.

Orientador: Edson Daniel Lopes Gonçalves.

Inclui bibliografia.

1. Risco (Economia). 2. Créditos – Avaliação de riscos. 3. Crédito bancário. 4. Bancos – Regulamentação. I. Gonçalves, Edson Daniel Lopes. II. Fundação Getulio Vargas. Escola de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDD – 332.7

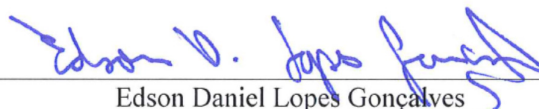
**JOSÉ AUGUSTO MAZZONI MARTINS FERREIRA**

**“RISCO DE MERCADO SEGUNDO IMPLEMENTAÇÃO DO  
ACORDO DE BASILÉIA NO BRASIL: UMA COMPARAÇÃO DA  
ABORDAGEM PADRONIZADA COM MÉTRICAS DE VaR E  
STRESS-TESTING”**

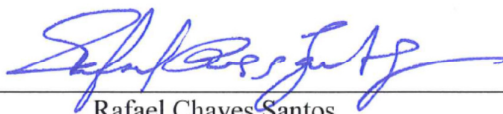
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Economia Empresarial e Finanças da Escola de Pós-Graduação em Economia para obtenção do grau de Mestre em Economia Empresarial e Finanças.

Data da defesa: 24/01/2017

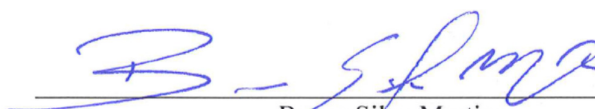
**ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**



Edson Daniel Lopes Gonçalves  
Orientador (a)



Rafael Chaves Santos



Bruno Silva Martins

## **ABSTRACT**

This work evaluates the regulatory capital required by Brazilian Central Bank (“BCB”) from financial institutions under its regulation, concerning the standard approach for marked risk, compared to alternative approaches commonly used by the financial industry, equivalent to VaR and Stress-Testing models. For a chosen group of risky assets (foreign currencies, stocks, stock indexes, commodities and interest rates), it was calculated the regulatory capital required by BCB under standard approach and compared to the estimated potential losses, according the alternative models. The results evidence a conservative position by BCB related to market risk of foreign currencies and interest rates, being more suitable for commodities and lenient for equities and their respective indexes. It is also possible to observe the existence of regulatory arbitrage, in which there is very low regulatory capital requirement (or no requirement) for certain risky assets portfolios.

**Keywords:** Market Risk; Regulatory Capital; Basel Accord; Regulatory Arbitrage

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Capital Disponível e Em Risco de Instituições Financeiras no Brasil .....	10
Tabela 2: Evolução do Acordo de Basiléia .....	12
Tabela 3: Vértices para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Reais.....	16
Tabela 4: Parâmetros para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Reais .....	17
Tabela 5: Vértices e Parâmetro Y para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira.....	19
Tabela 6: Parâmetro W para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira	19
Tabela 7: Descrição da Base de Dados .....	22
Tabela 8: Resultado para o Risco Cambial – Ativos Individuais.....	26
Tabela 9: Resultado para o Risco Cambial – Portfólio de Ativos.....	26
Tabela 10: Resultado para o Risco de Ações – Ativos Individuais.....	27
Tabela 11: Resultado para o Risco de Ações – Portfólio de Ativos.....	27
Tabela 12: Resultado para o Risco de <i>Commodities</i> – Ativos Individuais .....	27
Tabela 13: Resultado para o Risco Juros Pré-Fixados em Reais – Ativos Individuais .....	28
Tabela 14: Resultado para o Risco Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira – Ativos Individuais .....	28
Tabela 15: Resultado para o Risco Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira – Portfólio de Ativos .....	28
Tabela 16: Resultado para o Risco de Cupom de Índice de Preços em Reais – Ativos Individuais .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1: Séries Históricas – Moedas Estrangeiras.....	23
Gráfico 2: Séries Históricas – Ações e Índices .....	23
Gráfico 3: Séries Históricas – <i>Commodities</i> .....	24
Gráfico 4: Séries Históricas – Juros Brasileiros .....	24
Gráfico 5: Séries Históricas – Juros Americanos .....	25



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. ABORDAGEM PADRONIZADA .....</b>	<b>13</b>
2.1. Risco Cambial .....	13
2.2. Risco de Ações .....	15
2.3. Risco de Commodities .....	15
2.4. Risco de Juros Pré-Fixados em Reais .....	16
2.5. Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira .....	18
2.6. Risco de Cupom de Índice de Preços em Reais .....	20
2.7. Risco de Outras Taxas de Juros em Reais .....	21
<b>3. METODOLOGIA E RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Base de Dados .....	22
3.1. Metodologia .....	25
3.3. Resultados .....	26
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, vamos focar na avaliação do capital exigido pelo Banco Central do Brasil (“BCB”) para risco de mercado das instituições financeiras por ele reguladas, comparando modelos padronizados de exigência de capital com abordagens alternativas, comumente adotadas pela indústria financeira, referentes aos modelos de VaR e *Stress-Testing*. A motivação desta análise reside no fato de, embora mais simples, de implementação fácil e (comparativamente) menos custosa, a abordagem padronizada pode representar uma avaliação mais distante dos reais riscos econômicos suportados pelos bancos, permitindo arbitragens regulatórias (risco em excesso) ou excesso de capitalização das instituições, com maior custo aos acionistas e pessoas atendidas pelo sistema financeiro. Desta forma, o objetivo deste trabalho é verificar para quais grupos de ativos com risco de mercado a abordagem padronizada representa um modelo conservador, adequado ou leniente.

Deve-se, no entanto, ressaltar que instituições financeiras brasileiras apresentavam, quando da elaboração deste trabalho, um nível de capitalização elevado e com parte preponderante do capital alocado em risco de crédito, com parcelas menos relevantes em riscos de mercado e operacional.

**Tabela 1: Capital Disponível e Em Risco de Instituições Financeiras no Brasil  
(Setembro/2016)**

	Valor (Milhares)	% do PR
Patrimônio de Referência Livre	BRL 266.544,43	40,8%
Alocado em Risco Cambial	BRL 3.043,57	0,5%
Alocado em Risco de Ações	BRL 1.940,49	0,3%
Alocado em Risco de Commodities	BRL 2.829,62	0,4%
Alocado em Risco de Juros	BRL 14.939,97	2,3%
Alocado em Risco de Crédito	BRL 335.881,79	51,5%
Alocado em Risco Operacional	BRL 27.503,53	4,2%
Patrimônio de Referência	BRL 652.683,42	
Índice de Basiléia	16,7%	

Nota: os valores acima foram avaliados por meio de dados disponibilizados pelo BCB, para demonstrações financeiras de instituições financeiras reguladas e com data base setembro de 2016. Refletem as informações de toda indústria de forma consolidada, totalizando Patrimônio de Referência (capital passível de alocação em risco) de R\$ 652 bilhões, com parcela relevante livre (40%, aproximadamente) que, em conjunto com o Índice de Basiléia médio (16,7%), contra valor mínimo de 9,875% exigido pelo BCB, evidenciam excesso de capital nas instituições financeiras.

Como último elemento motivacional deste estudo, faz-se referência ao autor John Hull, que em sua série de edições da obra “Options, Futures and Other Derivatives” avalia o papel de três principais figuras do mercado: o comprador de proteção (“hedger”), o arbitrador e o especulador, cujas atuações são essenciais na formação dos preços. No que pese o atual nível de capitalização dos bancos brasileiros, métricas de exigência de capital regulatório de implementação custosa ou que sejam não econômicas (segundo perdas potenciais medidas por modelos de risco) podem dificultar a atuação de instituições financeiras em determinados ativos, na contramão de um mercado eficiente.

Por fim, segue uma breve explicação sobre capital regulatório e sua padronização no Brasil e no mundo: o Comitê de Basileia consiste em representantes de bancos centrais e autoridades regulatórias das economias do grupo G10, com a adição de Luxemburgo e Espanha. Desde 2009, passou a contar com representantes de todos os países do G20 e outros países com presença bancária relevante, como Hong Kong (região da China sob regime administrativo especial) e Singapura. Também conhecido como Comitê de Basileia para Supervisão Bancária (“BCBS”, na sua sigla em inglês), o Comitê recebe este nome por se reunir, normalmente, na cidade da Basileia, na Suíça.

É função do Comitê instituir recomendações para as autoridades regulatórias de seus membros, sendo função de cada país implementá-las internamente, por meio de normas e leis locais. O Comitê foi responsável pelos Acordos de Basileia (I, II e III). As normas destes Acordos foram adotadas por inúmeros países, abrangendo, atualmente, mais de 100 economias.

Desde 1994 o Brasil passou a observar as normas dos Acordos de Basileia, por meio de regulamentação do Conselho Monetário Nacional (“CMN”) e do BCB.

Abaixo um quadro comparativo dos Acordos de Basileia:

**Tabela 2: Evolução do Acordo de Basileia**

Acordo de Basileia	I	II	III
Data do Acordo	1988	2004	2010
Implementação no Brasil	1994	2004	2013
Principais Itens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de Crédito (ativos ponderados pelo risco)</li> <li>- Necessidade Mínima de Capital</li> <li>- Níveis de Capital (Tier 1 e Tier 2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de Mercado (moedas, juros, ações, commodities, etc)</li> <li>- Risco Operacional</li> <li>- Governança para Gestão de Capital e Risco (transparência e redução da Arbitragem Regulatória)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de Liquidez</li> <li>- Risco de Contraparte</li> <li>- Reservas Adicionais de Capital (mandatória e contracíclica)</li> <li>- Abolida Dívida Subordinada de Curto Prazo</li> <li>- Razão Mínima de Alavancagem</li> </ul>

Nota: as datas de implementação no Brasil, referidas na tabela, refletem as principais divulgações do marco regulatório pelo CMN e BCB, com implementação gradativa pelas instituições financeiras. Como pode-se verificar, o risco de mercado já é contemplado desde o Acordo de Basileia II, datado de 2004, não tendo passado por aprimoramentos relevantes em sua abordagem desde então.

A razão entre o capital disponível da instituição (no Brasil, comumente referido como Patrimônio de Referência) e os ativos ponderados pelo risco (“RWA”), dentre os diferentes riscos regulados (crédito, mercado, operacional, etc) deve observar uma relação mínima, definida como Índice de Basileia (“IB”):

$$\frac{\text{Patrimônio de Referência}}{\sum_j \sum_i RWA_{i,j}} \geq IB \quad (1)$$

Desde a Basileia II, com objetivo de diminuir a possibilidade de Arbitragem Regulatória, foi permitido aos bancos adotar, em alternativa à abordagem imposta pelos reguladores (Abordagem Padronizada), uma abordagem com base em modelos internos (“IRB”). No entanto, por uma série de exigências dos reguladores para auditar os modelos e acompanhar as informações das instituições (necessidade de investimento no desenvolvimento de metodologias e em sistemas), a grande maioria dos bancos brasileiros optou pela Abordagem Padronizada.

## 2. ABORDAGEM PADRONIZADA

### 2.1. Risco Cambial

Por risco cambial entende-se a exposição dos instrumentos financeiros à variação de preços de quaisquer moedas estrangeiras, incluindo ouro. O mesmo é regulado pela Circular 3.641 do BCB e também é referido como RWA Cam.

As moedas são classificadas em dois grupos, o primeiro que inclui dólar dos Estados Unidos, euro, franco suíço, iene, libra esterlina, dólar canadense e ouro (aqui conceituadas “Moedas Fortes”), tipicamente moedas conversíveis e de economias consolidadas, estando as demais moedas incluídas no segundo grupo (aqui conceituadas “Moedas Fracas”).

Existe também uma segunda classificação historicamente importante, que segrega os riscos contraídos no Brasil dos contraídos no exterior. No entanto, segundo regulamentação atual, esta segregação não é relevante, pois ao risco apurado é multiplicado por um ponderador igual a zero.

A exposição à variação cambial (“Exp”) é definida como a variação no preço de um ativo (ou passivo) em função da mudança de preço de determinada moeda em relação ao Real (“BRL”). Diz-se exposição comprada em uma determinada moeda quando a mesma é positiva para um ativo (e negativa para um passivo), sendo o oposto definido como exposição vendida. Desta forma, exposição cambial para um ativo em relação a uma moeda  $i$  também pode ser definida pela equação abaixo, convertida para BRL pela Ptax de venda da moeda  $i$  (taxa de câmbio informada pelo BCB):

$$Exp_i = \frac{\partial Valor Ativo}{\partial Preço_i} \cdot Ptax_i \quad (2)$$

Pelo primeiro termo de uma expansão em série de Taylor, espera-se que uma variação no preço de uma moeda  $\Delta Preço_i$  gere o seguinte resultado ao detentor do ativo:

$$Resultado_i = \frac{Exp_i \cdot \Delta Preço_i}{Ptax_i} \quad (3)$$

De uma forma simplificada, o total de capital exigido pelo BCB para uma determinada instituição em função da variação cambial (“Ccam”), para cada moeda  $i$  e exposição  $j$ , pode ser expresso na forma:

$$Ccam = Ccam_{Fortes} + Ccam_{Fracas} \quad (4)$$

$$Ccam_{Fortes} = |\sum_i \sum_j Exp_{i,j}| + 0,7 \cdot \min \left( \sum_i (\sum_j Exp_{i,j})_{>0} ; \sum_i |(\sum_j Exp_{i,j})_{<0}| \right) \quad (5)$$

$$Ccam_{Fracas} = \sum_i |\sum_j Exp_{i,j}| \quad (6)$$

Deve-se mencionar que, para determinadas faixas de valores de Ccam, existem ponderadores que permitem reduzir a exigência de capital, havendo ainda limitadores determinados pelo CMN e pelo BCB, sendo eles:

- (i) caso a Ccam apurada seja igual ou inferior a 2% do Patrimônio de Referência da instituição, a Ccam deve ser considerada zero;
- (ii) caso a Ccam seja maior que 2% e igual ou inferior a 5% do Patrimônio de Referência da instituição, a Ccam deve ser considerada 40% do valor originalmente apurado;
- (iii) caso a Ccam seja maior que 5% e igual ou inferior a 10% do Patrimônio de Referência da instituição, a Ccam deve ser considerada 60% do valor originalmente apurado;
- (iv) caso a Ccam seja maior que 10% e igual ou inferior a 15% do Patrimônio de Referência da instituição, a Ccam deve ser considerada 80% do valor originalmente apurado;
- (v) caso a Ccam seja maior que 15% do Patrimônio de Referência da instituição, a Ccam deve ser considerada 100% do valor originalmente apurado; e
- (vi) a Ccam é limitada a 30% do Patrimônio de Referência, patamar este que não deve ser ultrapassado pelas instituições financeiras (limite sujeito a mudanças pelo BCB, respeitada a faixa entre 15% e 75% do Patrimônio de Referência).

Por simplificação, considera-se neste trabalho a exigência de capital para grandes exposições a câmbio (Ccam maior que 15% do Patrimônio de Referência). No entanto, faz-se uma crítica à exigência de capital no formato acima, onde o risco é avaliado de maneira muito heterogênea para cada unidade marginal de capital em risco, sendo uma abordagem leniente para pequenas exposições (abaixo de 2% do Patrimônio de Referência), permitindo arbitragem

regulatória, e muito punitiva para grandes exposições (conforme evidenciado ao longo deste trabalho).

## 2.2. Risco de Ações

Por risco de ações entende-se a exposição à variação de preços de ações e índices de ações mantidos por uma instituição em sua carteira de negociação, assim como derivativos ou outros instrumentos referenciados nestes ativos. O mesmo é regulado pela Circular 3.638 do BCB e também é referido como RWA Acs.

As ações e índices são classificados de acordo com seu emissor e país no qual está localizado. Por exposição a um destes ativos, entende-se o seu valor a mercado (ou, no caso de derivativos ou instrumentos referenciados, o valor nocional multiplicado pelo delta).

O capital requisitado pelo BCB para um determinado grupo de ações e índices (“Cacs”) deve seguir a sistemática abaixo:

$$Cacs = \sum_j Cacs_j \quad (7)$$

$$Ccas_j = 0,08 \cdot \left| \sum_i Ccas_{i,j} \right| + 0,08 \cdot \sum_i |Ccas_{i,j}| + 0,02 \cdot \sum_k |Cind_{k,j}| \quad (8)$$

Onde:

$i$  refere-se a cada emissor de ações;

$k$  refere-se a cada índice de ações; e

$j$  refere-se a cada país de emissores.

## 2.3. Risco de Commodities

Por risco de *commodities* entende-se a exposição à variação de preços de mercadorias mantidas por uma instituição, excluído ouro (que é tratado como moeda), assim como derivativos ou outros instrumentos referenciados nestes ativos. O mesmo é regulado pela Circular 3.639 do BCB e também é referido como RWA Com.

As operações são classificadas de acordo com cada mercadoria. Por exposição a um destes ativos, entende-se a quantidade de mercadorias envolvidas multiplicada pelo valor das mesmas na data de apuração (e, no caso de derivativos que sejam opções, o valor apurado multiplicado pelo delta).

O capital requerido pelo BCB para o risco de *commodities* (“Ccom”) deve seguir a sistemática abaixo, para cada ativo *i* e mercadoria *j*:

$$Ccom = 0,15. \sum_j |\sum_i Ccom_{i,j}| + 0,03. \sum_j |\sum_i |Ccom_{i,j}|| \quad (9)$$

#### 2.4. Risco de Juros Pré-Fixados em Reais

Por risco de juros pré-fixados em reais, entende-se a exposição à variação da expectativa de taxa de juros dos ativos em BRL indexados a taxas fixas detidos por uma instituição, assim como derivativos ou outros instrumentos indexados à taxas fixas. O mesmo é regulado pela Circular 3.634 do BCB e também é referido como RWA Jur1.

As operações possuem seu valor a mercado (“VMTM”) apurados e agrupados em 10 vértices temporais (“*P*”), conforme tabela abaixo, na proporção da proximidade de seu respectivo vencimento ao prazo de cada vértice.

**Tabela 3: Vértices para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Reais**

Vértice	Prazo (dias úteis)
$P_1$	21
$P_2$	42
$P_3$	63
$P_4$	126
$P_5$	252
$P_6$	504
$P_7$	756
$P_8$	1.008
$P_9$	1.260
$P_{10}$	2.520

Nota: vértices segundo Circular 3.634 do BCB.

O BCB divulga, diariamente, parâmetros para o cálculo do capital requerido, sendo eles o parâmetro base para o cálculo da correlação entre os vértices  $\rho$ , o fator de decaimento de



correlação  $k$ , a volatilidade de cada vértice  $\sigma_i$  e estes mesmos parâmetros estressados, sendo eles  $\rho^s$ ,  $k^s$  e  $\sigma_i^s$ .  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  e  $\sigma_3$ .

**Tabela 4: Parâmetros para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Reais**

Vértice	Prazo (dias úteis)
$M^{pre}$	1,95
$\rho$	0,22
$k$	0,56
$\sigma_1, \sigma_2$ e $\sigma_3$	0,000222
$\sigma_4, \sigma_5, \sigma_6$ e $\sigma_7$	0,000747
$\sigma_8, \sigma_9$ e $\sigma_{10}$	0,001050
$\rho^s$	0,16
$k^s$	0,76
$\sigma_1^s, \sigma_2^s$ e $\sigma_3^s$	0,001132
$\sigma_4^s, \sigma_5^s, \sigma_6^s$ e $\sigma_7^s$	0,003497
$\sigma_8^s, \sigma_9^s$ e $\sigma_{10}^s$	0,003714

Nota: parâmetros obtidos em 15/07/2016 no site [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br).

As correlações entre os vértices são determinadas conforme fórmulas abaixo, tanto para os parâmetros regulares quanto estressados:

$$\rho_{i,j} = \rho + (1 - \rho) \left( \frac{\max(P_i; P_j)}{\min(P_i; P_j)} \right)^k \quad (10)$$

$$\rho_{i,j}^s = \rho^s + (1 - \rho^s) \left( \frac{\max(P_i; P_j)}{\min(P_i; P_j)} \right)^{k^s} \quad (11)$$

Para cada vértice é calculado seu respectivo VaR, tanto esperado quanto estressado, conforme fórmulas abaixo:

$$VaR_{i,t} = 2,33 \cdot \frac{P_i}{252} \cdot \sigma_{i,t} \cdot VMTM_{i,t} \cdot \sqrt{D} \quad (12)$$

$$sVaR_{i,t} = 2,33 \cdot \frac{P_i}{252} \cdot \sigma_{i,t}^s \cdot VMTM_{i,t} \cdot \sqrt{D} \quad (14)$$

São calculados os valores de VaR para toda carteira, tanto esperado quanto estressado, conforme fórmulas abaixo:

$$VaR_t^{Padr\tilde{a}o} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n VaR_{i,t} \cdot VaR_{j,t} \cdot \rho_{i,j}} \quad (15)$$

$$sVaR_t^{Padr\tilde{a}o} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n sVaR_{i,t} \cdot sVaR_{j,t} \cdot \rho_{i,j}^s} \quad (16)$$

Por último, o capital regulatório exigido é definido como função das exposições nos últimos 60 dias úteis da data de sua apuração, até o último dia útil (inclusive):

$$Cjur_{1_t} = \max \left[ \left( \frac{M^{pre}_{t-1}}{60} \sum_{i=1}^{60} VaR_{t-i}^{Padr\tilde{a}o} \right), VaR_{t-1}^{Padr\tilde{a}o} \right] + \max \left[ \left( \frac{M^{pre}_{t-1}}{60} \sum_{i=1}^{60} sVaR_{t-i}^{Padr\tilde{a}o} \right), sVaR_{t-1}^{Padr\tilde{a}o} \right] \quad (17)$$

Para uma posição avaliada em um único dia, o capital requerido pode ser aproximado pela seguinte expressão:

$$Cjur_{1_t} = VaR_t^{Padr\tilde{a}o} + sVaR_t^{Padr\tilde{a}o} \quad (18)$$

Para um ativo adquirido na data pela instituição e para um único vértice, como uma segunda aproximação, o capital requerido também pode ser definido por:

$$Cjur_{1_t} = 2,33 \cdot \frac{P_i}{252} \cdot VMTM_{i,t} \cdot \sqrt{D} \cdot (\sigma_{i,t} + \sigma_{i,t}^s) \quad (19)$$

## 2.5. Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira

Por risco de juros pré-fixados em moeda estrangeira, entende-se a exposição à variação da expectativa de taxa de juros dos ativos denominados em moeda estrangeira indexados a taxas fixas detidos por uma instituição, assim como derivativos ou outros instrumentos indexados às taxas fixas. O mesmo é regulado pela Circular 3.635 do BCB e também é referido como RWA Jur2.

As operações possuem seu valor presente (“VP”) apurados e agrupados em 11 vértices temporais (“P”), conforme tabela abaixo, na proporção da proximidade de seu respectivo vencimento ao prazo de cada vértice, sendo definidos parâmetros Y para cada um deles:

**Tabela 5: Vértices e Parâmetro Y para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira**

Vértice	Prazo (dias úteis)	Y
$P_1$	1	0%
$P_2$	21	0,5%
$P_3$	42	0,7%
$P_4$	63	0,8%
$P_5$	126	1,2%
$P_6$	252	2%
$P_7$	504	4%
$P_8$	756	6%
$P_9$	1.008	8%
$P_{10}$	1.260	10%
$P_{11}$	2.520	18%

Nota: vértices e parâmetro Y segundo Circular 3.635 do BCB.

São também definidas três zonas de vencimento, com um parâmetro W para cada.

**Tabela 6: Parâmetro W para Cálculo do Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira**

Zona	Vértices	W
1	$P_1, P_2, P_3, P_4$ e $P_5$	40%
2	$P_6, P_7$ e $P_8$	30%
3	$P_9, P_{10}$ e $P_{11}$	30%

Nota: parâmetro segundo Circular 3.635 do BCB.

Os fluxos de caixa devem ser agrupados por moeda, sendo o capital requerido independente para cada uma delas, segundo sistemática abaixo.

Inicialmente, determina-se a exposição líquida por vértice, sendo ela:

$$EL_i = \sum_{y=1}^Z VP_{y,i} \cdot Y_i \quad (20)$$

Deve-se também apurar, para cada vértice, o descasamento vertical, definido por:

$$DV_i = 0,1 \cdot \min \left( \left| \sum_{y=1}^Z VP_{y,i < 0} \cdot Y_i \right| ; \sum_{y=1}^Z VP_{y,i > 0} \cdot Y_i \right) \quad (21)$$

O descasamento horizontal para cada zona de vencimento é definido por:

$$DHz_j = \min(|\sum_{i=1}^p EL_{i < 0}|; \sum_{i=1}^p EL_{i > 0}) \cdot W_j \quad (22)$$

O descasamento horizontal entre as zonas de vencimento é definido por:

$$DHE = DHE12 + DHE23 + DHE13 \quad (24)$$

$$DHE12 = \begin{cases} 0,4 \cdot \min(|DHz_1|; |DHz_2|), & DHz_1 \cdot DHz_2 < 0 \\ 0, & DHz_1 \cdot DHz_2 \geq 0 \end{cases} \quad (25)$$

$$DHE12 = \begin{cases} 0,4 \cdot \min(|DHz_2|; |DHz_3|), & DHz_2 \cdot DHz_3 < 0 \\ 0, & DHz_2 \cdot DHz_3 \geq 0 \end{cases} \quad (26)$$

$$DHE23 = \begin{cases} 1,0 \cdot \min(|DHz_1|; |DHz_3|), & DHz_1 \cdot DHz_3 < 0 \\ 0, & DHz_1 \cdot DHz_3 \geq 0 \end{cases} \quad (27)$$

O BCB divulga, diariamente o parâmetro  $M^{ext}$ , utilizado para calcular o capital requerido, definido por:

$$Cjur_2 = M^{ext} \cdot \sum_{k=1}^{m_1} (|\sum_{i=1}^{11} EL_i| + \sum_{i=1}^{11} |DV_i| + \sum_{j=1}^3 |DHz_j| + DHE)_k \quad (28)$$

Para um único ativo localizado em um vértice, o capital regulatório pode ser simplificado para:

$$Cjur_2 = 3,7 \cdot VP \cdot Y_i \quad (29)$$

## 2.6. Risco de Cupom de Índice de Preços em Reais

Por risco de cupom de índice de preços em BRL, entende-se a exposição de ativos à variação da expectativa da taxa real de juros (diferença entre a expectativa da SELIC e do índice de preços em questão), assim como derivativos ou outros instrumentos indexados à taxa real. O mesmo é regulado pela Circular 3.636 do BCB e também é referido como RWA Jur3.

O capital regulatório é calculado de forma semelhante ao RWA Jur2. Desta forma, para um único ativo localizado em um vértice, o capital regulatório pode ser simplificado como:

$$Cjur_3 = 2,7 \cdot VP \cdot Y_i \quad (30)$$

## **2.7. Risco de Outras Taxas de Juros em Reais**

O risco à exposição de outras taxas de juros de ativos denominados em BRL é regulado pela Circular 3.637 do BCB e também é referido como RWA Jur3.

O capital regulatório também é calculado de forma semelhante ao RWA Jur2. Desta forma, para um único ativo localizado em um vértice, o capital regulatório pode ser simplificado como:

$$C_{jur_4} = 2,0.VP.Y_i \quad (31)$$

No entanto, pela baixa representatividade destes ativos no mercado brasileiro, considerando as carteiras de negociação das instituições financeiras, os mesmos não serão abordados no presente trabalho.

### 3. METODOLOGIA E RESULTADOS

#### 3.1. Base de Dados

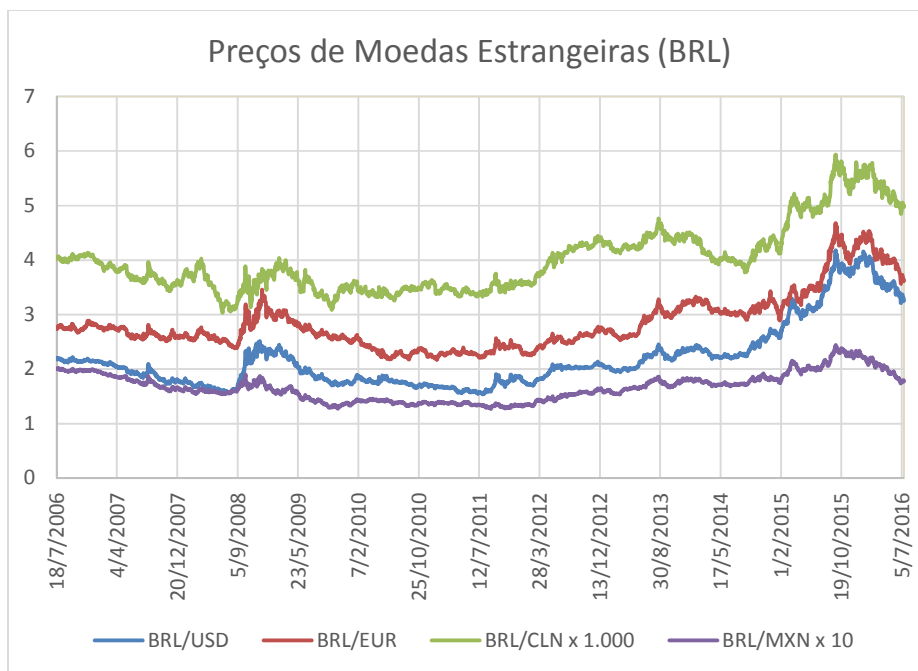
Foram utilizados preços diários de ativos obtidos em um intervalo de 5 à 10 anos, até 15/07/2016, conforme tabela abaixo, extraídos da Bloomberg (preços de fechamento):

**Tabela 7: Descrição da Base de Dados**

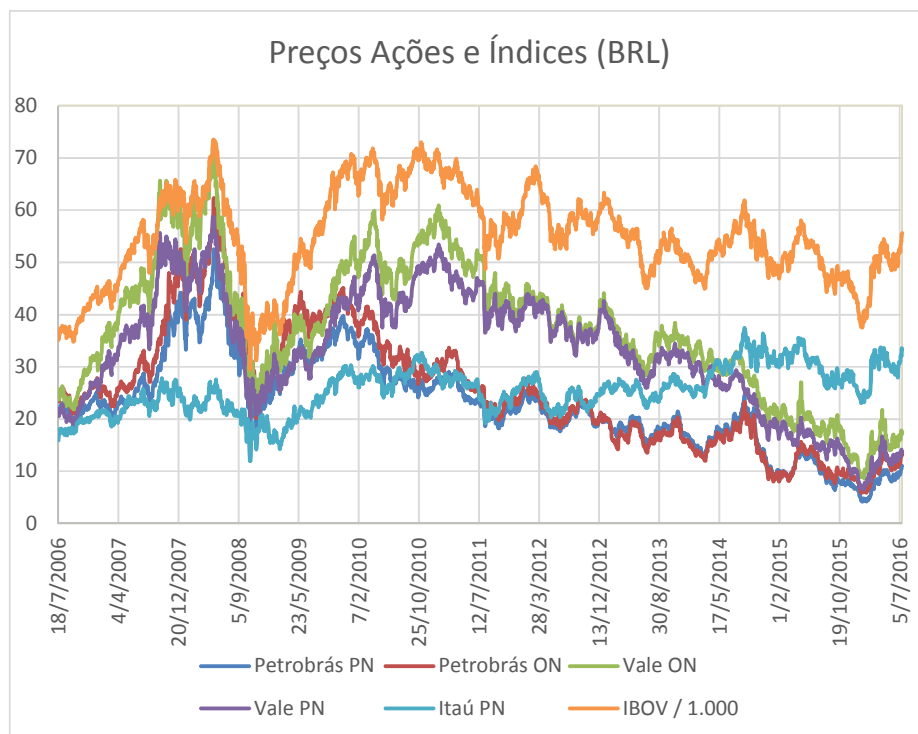
Descrição do Ativo	Tipo	Nome Resumido	Prazo da Série
Dólar Norte Americano	Moeda	USD	10 anos
Euro	Moeda	EUR	10 anos
Peso Chileno	Moeda	CLN	10 anos
Peso Mexicano	Moeda	MXN	10 anos
Ações Preferenciais da Petrobrás S.A.	Ações	PETR4	10 anos
Ações Ordinárias da Petrobrás S.A.	Ações	PETR3	10 anos
Ações Preferenciais da Vale S.A.	Ações	VALE5	10 anos
Ações Ordinárias da Vale S.A.	Ações	VALE3	10 anos
Ações Preferenciais Itaú-Unibanco S.A.	Ações	ITUB4	10 anos
Índice BOVESPA	Índice de Ações	IBOV	10 anos
Petróleo Brent - 1 mês	<i>Commodities</i>	CL1	10 anos
Petróleo Brent - 6 meses	<i>Commodities</i>	CL6	10 anos
Soja - 1 mês	<i>Commodities</i>	S1	10 anos
Soja - 6 meses	<i>Commodities</i>	S6	10 anos
Swap CDI x Pré - 1 ano	Juros	CDI1	10 anos
Swap CDI x Pré - 5 anos	Juros	CDI5	10 anos
Swap CDI x USD - 1 ano	Juros	CUP1	6 anos
Swap CDI x USD - 5 anos	Juros	CUP5	6 anos
Swap Libor 6m - 1 ano	Juros	LIB1	6 anos
Swap Libor 6m - 5 anos	Juros	LIB5	6 anos
Swap CDI x IPCA - 2 anos	Juros	JR2	8 anos
Swap CDI x IPCA - 5 anos	Juros	JR5	8 anos

Nota: descrição dos ativos utilizados e suas respectivas séries históricas, extraídas de acordo com a disponibilidade de informações (até, no máximo, 10 anos).

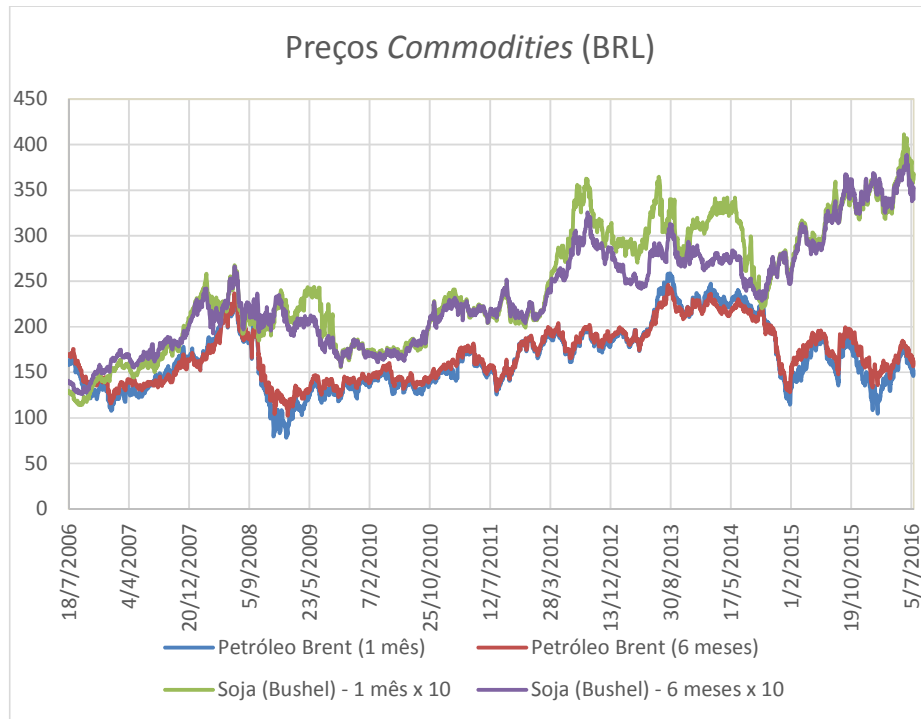
**Gráfico 1: Séries Históricas – Moedas Estrangeiras**



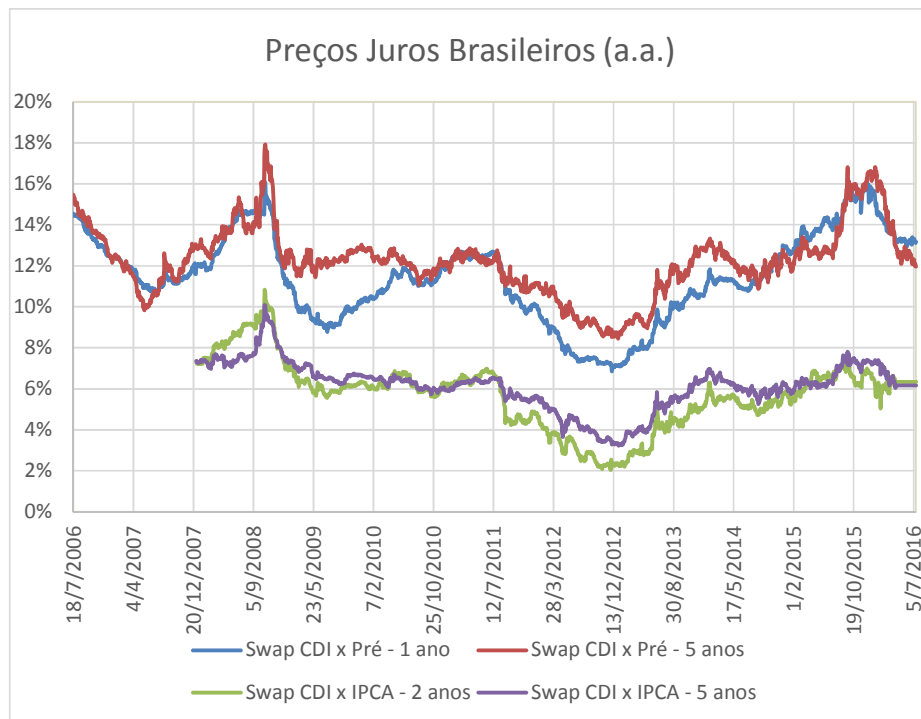
**Gráfico 2: Séries Históricas – Ações e Índices**



**Gráfico 3: Séries Históricas – Commodities**

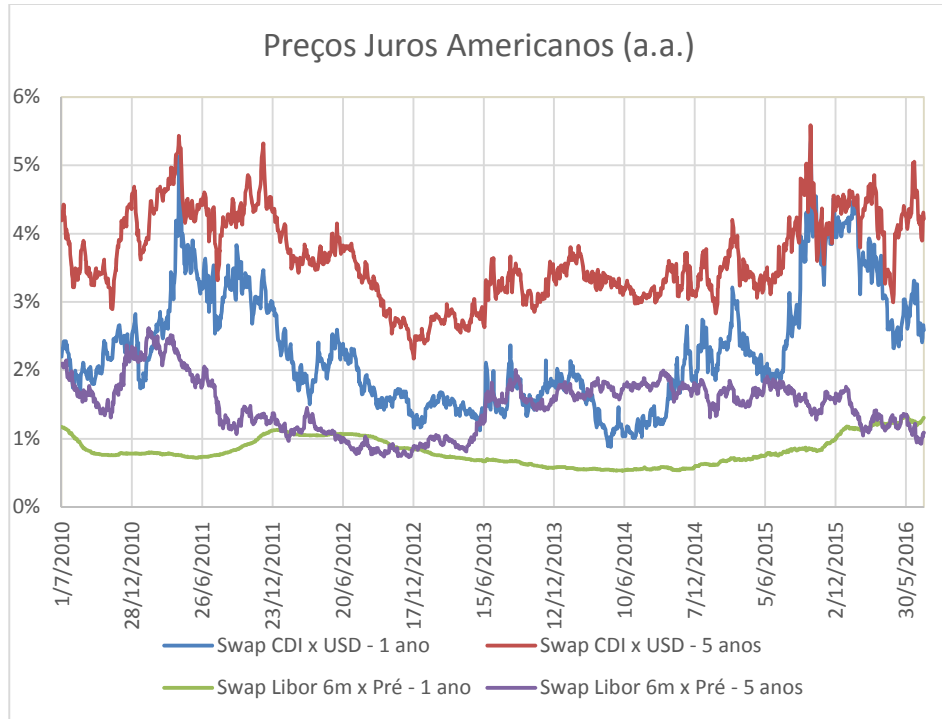


**Gráfico 4: Séries Históricas – Juros Brasileiros**





**Gráfico 5: Séries Históricas – Juros Americanos**



### 3.1. Metodologia

Inicialmente, foi calculado o retorno mensal de cada um dos ativos acima, definido como (onde *Duration* é, aproximadamente, o prazo de cada ativo/derivativo):

$$R_t = \begin{cases} (J_t - J_{t-1m}).Duration, & \text{para juros} \\ \frac{P_t}{P_{t-1m}} - 1, & \text{para demais ativos} \end{cases} \quad (32)$$

Para fins deste trabalho, foi escolhido o retorno mensal, uma vez que o capital disponível das instituições reguladas pode ser avaliado pelo BCB com a periodicidade mínima mensal, não existindo informações diárias disponíveis para o regulador sobre o Patrimônio de Referência.

Para cada ativo foi calculado seu retorno em estresse de perda (*Stress*), definido como seu máximo retorno positivo (para posições vendidas) ou o máximo valor absoluto para retorno negativo (para posições compradas).

Como um segundo parâmetro de capital, foi escolhido o VaR com nível de confiança de 99,17%. Este intervalo de confiança foi escolhido pelo mesmo motivo do prazo máximo das séries (10 anos), onde o regulador, ao atuar ao longo deste período, pode fiscalizar o capital de

uma instituição 120 vezes, esperando encontrar um retorno igual ou superior ao  $\text{VaR}_{99,17\%}$  em somente uma destas observações:

$$99,17\% = 1 - \frac{1}{120} \quad (33)$$

Foi calculado o capital regulatório requerido para o grupo de ativos listados na tabela acima para cada tipo de risco de mercado da abordagem padronizada. O capital regulatório foi comparado com o capital econômico segundo *Stress* e  $\text{VaR}_{99,17\%}$ , conforme acima apresentado.

Também foram simulados alguns portfólios de ativos, com objetivo de identificar deficiências relevantes no capital regulatório (arbitragem regulatória) ou excessos expressivos.

### 3.3. Resultados

Os ativos que apresentam razão de capital regulatório por capital econômico superior a 125% são apresentados em vermelho, evidenciando excesso de demanda de capital pelo regulador. Analogamente, os ativos que apresentam razão inferior a 80% são apresentados em verde, evidenciando falta de capital requerido. O capital é sempre apresentado no formato percentual do valor do ativo.

Risco cambial – ativos individuais:

**Tabela 8: Resultado para o Risco Cambial – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
USD+	100%	12%	12%	8,6	8,7
USD-	100%	12%	35%	8,6	2,9
EUR+	100%	11%	12%	9,4	8,1
EUR-	100%	11%	30%	9,4	3,3
CLN+	100%	9%	13%	10,6	8,0
CLN-	100%	9%	19%	10,6	5,3
MXN+	100%	9%	11%	11,7	9,2
MXN-	100%	9%	18%	11,7	5,4

Risco cambial – portfólio:

**Tabela 9: Resultado para o Risco Cambial – Portfólio de Ativos**

Portfólio	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
USD+/EUR-	70%	7%	12%	9,4	5,7
USD+/CLN-	200%	7%	10%	26,9	19,9

Risco de ações – ativos individuais:

**Tabela 10: Resultado para o Risco de Ações – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
PETR4+	16%	32%	49%	0,5	0,3
PETR4-	16%	32%	91%	0,5	0,2
PETR3+	16%	32%	49%	0,5	0,3
PETR3-	16%	32%	71%	0,5	0,2
VALE3+	16%	28%	43%	0,6	0,4
VALE3-	16%	28%	73%	0,6	0,2
VALE5+	16%	27%	41%	0,6	0,4
VALE5-	16%	27%	64%	0,6	0,2
ITUB4+	16%	22%	43%	0,7	0,4
ITUB4-	16%	22%	51%	0,7	0,3
IBOV+	18%	18%	42%	1,0	0,4
IBOV-	18%	18%	26%	1,0	0,7

Risco de ações – portfólio:

**Tabela 11: Resultado para o Risco de Ações – Portfólio de Ativos**

Portfólio	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
PETR4+/PETR3-	0%	7%	12%	0,0	0,0
VALE5+/VALE3-	0%	5%	13%	0,0	0,0

Risco de *commodities*:

**Tabela 12: Resultado para o Risco de *Commodities* – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
CL1+	18%	22%	38%	0,8	0,5
CL1-	18%	22%	38%	0,8	0,5
CL6+	18%	18%	31%	1,0	0,6
CL6-	18%	18%	30%	1,0	0,6
S1+	18%	18%	28%	1,0	0,6
S1-	18%	18%	22%	1,0	0,8
S6+	18%	15%	25%	1,2	0,7
S6-	18%	15%	19%	1,2	1,0

Risco de juros pré-fixados em reais:

**Tabela 13: Resultado para o Risco de Juros Pré-Fixados em Reais – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
CDI1+	3%	1%	2%	2,6	1,3
CDI1-	3%	1%	2%	2,6	1,5
CDI5+	18%	8%	17%	2,1	1,0
CDI5-	18%	8%	18%	2,1	1,0

Risco de juros pré-fixados em moeda estrangeira:

**Tabela 14: Resultado para o Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
Cup1+	7%	1%	2%	7,0	4,4
Cup1-	7%	1%	3%	7,0	2,8
Cup5+	37%	8%	8%	4,6	4,6
Cup5-	37%	8%	8%	4,6	4,5
Lib1+	7%	0%	0%	59,0	34,2
Lib1-	7%	0%	0%	34,2	37,5
Lib5+	37%	2%	3%	15,2	10,9
Lib5-	37%	3%	4%	10,9	10,5

Risco de juros pré-fixados em moeda estrangeira:

**Tabela 15: Resultado para o Risco de Juros Pré-Fixados em Moeda Estrangeira – Portfólio de Ativos**

Portfólio	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
Cup5+/Lib5-	0%	5%	9%	0,0	0,0

Risco de cupom de índice de preços em reais:

**Tabela 16: Resultado para o Risco de Cupom de Índice de Preços em Reais – Ativos Individuais**

Ativo	Capital Regulatório	VaR(99.17%)	Stress	Cap/VaR	Cap/Stress
JR2+	11%	2%	4%	4,9	2,5
JR2-	11%	2%	4%	4,9	2,5
JR5+	27%	4%	6%	6,2	4,2
JR5-	27%	4%	6%	6,2	4,2

#### 4. CONCLUSÃO

Em análise aos resultados, pode-se concluir uma postura bastante conservadora por parte do BCB em relação ao risco cambial, tanto para ativos individuais quanto para portfólios, principalmente para posições entre Moedas Fortes e Fracas.

Pode-se também verificar uma postura conservadora em relação ao risco de juros, bastante acentuada para moedas estrangeiras e mais moderada para ativos pré-fixados em reais.

*Commodities* são os ativos que, individualmente, apresentaram melhor relação entre capital regulatório e econômico, sugerindo uma abordagem regulatória adequada ou agressiva por parte do regulador, dependendo da métrica de capital econômico avaliada.

Por outro lado, ações são os ativos que apresentam uma postura mais leniente pelo BCB, sugerindo pouco capital regulatório requerido para o risco destes ativos.

No que diz respeito a arbitragem regulatória, nota-se que não é exigido nenhum capital para posições com capital econômico considerável, em relação ao portfólio de ações ON/PN de um mesmo emissor e para posições compradas/vendidas em diferentes taxas de juros de uma mesma moeda estrangeira.

Conforme evidenciado por este trabalho, a Abordagem Padronizada não é plenamente aderente aos modelos de risco considerados. Alternativamente, de maneira a permitir uma maior contribuição das instituições financeiras na formação dos preços e liquidez dos ativos financeiros, assim como na venda de proteção para seus clientes (*hedge*), seria sugerido ao BCB (e ao CMN) uma revisão da Abordagem Padronizada, em busca de parâmetros mais alinhados com as perdas potenciais dos ativos em função dos fatores de risco de mercado (sem prejuízo às recomendações internacionais à serem observadas pelos reguladores).

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gustavo Barbedo, BESSADA, Octavio Cláudio. **Mercado de Derivativos no Brasil – Conceitos, Operações e Estratégias**. 1ª Edição, Editora Record.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.641, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA). Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.641, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições em ouro, em moeda estrangeira e em ativos sujeitos à variação cambial cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.638, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições sujeitas à variação do preço de ações cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.639, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA), referente às exposições sujeitas à variação dos preços de mercadorias (commodities) cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.634, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições sujeitas à variação de taxas de juros prefixadas denominadas em real cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.635, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de moedas estrangeiras cujo requerimento de

capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.636, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de índices de preços cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Circular 3.637, de 4 de março de 2013**. Estabelece os procedimentos para o cálculo da parcela dos ativos ponderados pelo risco (RWA) referente às exposições sujeitas à variação da taxa dos cupons de taxa de juros cujo requerimento de capital é calculado mediante abordagem padronizada. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 15/07/2016.

CYGANCZUK, Karina. **Estrutura de Capital e Contingente Conversível sob a Ótica de Basiléia III – Um estudo empírico sobre o Brasil**. Dissertação de Mestrado, Escola de Economia de São Paulo, 2014.

JORION, Philippe. **The New Benchmark for Managing Financial Risk**. 3rd Edition, McGraw-Hill.

HULL, John C. **Options, Futures and Other Derivatives**. 9th Edition, McGraw-Hill.