

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

EVOLUÇÃO DO RISCO DA DÍVIDA PÚBLICA FEDERAL PRÉ-FIXADA E COM  
INDEXAÇÃO CAMBIAL

Luís Eduardo Wetzel B. Santos  
No. de Matrícula: 9515092-5

Orientador: Prof. Márcio G. P. Garcia

Novembro de 1998

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

EVOLUÇÃO DO RISCO DA DÍVIDA PÚBLICA FEDERAL PRÉ-FIXADA E COM  
INDEXAÇÃO CAMBIAL

*Luis Eduardo Wetzel B. Santos*

Luis Eduardo Wetzel B. Santos

No. de Matrícula: 9515092-5

Orientador: Prof. Márcio G. P. Garcia

Novembro de 1998

“Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor”.

“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor”

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha família pelo apoio dado durante toda o período em que cursei o curso de economia.

Gostaria também de agradecer ao professor Márcio G. P. Garcia, não somente a sua orientação neste trabalho, como também o incentivo dispensado.

Agradecimentos especiais a Ian Marcus Caó Dias pelos ensinamentos sobre VaR.

## SUMÁRIO

<b>I. INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>II. CONCEITOS IMPORTANTES</b>	<b>10</b>
II.1. Risco	10
II.2. VaR	12
II.3. <i>Duration</i>	15
II.3.1. <i>Duration</i> e Risco	17
II.4. Covexidade	17
II.4.1. Série de Taylor	18
II.5. Características dos Títulos Federais Pré-Fixados	20
II.6. Características dos Títulos Federais Indexados ao Dólar	20
<b>III. VOLATILIDADE</b>	<b>22</b>
III.1. Cálculo do Desvio-Padrão e da Covariância	22
III.2. Decaimento Exponencial	23
<b>IV. VALUE-AT-RISK</b>	<b>25</b>
IV.1. Decomposição das Posições nos Fluxos de Caixa	25
IV.2. Decomposição nos Vértices	26
IV.3. Cálculo do VaR	31

	5
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>33</b>
V.1. O Risco dos Títulos Federais Pré-Fixados	33
V.1.1. A Crise Asiática	34
V.1.2. A Crise da Rússia	37
V.2. O Risco dos Títulos Federais Indexados ao Dólar	37
<b>VI. CONCLUSÃO</b>	<b>42</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</b>

## SUMÁRIO DE GRÁFICOS

Gráfico II.1	Exemplo: comparação do risco entre dois ativos	11
Gráfico II.2	Estatística do VaR	13
Gráfico II.3	Aproximação do preço de um título pela <i>duration</i> e convexidade	18
Gráfico IV.1	Fluxo de caixa	26
Gráfico IV.2	Desmembramento do fluxo de caixa	27
Gráfico IV.3	Posições não-lineares	31
Gráfico V.1	Prazo médio dos títulos federais pré-fixados	35
Gráfico V.2	Estoque de títulos colocados	35
Gráfico V.3	Títulos federais pré-fixados	36
Gráfico V.4	Títulos federais com indexação cambial	38
Gráfico V.5	Estoque de títulos colocados e VaR	39

## SUMÁRIO DE TABELAS

Tabela 1	Evolução dos títulos federais pré-fixados	40
Tabela 2	Evolução dos títulos federais com indexação cambial	41



## I. INTRODUÇÃO

A implantação do plano Real, em julho de 1994, trouxe não somente a estabilidade econômica ao Brasil aliada a uma melhor distribuição de renda, como também uma importante mudança na composição da dívida interna brasileira. No período anterior, caracterizado por alta inflação, a dívida interna era composta basicamente por títulos federais pós-fixados, como é de se esperar em ambientes de alta incerteza. No entanto, como observado por Barcinski (1997), esse panorama começou a ser modificado a partir do Plano Real, com os títulos pré-fixados assumindo uma importância crescente, em grande parte devido a uma inflação sob controle e uma política econômica estável. Essa situação de lenta troca de papéis pós-fixados por pré-fixados só veio a ser interrompida com o agravamento da crise asiática e mais tarde com a moratória declarada pela Rússia.

Tendo por idéia central que o movimento de volta para os papéis pós-fixados e títulos cambiais que teve início após a crise asiática quando os mercados ficaram extremamente voláteis ocorreu porque o risco envolvido nos títulos pré-fixados cresceu de forma alarmante, essa monografia pretende utilizar o conceito de Valor em Risco

(VaR) para quantificar o risco envolvido nos títulos pré-fixados e assim tentar justificar a fuga dos agentes econômicos desses ativos.

Valor em Risco vem a ser o quanto um *portfolio* pode perder em determinado período de tempo com um determinado intervalo de confiança, sob condições normais de mercado. Os conceitos de risco, Valor em Risco entre outros são abordados em detalhe no segundo capítulo. Neste capítulo serão apresentadas também as características da BBC e da LTN, principais títulos públicos federais pré-fixados colocados em mercado, além das características da NBC-E e da NTN-D, títulos federais indexados à variação do dólar.

No terceiro capítulo será apresentada a metodologia de cálculo das volatilidades e correlações utilizadas pelo modelo para chegarmos ao VaR.

No capítulo 4 serão abordadas questões importantes para o cálculo do VaR, como decomposição dos fluxos de caixa e seu mapeamento nos chamados vértices temporais, além da metodologia utilizada para o cálculo do VaR.

No capítulo 5 serão apresentados e analisados os resultados obtidos através do VaR. Mostrar-se-á a evolução do risco envolvido nos títulos pré-fixados desde julho de 1997, passando pela crise asiática, pela crise da Rússia e pela turbulência de setembro e outubro de 1998, período de grande perda de reservas cambiais e incerteza. Análise semelhante sobre o comportamento do risco dos títulos cambiais é feita ao final do capítulo, procurando relacioná-lo com o dos títulos pré-fixados.

As conclusões desta monografia estão contidas no capítulo 6.

## II. CONCEITOS BÁSICOS

Esse capítulo tem por objetivo desenvolver alguns conceitos importantes e que serão utilizados ao longo da monografia.

### *II.1. Risco*

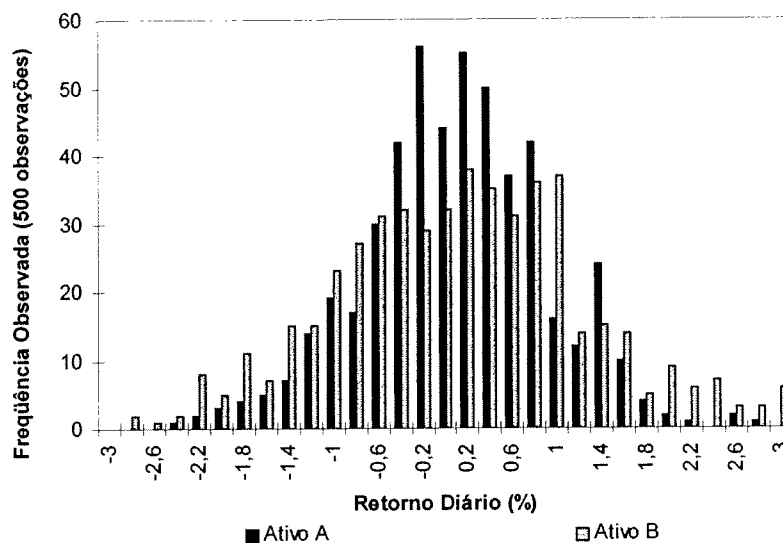
Risco pode ser definido como a volatilidade de resultados inesperados<sup>1</sup>, mais precisamente a volatilidade do valor de determinados ativos. Esses resultados podem ser tanto positivos quanto negativos. Se a dispersão desses resultados possíveis for grande (alta volatilidade), então a incerteza sobre o futuro é grande e a exposição ao risco alta, uma vez que pode se perder muito com uma probabilidade razoável. Se, por outro lado, a dispersão for pequena, tem-se pequena incerteza e risco baixo.

O gráfico da página seguinte ilustra a situação de dois ativos, um com alto risco e outro de baixo risco. Pode-se observar que o ativo A é o que apresenta risco mais baixo, pois seus retornos diários estão bem concentrados ao redor da média. O ativo B, por sua vez, tem um risco elevado, pois o seu retorno diário observado é bastante disperso.

---

<sup>1</sup> Jorion (1997), pág. 3

Gráfico II.1



O risco financeiro pode ser subdividido em cinco tipos<sup>2</sup>:

**Risco de Mercado:** surge das variações nos preços de mercado dos ativos financeiros. Essas ocorrem devido a variações nas taxas de juros, câmbio e etc.

**Risco de Crédito:** ocorre quando a contraparte não pode ou não deseja cumprir suas obrigações contratuais.

**Risco Operacional:** advém da possibilidade de fraude, erro humano, controle ineficiente, sistemas inadequados e etc.

**Risco de Liquidez:** surge quando uma transação não é feita a preços de mercado vigentes devido a uma atividade insuficiente do mercado.

<sup>2</sup> De acordo com Jorion (1997), págs 14-18

Risco Legal: relacionado à possibilidade de contratos estabelecidos não serem honrados. Ocorre também devido a mudanças na legislação vigente, novos regulamentos impostos pelo governo e processos legais contra a instituição.

Existem outros tipos de risco além desses acima citados, mas ao tentar estimar através do VaR o risco das BBC, LTN, NBC-E e NTN-D esta monografia se preocupará exclusivamente com os riscos de mercado associado a esses títulos.

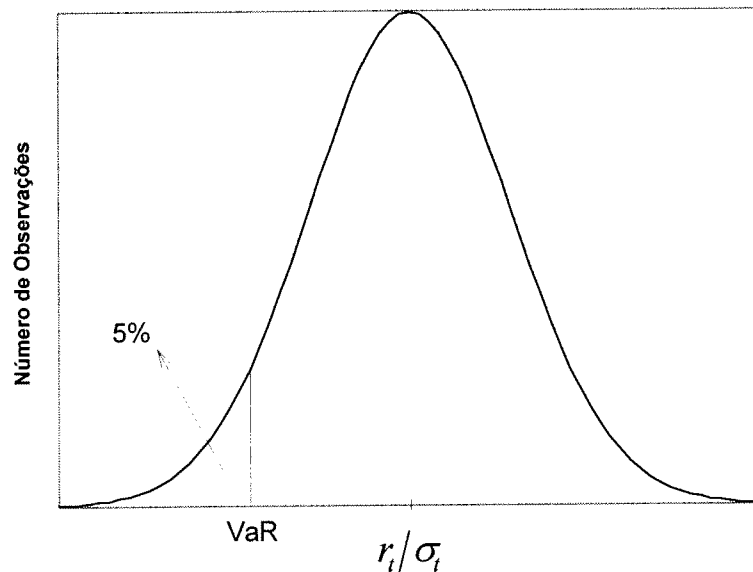
## ***II.2. VaR***

Como visto, empresas e bancos estão expostos a diversos tipos de risco. Tentar eliminá-los completamente é inútil, pois a incerteza está sempre presente. Isso não quer dizer que nada deva ser feito a seu respeito e perdas devam ser assumidas como uma fatalidade. O que deve ser feito é uma administração do risco: avaliar que tipos de risco devem ser evitados e principalmente o quanto de risco é aceitável. No âmbito financeiro o VaR é uma ferramenta indispensável para se medir os riscos de mercado.

Value-at-Risk é uma medida da máxima variação potencial no valor de um portfolio de instrumentos financeiros com uma determinada probabilidade por um dado período de tempo. O VaR informa a perda máxima em unidades monetárias que pode ocorrer em um determinado horizonte de tempo com um nível de confiança sob condições normais de mercado. Se, por exemplo, o intervalo de confiança for de 95%, o horizonte de tempo um dia e o VaR US\$ 1 milhão, então espera-se que em 95% dos dias a variação no valor do seu portfolio seja inferior a US\$ 1 milhão. Sob a hipótese de normalidade dos retornos, temos no gráfico abaixo um exemplo. No eixo horizontal está o retorno padronizado da carteira e no vertical o número de observações. O VaR com

nível de significância de 5% é dado pelo valor que deixa à esquerda da curva 5% da sua área total. Isso quer dizer que em aproximadamente 5% das ocasiões, as perdas serão maiores que o valor do VaR.

*Gráfico II.2*



A escolha do intervalo de confiança é arbitrária, assim como a escolha do intervalo de tempo de tempo relevante. No entanto, como estaremos assumindo distribuição normal para o retorno dos ativos, é bastante simples a transformação de medidas de VaR de um intervalo de confiança para outro, assim como de um intervalo de tempo para outro.

O objetivo do VaR é dar aos tomadores de decisão informação sobre os riscos que estão correndo, levando a um melhor gerenciamento do risco. Ele pode ter importância fundamental, por exemplo, para ajudar a decidir quando e como um hedge deve ser feito. Além disso, o VaR dificulta que fraudes e erros humanos passem despercebidos (caso do Barings) e com isso desastres podem ser evitados. O VaR

também pode ter um papel importante como meio de avaliação de traders. Como se sabe, altos retornos esperados estão associados a riscos elevados. Assim, um desempenho diferente entre dois traders pode ser devido simplesmente ao fato de um ter arriscado muito mais. Se o binômio risco-retorno for levado em consideração na hora do bônus para os traders, muito estará sendo feito para evitar o excesso de risco que normalmente se corre quando somente o retorno é considerado.

No entanto o VaR não é um sistema perfeito, ele tem algumas limitações. Primeiramente ele é um modelo que olha essencialmente para o passado. Para estimar as volatilidades dos ativos e suas correlações, usa-se dados passados. Ou seja, as estimativas sobre as perdas futuras são feitas olhando-se para o trás e, dessa forma, pressupõe que os ativos se comportarão no futuro de maneira semelhante ao que vinham se comportando. É claro que nem sempre isso será verdade, movimentos repentinos nas bolsas de valores, como o ocorrido em final de outubro e início de novembro de 1997 no Brasil, por exemplo, podem levar a perdas muito maiores do que aquelas anteriormente estimadas pelo VaR. Para situações extremas como essa, são indicados os testes de stress, que procuram estimar as perdas sob determinados cenários pré-estabelecidos. Para o teste de stress não é necessário determinar a probabilidade de que o cenário venha de fato a ocorrer, ele está preocupado somente em medir as perdas em casos extremos.

Outra limitação importante do VaR é quanto as premissas do modelo, que podem nem sempre estar corretas. Caso não estejam os resultados obtidos estarão comprometidos e podem levar a uma interpretação errônea da situação. Talvez a

principal dessas premissas seja quanto a normalidade dos retornos financeiros assumidos pelo modelo do VaR.

### ***II.3. Duration***

A *duration* é uma das principais características de um instrumento de renda fixa. Ela é definida como a média ponderada de cada período de tempo até o vencimento dos diversos fluxos de caixa do título, onde a ponderação é proporcional à participação do fluxo de caixa descontado no valor presente total. Assim, um título que não pague coupons e vença em  $n$  anos terá uma *duration* igual a  $n$ . Caso o título tenha pagamento de coupons, então sua *duration* será menor que  $n$ , pois uma parcela dos pagamentos é recebida antes do prazo  $n$ . A *duration* mede o quanto o detentor do título deve esperar, em média, para receber o principal.

Pode-se observar que quanto mais distante um vencimento de um título, mais volátil é o seu preço. No entanto, levar em conta somente o vencimento de um título não é a maneira mais apropriada para calcular o seu risco, uma vez que estariam sendo desconsiderados os pagamentos intermediários. Dessa forma, a *duration* se torna uma medida mais apropriada, pois considera todos os pagamentos intermediários até o vencimento. A *duration* também serve como uma forma de medição da sensibilidade do preço de um título em relação à sua taxa de desconto. É por isso que a *duration* tem um papel de destaque em finanças.

O preço  $P$  de um título pode ser definido como:

$$P = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+y)^t} \quad (\text{II.1})$$



Pela definição de *duration* temos:

$$D = \sum_{t=1}^T t \times w_t = \sum_{t=1}^T t \times \frac{\frac{C_t}{(1+y)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+y)^t}} = \frac{1}{P} \times \sum_{t=1}^T t \times \frac{C_t}{(1+y)^t} \quad (\text{II.2})$$

A sensibilidade do preço do ativo de renda fixa em relação a mudanças instantâneas na taxa de desconto é dada pela derivada de  $P$  em relação a  $y$ :

$$\frac{dP}{dy} = \sum_{t=1}^T -t \times \frac{C_t}{(1+y)^{t+1}} = -\frac{1}{(1+y)} \sum_{t=1}^T t \times \frac{C_t}{(1+y)^t} \quad (\text{II.3})$$

Dessa forma, a mudança relativa do preço do título a mudanças na taxa de desconto é dada por:

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dy} = -\frac{D}{(1+y)} \quad (\text{II.4})$$

que vem a ser a *modified duration* ( $D^*$ ).

Como a *duration* é uma medida linear de exposição ao risco, a *duration* de um *portfolio* será simplesmente a média das *durations* dos diferentes títulos que o compõem ponderadas pelo seu valor presente. Se  $x_i$  representa as proporções investidas dos  $N$  diferentes títulos, então a *duration* do *portfolio* será dada por:

$$D_p = \sum_{i=1}^N x_i D_i \quad (\text{II.5})$$

onde,  $D_i$  é a *duration* do título  $i$ .

### ***II.3.1. Duration e Risco***

Rearrmando a equação (II.4), podemos derivar a mudança relativa no preço do título como uma função da taxa de desconto:

$$\frac{dP}{P} = -D^* dy, \quad (\text{II.6})$$

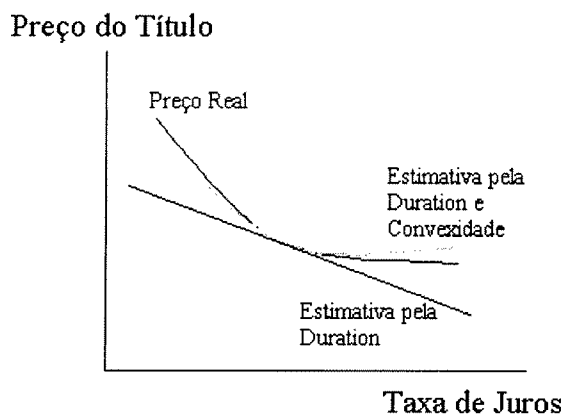
onde  $D^*$  é a *modified duration*.

A equação acima mostra que uma mudança percentual no preço do título é igual a sua *modified duration* multiplicada pela mudança na taxa de desconto. Vale notar que a equação acima só é válida para deslocamentos paralelos da curva de juros, o que não costuma ser verdade. Outra limitação da *duration* é que ela é apenas uma aproximação linear da exposição às taxas de juros. Dessa forma, ela só é válida se, além dos deslocamentos da curva de juros forem paralelos, as mudanças nas taxas forem pequenas. Se a variação da taxa de juros for grande, então derivadas de maior ordem do preço em relação à taxa de desconto são necessárias.

### ***II.4. Convexidade***

Como visto anteriormente, a *duration* é apenas uma aproximação de primeira ordem para prever variações no preço dos ativos de renda fixa a partir de uma mudança na curva de juros. Maior precisão pode ser conseguida com a convexidade, como ilustrado no gráfico seguinte:

Gráfico II.3



A convexidade é definida como a segunda derivada de  $P$  em relação a  $y$  dividida por  $P$ :

$$C = -\frac{dD^*}{dy} = \frac{1}{P} \frac{d^2P}{dy^2} = \frac{1}{P} \frac{1}{(1+y)^2} \sum_{t=1}^T \frac{t(t+1)C_t}{(1+y)^t} \quad (\text{II.7})$$

#### II.4.1. Série de Taylor

Se  $\Delta x$  é uma pequena variação em  $x$  e se o resultado é uma pequena variação de  $\Delta G$  em  $G$ , sabe-se que:

$$\Delta G \approx \frac{dG}{dx} \Delta x \quad (\text{II.8})$$

Porém se a precisão desejada for maior pode-se utilizar uma expansão da série de Taylor:

$$\Delta G = \frac{dG}{dx} \Delta x + \frac{1}{2} \frac{d^2G}{dx^2} \Delta x^2 + \frac{1}{6} \frac{d^3G}{dx^3} \Delta x^3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} \frac{d^n G}{dx^n} \Delta x^n \quad (\text{II.9})$$

Da posse da *duration* e da convexidade, a série de Taylor pode ajudar a melhorar a aproximação da variação do preço do título dada uma variação de taxa:

$$\frac{1}{P} dP \approx \frac{1}{P} \frac{dP}{dy} \Delta y + \frac{1}{2P} \frac{d^2P}{dy^2} (\Delta y)^2 = -D * \Delta y + \frac{1}{2} C (\Delta y)^2 \quad (\text{II.10})$$

O resultado obtido acima mostra que se a taxa de juros cai, o preço do título sobe mais com a presença da convexidade do que sem ela. Se a taxa de juros sobe, o preço do título cai menos com a presença de convexidade do que cairia na sua ausência. Ou seja, o efeito da convexidade é sempre positivo: caso a taxa de juros suba o preço cai menos, caso caia, o preço sobe mais. Quanto maior a convexidade maior esse benefício, e portanto títulos que possuem maior convexidade, *ceteris paribus*, devem ser mais caros.

Para uma dada *duration* e uma dada taxa de juros, quanto maior forem os *coupons*, quanto maiores os pagamentos intermediários, maior a convexidade. Assim, um *zero-coupon bond* apresentará convexidade mínima. Vale notar que a limitação quanto a movimentos apenas paralelos na curva de juros permanece mesmo após o acréscimo da convexidade nos cálculos.

A *duration* e a convexidade são uma maneira importante de se medir a exposição de um portfolio a variações nas taxas de juros. A vantagem do VaR é que ele combina essa exposição ao risco com a probabilidade de movimentos adversos nas taxas para chegar a um valor que informa não somente o quanto pode ser perdido, mas com que probabilidade.

### ***II.5. Características dos Títulos Federais Pré-Fixados***

São dois os títulos federais pré-fixados no Brasil: LTN e BBC. As BBCs (Bônus do Banco Central) são títulos emitidos pelo Banco Central do Brasil (BCB) com o objetivo de servir como instrumento de política monetária. Já as LTNs (Letra do Tesouro Nacional) são emitidas pelo Tesouro Nacional para “cobertura de déficit orçamentário ou para realização de operações de crédito por antecipação de receita”<sup>3</sup>.

A colocação inicial desses títulos é feita de forma semelhante: leilões públicos competitivos. Nesses leilões as instituições financeiras fazem ofertas pelos títulos que estão sendo colocados em mercado. A rentabilidade obtida por ambos os títulos é calculada de forma semelhante, sendo ela dada pela diferença em moeda corrente entre o preço de colocação pelo Banco Central e o valor nominal de resgate. Não há pagamento de *coupons* para nenhum dos dois títulos, sendo o resgate feito inteiramente no vencimento do título pelo valor nominal. A qualquer momento, as instituições autorizadas podem negociar entre si esses títulos no mercado secundário, com o registro dessas transações sendo feito no SELIC. Sua rentabilidade estará, então, oscilando livremente de acordo com o preço negociado.

### ***II.6. Características dos Títulos Federais Indexados ao Dólar***

Nessa seção serão considerados dois títulos: NBC-E (Nota do Banco Central do Brasil - Série Especial) e NTN-D (Nota do Tesouro Nacional - Série D). As NBC-E são emitidas pelo Banco Central para execução de política monetária. As NTN são emitidas pelo Tesouro Nacional para fins de política de dívida pública. No caso específico da

---

<sup>3</sup> Definição obtida na página do BCB, <http://www.bcb.com.br>

NTN-D, ela tem sido utilizada com o objetivo de alargar o prazo médio de vencimento da dívida interna federal. A colocação em mercado das NBC-E funciona de forma semelhante a dos títulos pré-fixados anteriormente mencionados: leilões públicos. A negociação secundária pelas instituições autorizadas deve ser registrada no SELIC. As NTN podem ser colocadas em mercado não somente por leilões públicos, mas também de forma “direta, em favor do interessado e mediante expressa autorização do Ministro de Estado da Fazenda”<sup>4</sup>.

Ambos os títulos pagam coupons semestrais de 6% ao ano sobre o principal reajustado pela variação cambial. Caso o resgate se dê em menos de 6 meses, o pagamento do *coupon* se dá no resgate. Na data do vencimento, é efetuado o pagamento do principal reajustado de acordo com a variação cambial, além do pagamento do *coupon* que também vence nessa data.

---

<sup>4</sup> Definição obtida na página do BCB, <http://www.bcb.com.br>

### III. VOLATILIDADE

Como visto anteriormente, o risco está intimamente ligado a volatilidade. Este capítulo será dedicado ao cálculo da volatilidade que tem importância fundamental para o cálculo do VaR. Para que o modelo do RiskMetrics leve em consideração o efeito diversificação existente, é preciso calcular não somente a variância dos ativos, como também a covariância entre eles. De posse dessas informações pode-se facilmente chegar ao VaR, como será demonstrado no próximo capítulo.

O modelo utilizado pressupõe distribuição normal dos retornos dos ativos financeiros. Assim, se estivermos utilizando um intervalo de confiança de 90% e intervalo de tempo de um dia, esperamos que em 90% dos dias o retorno fique entre a média menos 1,65 desvio-padrão e a média mais 1,65 desvio-padrão.

#### *III.1. Cálculo do Desvio-Padrão e da Covariância*

A maneira mais simples de se calcular o desvio-padrão de um ativo  $x$  é através do método da variância simples:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (x_{t-i} - \bar{x})^2} \quad (\text{III.1})$$

onde,  $\bar{x} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T x_i$ , que é a média dos retornos de  $x$

A covariância entre os ativos  $x$  e  $y$  será dada por:

$$\sigma_{x,y} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (x_{t-i} - \bar{x})(y_{t-i} - \bar{y}) \quad (\text{III.2})$$

onde,  $\bar{y}$  = média dos retornos de  $y$

Esse método de cálculo é bastante simples, porém tem a desvantagem de dar pesos iguais a todas as observações. Assim, uma observação antiga tem o mesmo impacto de uma observação recente no resultado final. Se se supõe que observações recentes são mais representativas do futuro do que observações antigas, então esse modelo se torna claramente insatisfatório. Para resolver esse problema, costuma-se utilizar o método do decaimento exponencial (alisamento exponencial) para o cálculo dos desvios-padrão e covariâncias.

### ***III.2. Decaimento Exponencial***

Nesse método o desvio-padrão de um ativo  $x$  é:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1} (x_{t-i} - \eta)^2}{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1}}} \quad (\text{III.3})$$

onde, a média  $\eta$  é dada por:  $\eta = \frac{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1} x_{t-i}}{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1}}$

$\lambda$  é o fator de decaimento (entre 0 e 1)



A covariância será dada por:

$$\sigma_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1} (x_{t-i} - \eta_x)(y_{t-i} - \eta_y)}{\sum_{i=1}^K \lambda^{i-1}} \quad (\text{III.4})$$

O método de decaimento exponencial tem a vantagem de atribuir pesos maiores às observações mais recentes e pesos menores às mais antigas. À medida que um evento vai ficando mais distante no passado, sua importância vai sendo reduzida de acordo com o fator de decaimento (quanto maior o fator, mais devagar o decaimento).

De posse, dos desvios-padrão e das covariâncias pode-se facilmente calcular a correlação entre dois ativos  $x$  e  $y$ :

$$\rho_{x,y} = \frac{\sigma_{x,y}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (\text{III.5})$$

O resultado acima tem importância fundamental para o cálculo do VaR, como será visto no próximo capítulo.

## IV. VALUE-AT-RISK

Esse capítulo explica o tratamento dado pela metodologia do RiskMetrics (metodologia desenvolvida pelo banco americano J.P.Morgan) para calcular o VaR de um *portfolio*. A primeira parte trata da decomposição das diversas posições em fluxos de caixa. A segunda parte trata da decomposição desses fluxos nos vértices temporais do RiskMetrics. E por fim chega-se ao cálculo do VaR na terceira seção.

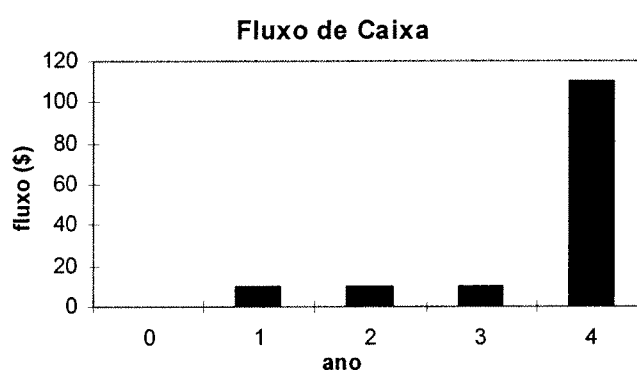
### *IV.1. Decomposição das Posições nos Fluxos de Caixa*

Para o cálculo do VaR é preciso que se tenha um mapeamento completo dos fluxos de caixa. Um fluxo de caixa é definido pelo seu montante, data de vencimento e pela sua taxa de desconto. Após todos esses fluxos estarem mapeados, eles devem ser trazidos a valor presente utilizando uma curva de rendimentos de mercado atual. Para o mercado brasileiro essa curva é traçada a partir da taxa *spot* para o período de um dia. Para os meses seguintes utiliza-se os mercados futuros de DI de um dia (relevantes somente até o quarto mês devido a problemas de falta de liquidez para períodos mais longos). Para achar a taxa de um ano usa-se o *swap* de um ano, e para taxas entre quatro

meses e um ano faz-se uma interpolação linear entre as taxas implícitas pelo mercado futuro e a taxa do *swap*.

Um título que tivesse *coupon* de 10% anuais e resgate após quatro anos teria o seguinte fluxo de caixa:

*Gráfico IV.1*



No exemplo acima, o título original foi dividido em *quatro zero-coupon bonds*, com vencimentos em um, dois, três e quatro anos, cada um representando os fluxos futuros a serem recebidos e sendo eles tratados separadamente.

#### ***IV.2. Decomposição nos Vértices***

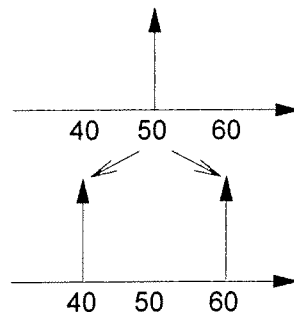
Como visto na seção anterior, cada título pode dar origem a inúmeros fluxos de caixa. Se o *portfolio* para o qual quisermos calcular o VaR possuir diversos títulos e instrumentos, a quantidade de diferentes fluxos pode atingir grandes proporções, o que tornaria o modelo intratável computacionalmente, uma vez que teríamos de calcular as volatilidades para cada vencimento além de todas as correlações entre eles para chegar ao VaR. Para simplificar, o RiskMetrics vai dividir os fluxos originais nos

chamados vértices temporais. Esses são vértices pré-determinados pelo modelo com o objetivo de padronizar os fluxos de caixa.

Os vértices que serão utilizados no presente trabalho são os de 5, 20, 40, 60, 100, 150, 200 e 250 dias. Esses vértices são usados para todos os instrumentos e permanecem fixos no tempo. Dessa forma, só é necessário o cálculo das volatilidades e correlações para os vértices acima citados, diminuindo drasticamente a necessidade computacional, uma vez que não é mais necessário o cálculo para cada fluxo, mas somente para os vértices. É importante notar que quanto maior for o número de vértices a serem usados, com mais precisão estaremos representando a posição original. Porém uma maior quantidade de volatilidades e correlações deverá ser calculada.

O mapeamento envolve a separação de um determinado fluxo nos dois vértices mais próximos. Um título que paga R\$ 100 dentro de cinquenta dias será dividido em outros dois, um que vence em quarenta dias e outro que vence em 60 dias, que são os vértices temporais acima definidos.

*Gráfico IV.2*



A divisão do fluxo original deve ser feita obedecendo a três condições:

1. O valor presente é mantido - o valor presente dos dois fluxos resultantes da divisão deve ser igual ao do fluxo original.
2. O risco de mercado é preservado - o risco de mercado do portfolio composto pelos dois fluxos resultantes deve ser igual ao do fluxo original.
3. O sinal deve ser preservado - os fluxos resultantes devem ter o mesmo sinal do fluxo original.

Caso o fluxo coincida com o vértice temporal do RiskMetrics, então o fluxo original é inteiramente alocado no vértice.

O procedimento matemático segue alguns passos simples para a decomposição dos fluxos nos vértices:

1. Cálculo do valor presente do fluxo a partir da curva de juros dada pelo mercado.
2. Cálculo da volatilidade-preço do fluxo através de uma interpolação linear das volatilidades dos vértices imediatamente anterior e posterior.

$$\sigma_p = a\sigma_x + (1-a)\sigma_y \quad (\text{IV.1})$$

onde,  $\sigma_p$  = volatilidade do fluxo original

$\sigma_x$  = volatilidade do vértice anterior

$\sigma_y$  = volatilidade do vértice posterior

$a$  = coeficiente de ponderação linear

A ponderação linear dependerá da distância entre o fluxo e os vértices imediatamente anterior e posterior. O peso  $a$  será inversamente proporcional à distância entre o fluxo e os vértices, ou seja, se o fluxo estiver muito próximo do vértice anterior, esse receberá um peso grande e o vértice posterior um peso pequeno, de acordo com a fórmula seguinte:

$$a = \frac{(y-x)-(p-x)}{y-x} = \frac{y-p}{y-x} \quad 0 \leq a \leq 1 \quad (\text{IV.2})$$

onde,  $a$  = coeficiente de ponderação linear

$p$  = vencimento do fluxo a ser desmembrado

$x$  = vencimento do vértice anterior

$y$  = vencimento do vértice posterior

De acordo com a equação acima o peso  $a$  será atribuído a volatilidade do vértice anterior e o peso  $(1-a)$  a volatilidade do vértice posterior, obtendo a volatilidade do fluxo de acordo com (IV.1).

3. Já de posse do valor presente e das volatilidades do fluxo e dos vértices, falta somente alocar os fluxos de maneira a manter o risco do *portfolio* resultante igual ao do fluxo original. Sabendo que o fluxo original será decomposto linearmente nos vértices anterior e posterior e o risco do *portfolio* original deve ser igual ao do *portfolio* resultante, temos:

$$\text{Variância } (r_p) = \text{Variância } [\alpha r_x + (1-\alpha)r_y] \quad (\text{IV.3})$$

onde,  $r_p$  = fluxo original

$r_x$  = fluxo no vértice anterior

$r_y$  = fluxo no vértice posterior

Daí temos:

$$\sigma_p^2 = \alpha^2 \sigma_x^2 + 2\alpha(1-\alpha)\rho_{x,y}\sigma_x\sigma_y + (1-\alpha)^2 \sigma_y^2 \quad (\text{IV.4})$$

onde,  $\rho_{x,y}$  = correlação entre os vértices anterior e posterior

A equação acima pode ser descrita como:

$$a\alpha^2 + b\alpha + c = 0 \quad (\text{IV.5})$$

onde,  $a = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\rho_{x,y}\sigma_x\sigma_y$

$$b = 2\rho_{x,y}\sigma_x\sigma_y - 2\sigma_y^2$$

$$c = \sigma_y^2 - \sigma_p^2$$

A solução para  $\alpha$  é dada por:

$$\alpha = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (\text{IV.6})$$

Como a equação acima origina duas raízes, devemos escolher aquela que esteja de acordo com as três condições básicas apresentadas no início do capítulo.

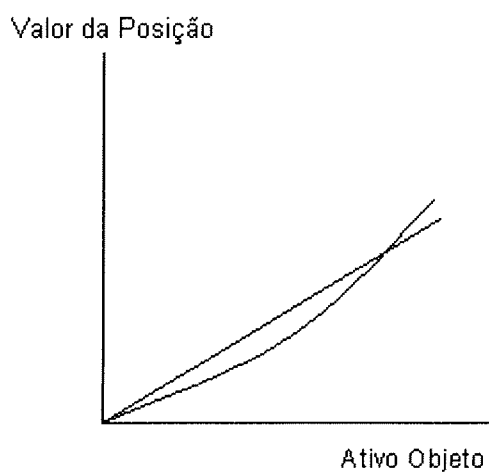
4. Divide o fluxo nos vértices alocando  $\alpha$  para o anterior e  $(1-\alpha)$  para o posterior.

O procedimento descrito acima deve ser aplicado a cada fluxo separadamente, de forma a obter um vetor de posição. No caso do presente trabalho ele será aplicado a cada título pré-fixado ou com indexação cambial do governo federal que esteja em mercado na data analisada.

### IV.3. Cálculo do VaR

Existem duas maneiras principais de se calcular o VaR: uma mais simples para instrumentos lineares e a delta-gama para instrumentos não-lineares. Na maneira mais simples, assume-se que os retornos seguem uma distribuição normal multivariada e que mudanças relativas no valor da posição são uma função linear do ativo objeto. No gráfico abaixo a linha reta representa uma relação constante entre o valor da posição e do ativo objeto. Nesse caso o delta (coeficiente linear) é suficiente para avaliar mudanças de valor no *portfolio*. No caso da linha curva essa relação entre a posição e o ativo objeto não é linear, portanto uma aproximação delta não será precisa o suficiente, sendo o erro maior para variações grandes no valor do ativo objeto. Nesses casos é preciso levar em conta a convexidade, que é dada pelo gama (se o gama for igual a zero temos o caso anterior de uma reta). Quando o *portfolio* possui posições não lineares, então o VaR delta-gama é o mais indicado por ser capaz de captar a convexidade.

Gráfico IV.3





O intervalo de confiança utilizado será o de 99,5%, ou seja, espera-se que perdas maiores que o VaR ocorram somente com probabilidade de 0,5%. Para calcular o VaR precisaremos, além de determinar o intervalo de confiança a ser utilizado, calcular o desvio-padrão do *portfolio*. No caso de um *portfolio* com dois ativos X e Y com volumes a e b respectivamente, temos:

$$\sigma_p^2 = \text{var}(aX + bY) = \text{var}(aX) + \text{var}(bY) + 2 \text{cov}(aX + bY) \quad (\text{IV.7})$$

$$\sigma_p^2 = \begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a\sigma_x & b\sigma_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{xy} \\ \rho_{xy} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a\sigma_x \\ b\sigma_y \end{bmatrix} \quad (\text{IV.8})$$

Generalizando:

$$\sigma_p^2 = \begin{bmatrix} w_1 & \dots & w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = w' \sum w \quad (\text{IV.9})$$

O desvio-padrão do *portfolio* será:

$$\sigma_p = \sqrt{\begin{bmatrix} w_1 & \dots & w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}} \quad (\text{IV.10})$$

Como estamos considerando um intervalo de confiança de 99,5%, teremos que multiplicar o desvio-padrão do *portfolio* por 2,58 para obter o VaR do *portfolio*:

$$VaR = 2,58\sigma_p \quad (\text{IV.11})$$

## V. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos aplicando-se a metodologia do Riskmetrics aos títulos federais pré-fixados (BBC e LTN) e com indexação cambial (NBC-E e NTN-D). Os dados foram obtidos junto ao Banco Central do Brasil através do DEMAB (Departamento de Operações de Mercado Aberto), indo de julho de 1997 até outubro de 1998. Todos os valores são apresentados em reais correntes.

O método escolhido para o cálculo das volatilidades e correlações foi o de decaimento exponencial, sendo utilizado um fator de 0,95 e 160 observações. O intervalo de confiança é de 99,5%, ou seja, em apenas 0,5% dos dias espera-se uma perda maior que o VaR sob condições normais de mercado.

### *V.1. O Risco dos Títulos Federais Pré-Fixados*

A estabilização econômica obtida com a implantação do Plano Real em julho de 1994 teve um impacto profundo no perfil da dívida pública federal brasileira. Se antes o principal fator de volatilidade desses ativos era a incerteza ocasionada pela alta inflação,

esse fator tornou-se praticamente inexistente. Com isso, foi possível um alongamento dos prazos médios da dívida pública sem que o risco envolvido se tornasse absurdo. Segundo Barcinski (1997): “A estabilização traz consigo a substituição de volatilidade por prazos mais longos e maiores volumes, alterando o perfil de risco das carteiras”.

Se a estabilização é um fator determinante para a redução da volatilidade, o alongamento dos prazos médio da dívida pré-fixada e seu maior volume atuam na direção oposta, são fatores que levam ao aumento do risco. A *duration* (prazo médio) desses títulos colocados em mercado sai do patamar de 15 dias úteis no primeiro semestre de 1995 para 50 dias úteis em janeiro de 1997, um aumento de mais de 200%. O estoque total dos títulos pré-fixados colocados em mercado também teve um aumento significativo, saindo de aproximadamente R\$ 30 bilhões para cerca de R\$ 100 bilhões em janeiro de 1997. Esse aumento se deu de forma praticamente contínua, só sendo interrompido durante o primeiro semestre de 1995, período caracterizado pela crise do México.

De julho de 1994 até janeiro de 1997 houve uma redução do patrimônio em risco de mais de 80%, que foi o efeito líquido gerado pela estabilização, uma vez que ela atua eliminando o risco devido à inflação mas também aumenta o risco através do aumento dos prazos médios (*duration*).

### ***V.1.1. A Crise Asiática***

No primeiro semestre de 1997 o estoque de títulos públicos federais pré-fixados em mercado estabilizou em torno de R\$ 100 bilhões, volume atingido já em janeiro do mesmo ano. A *duration* no entanto continuou no seu caminho ascendente, atingindo 80

dias úteis ao fim do semestre e quase 100 em outubro de 1997 (gráfico V.1). A permanência do estoque dos títulos pré-fixados durante um semestre em R\$ 100 bilhões parece indicar que era esse o volume desejado pelo mercado no longo prazo, sendo a exposição ao risco controlada pela *duration*. Assim, enquanto as volatilidades e o risco continuavam caindo, os agentes passaram a substituir os seus títulos que iam vencendo por outros de maior prazo, de forma a tentar manter a rentabilidade das suas carteiras.

Gráfico V.1

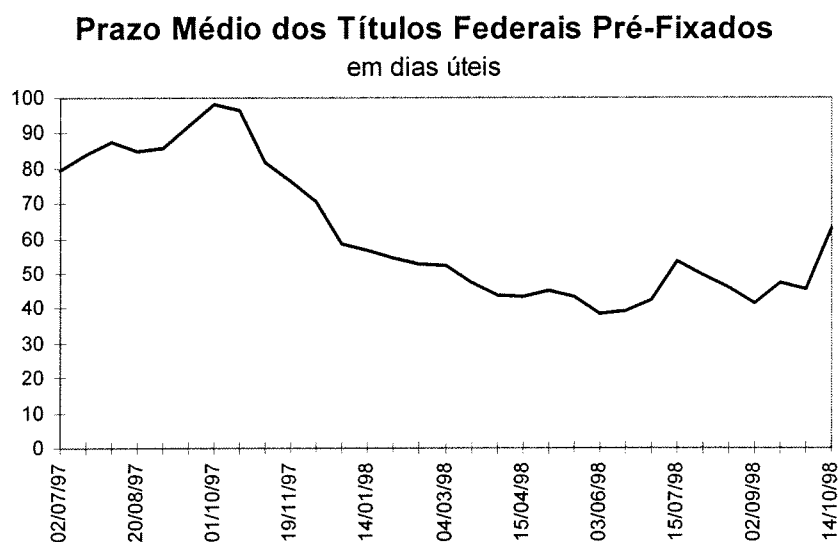
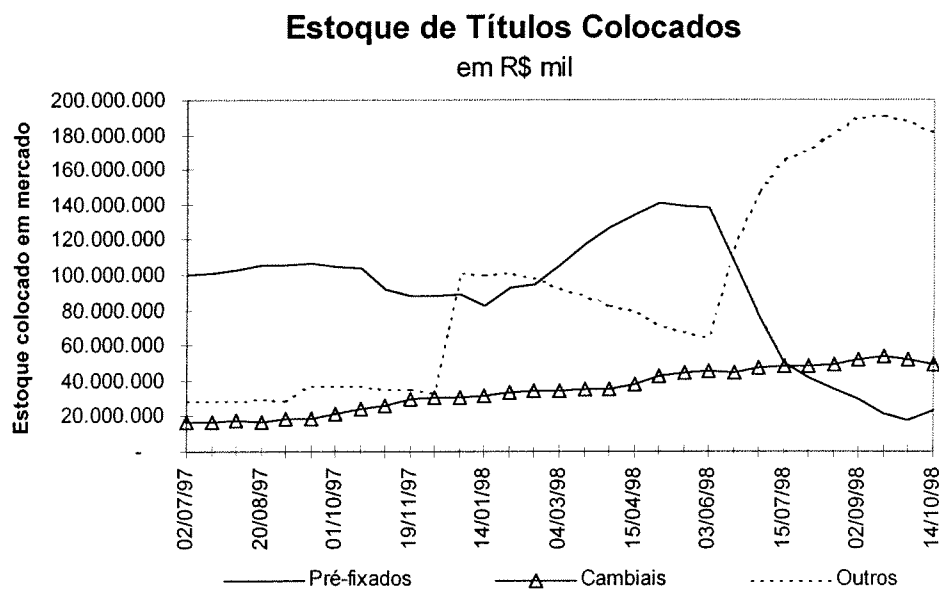
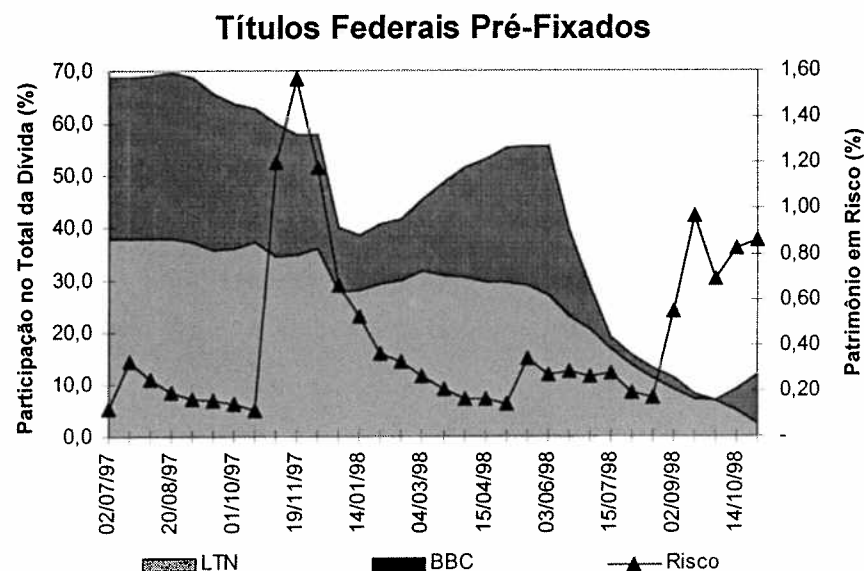


Gráfico V.2



No final de outubro de 1997 a crise asiática que abalou o mercado financeiro internacional atingiu o Brasil com força total. Após um dia de fortes saídas de capital o Banco Central se viu forçado a aumentar a taxa de juros da economia para conter a perda de reservas. O mercado passou a temer uma desvalorização cambial e os futuros de dólar dispararam. O impacto sobre o sistema financeiro foi devastador, uma vez que o nível de alavancagem se encontrava muito alto. Como pode ser visto no gráfico V.3 a volatilidade aumentou bastante, levando o patrimônio em risco envolvido nos papéis pré-fixados a aumentarem em cerca de 1000%. Apesar do estoque de títulos colocados ser rígido no curto prazo, a participação dos títulos pré-fixados no total da dívida pública se reduziu acentuadamente para menos de 40% (janeiro de 1998) após o choque diminuindo a exposição do setor financeiro ao risco. O estoque de títulos pré-fixados no mercado não pôde cair muito mais nesse momento, uma vez que a *duration* era elevada. Contudo, começa, nesse momento, uma tendência praticamente contínua de diminuição da *duration* desses títulos, indicando uma tentativa de diminuição da exposição ao risco pelo mercado (gráfico V.1).

Gráfico V.3



No entanto, as medidas de urgência tomadas pelo governo mostraram determinação na defesa da moeda e da estabilidade, sendo bem-vindas pelo mercado financeiro. Com o risco menor no início de 1998, a participação dos papéis pré-fixados no total da dívida voltou a crescer, atingindo mais de 55% no início de junho de 1998.

### ***V.1.2. A Crise da Rússia***

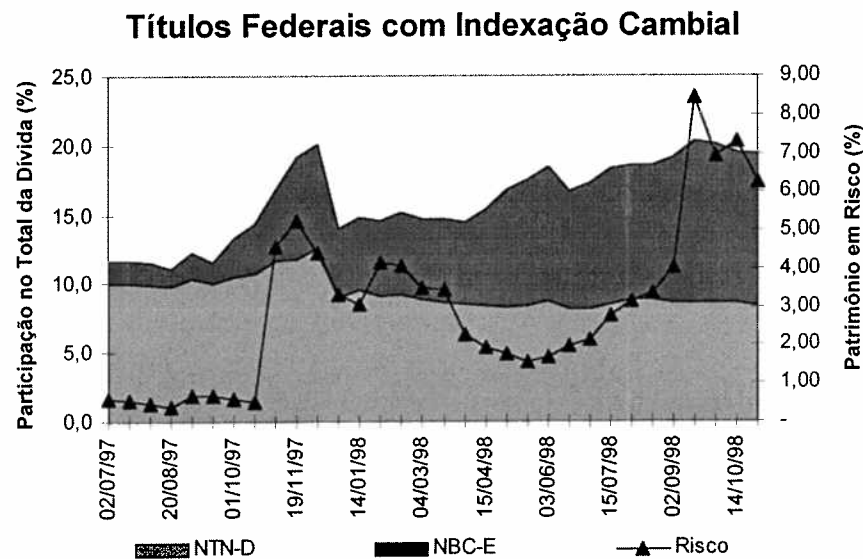
O agravamento da crise na Rússia em 1998 com sua posterior declaração de moratória em agosto de 1998 interrompeu novamente o processo diminuição do risco dos ativos, que voltou a subir significativamente. Esse novo choque parece ter posto um fim, ao menos momentâneo, a todo o processo de aumento de participação dos títulos pré-fixados no total da dívida ocorrido ao longo do Plano Real. A participação desses cai rapidamente de 55,8% em junho de 1998 para 6,9% ao final de setembro de 1998 à medida que vão vencendo e não são recolocados no mercado. Um patamar mínimo de 10% para a participação dos pré-fixados parece estar definido no curto prazo, uma vez que nem o aumento da incerteza ocasionada pelas grandes perdas de reservas em setembro foi capaz de reduzir mais a sua participação. No entanto, o impacto dessas perdas de reservas teve um papel importante sobre os títulos cambiais (aqueles indexados à variação cambial real/dólar).

### ***V.2. O Risco dos Títulos Federais Indexados ao Dólar***

A reação dos papéis indexados ao dólar às crises asiática e da Rússia teve semelhanças e diferenças em relação aos pré-fixados. A crise asiática também teve um impacto grande sobre o risco dos títulos cambiais, com a volatilidade crescendo cerca de 900%. No entanto, enquanto se reduzia a demanda pelos títulos pré-fixados, o movimento inverso se deu em relação aos cambiais, houve uma procura maior por

hedge cambial. Assim, os pré-fixados tiveram a sua participação no total da dívida reduzida enquanto aumentava a participação dos cambiais com a colocação de NBC-Es no mercado pelo Banco Central para atender a nova demanda por hedge. As NBC-Es dobraram sua participação em pouco mais de um mês: em outubro de 1997 era de 2,8% e em novembro já atingia 7,3%, um aumento de mais de R\$ 5 bilhões. Esse súbito aumento da demanda pelos títulos com indexação cambial ocorreu apesar do aumento do seu risco, uma vez que esse risco era ainda aceitável diante das perdas que uma maxidesvalorização poderia causar.

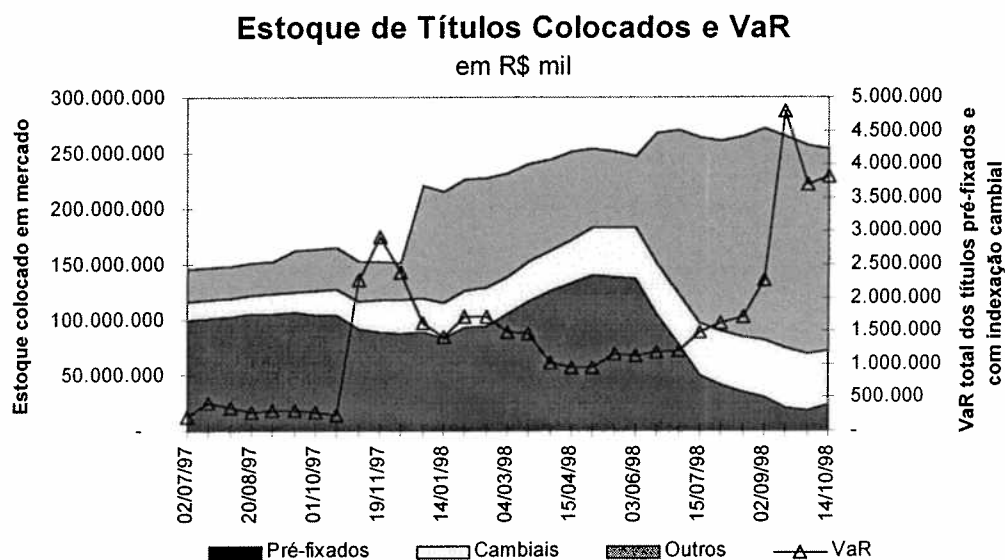
Gráfico V.4



Em dezembro de 1997 a participação dos cambiais se reduz, mas somente devido à federalização da dívida do Estado de São Paulo com a colocação em mercado de R\$ 63,5 bilhões em LFTs, levando a dívida interna federal de R\$ 151,6 bilhões em 03/12/1997 para R\$ 220,2 bilhões em 31/12/1997. O volume de cambiais que era de apenas R\$ 17,0 bilhões em julho de 1997 continua aumentando continuamente até o início de junho de 1998 quando se estabiliza entre R\$ 45 e R\$ 50 bilhões (gráfico V.2).

A crise russa e a sangria de reservas de setembro de 1998 não foram suficientes para fazer oscilar a participação dos cambiais. Nesse momento havia duas forças em ação: o aumento do risco de mercado que tendia a reduzir a participação desses papéis e o aumento da procura por hedge cambial que trabalhava no sentido inverso. Na verdade, nenhuma dessas forças foi capaz de mudar de forma significativa o estoque de cambiais colocado em mercado. Nesse momento, mais de 50% dos títulos cambiais venciam em prazo maior que um ano o que impossibilitava uma rápida diminuição do seu estoque. Por outro lado, surgia um novo componente de risco para esses papéis que também não deixava que seu estoque aumentasse significativamente: o risco de crédito. Diversas empresas e bancos com medo de uma desvalorização cambial passaram a mandar dinheiro diretamente para o exterior, nem títulos indexados a variação do dólar eram atrativos como hedge cambial, pois se duvidava da capacidade do governo brasileiro em honrar esses títulos caso houvesse realmente uma maxidesvalorização cambial. O gráfico V.5 mostra como os títulos pós-fixados ganharam espaço a partir do segundo semestre de 1998, em detrimento principalmente dos pré-fixados e com os cambiais mantendo seu volume basicamente inalterado.

Gráfico V.5





**Tabela 1. Evolução dos Títulos Pré-Fixados**  
Valores em R\$ mil correntes

Data	Financeiro em Mercado			Participação (%)			Duration			VaR Pré	Patrimônio em Risco (%)
	LTN	BBC	Total	LTN	BBC	Total	LTN	BBC	Total		
02/07/97	54.953.000	45.047.000	100.000.000	37,8	31,0	68,8	99,5	54,6	79,3	119.945	0,12
16/07/97	55.893.000	45.240.000	101.133.000	38,1	30,8	68,9	102,3	61,6	84,1	330.874	0,33
06/08/97	56.664.000	46.068.000	102.732.000	38,1	30,9	69,0	96,7	76,6	87,7	257.051	0,25
20/08/97	57.564.000	47.649.000	105.213.000	38,1	31,5	69,6	95,4	72,2	84,9	201.249	0,19
03/09/97	57.084.000	48.153.000	105.237.000	37,4	31,5	68,9	97,5	71,5	85,6	175.419	0,17
17/09/97	58.194.000	48.180.000	106.374.000	35,9	29,7	65,6	100,8	81,0	91,8	168.289	0,16
01/10/97	59.133.000	45.197.000	104.330.000	36,2	27,7	63,9	108,7	84,2	98,1	145.724	0,14
15/10/97	61.714.000	41.981.000	103.695.000	37,4	25,5	62,9	106,0	81,9	96,2	117.367	0,11
05/11/97	52.661.000	38.886.000	91.547.000	34,6	25,6	60,2	92,5	67,5	81,9	1.098.227	1,20
19/11/97	53.136.000	35.064.000	88.200.000	34,8	23,0	57,7	84,4	63,6	76,1	1.377.183	1,56
03/12/97	54.658.000	33.123.000	87.781.000	36,1	21,9	57,9	77,9	57,9	70,3	1.038.146	1,18
31/12/97	61.094.000	27.439.000	88.533.000	27,8	12,5	40,2	62,9	49,3	58,7	583.357	0,66
14/01/98	60.022.000	22.810.000	82.832.000	28,0	10,6	38,6	59,7	49,4	56,9	437.497	0,53
04/02/98	66.118.000	26.565.000	92.683.000	29,1	11,7	40,8	60,2	40,9	54,7	337.904	0,36
18/02/98	67.899.000	26.785.000	94.684.000	29,9	11,8	41,7	59,4	35,4	52,6	308.415	0,33
04/03/98	73.382.000	32.138.000	105.520.000	31,7	13,9	45,5	60,3	34,1	52,3	280.065	0,27
18/03/98	74.009.000	43.293.000	117.302.000	30,8	18,0	48,7	60,2	24,9	47,1	244.745	0,21
01/04/98	74.692.000	51.870.000	126.562.000	30,6	21,2	51,8	59,9	21,0	44,0	210.894	0,17
15/04/98	73.968.000	59.999.000	133.967.000	29,4	23,9	53,3	62,1	19,9	43,2	214.621	0,16
06/05/98	75.241.000	65.202.000	140.443.000	29,6	25,7	55,3	65,9	21,0	45,1	195.393	0,14
20/05/98	72.607.000	66.714.000	139.321.000	29,0	26,6	55,6	65,4	19,0	43,2	472.885	0,34
03/06/98	66.911.000	70.712.000	137.623.000	27,1	28,7	55,8	60,7	17,1	38,3	371.504	0,27
17/06/98	61.450.000	44.760.000	106.210.000	22,9	16,7	39,6	56,9	15,2	39,3	299.802	0,28
01/07/98	55.249.000	22.065.000	77.314.000	20,4	8,2	28,6	53,2	15,2	42,4	202.110	0,26
15/07/98	44.585.000	5.141.000	49.726.000	16,9	2,0	18,9	54,7	46,0	53,8	137.762	0,28
05/08/98	35.917.017	5.391.176	41.308.193	13,6	2,0	15,6	52,0	32,1	49,4	79.711	0,19
19/08/98	29.806.000	5.248.000	35.054.000	11,2	2,0	13,2	50,6	21,0	46,2	59.493	0,17
02/09/98	24.804.000	5.281.000	30.085.000	9,1	1,9	11,1	48,0	10,9	41,5	164.607	0,55
16/09/98	19.350.000	1.804.000	21.154.000	7,3	0,7	8,0	50,9	8,8	47,3	204.369	0,97
30/09/98	17.545.000	270.000	17.815.000	6,8	0,1	6,9	45,8	15,0	45,4	123.278	0,69
14/10/98	12.915.000	10.270.000	23.185.000	5,1	4,0	9,1	52,4	75,8	62,8	191.193	0,82

**Tabela 2. Evolução dos Títulos Federais com Indexação Cambial**  
Valores em R\$ mil correntes

Data	Financeiro em Mercado			Participação (%)			VaR	Patrimônio em Risco (%)
	NBC-E	NTN-D	Total	NBC-E	NTN-D	Total		
02/07/97	2.373.000	14.639.000	17.012.000	1,6	10,1	11,7	99.722	0,59
16/07/97	2.387.000	14.701.000	17.088.000	1,6	10,0	11,7	91.431	0,54
06/08/97	2.410.000	14.802.000	17.212.000	1,6	9,9	11,6	79.919	0,46
20/08/97	1.896.000	14.882.000	16.778.000	1,3	9,8	11,1	65.930	0,39
03/09/97	2.831.000	15.873.000	18.704.000	1,9	10,4	12,2	126.934	0,68
17/09/97	2.544.000	16.233.000	18.777.000	1,6	10,0	11,6	129.210	0,69
01/10/97	4.510.000	17.204.000	21.714.000	2,8	10,5	13,3	129.700	0,60
15/10/97	6.041.000	17.730.000	23.771.000	3,7	10,8	14,4	122.544	0,52
05/11/97	7.984.000	17.701.000	25.685.000	5,3	11,6	16,9	1.180.404	4,60
19/11/97	11.203.000	18.098.000	29.301.000	7,3	11,9	19,2	1.545.348	5,27
03/12/97	11.196.000	19.187.000	30.383.000	7,4	12,7	20,1	1.345.068	4,43
31/12/97	11.186.000	19.799.000	30.985.000	5,1	9,0	14,1	1.028.247	3,32
14/01/98	11.204.000	20.568.000	31.772.000	5,2	9,6	14,8	978.956	3,08
04/02/98	12.501.000	20.627.000	33.128.000	5,5	9,1	14,6	1.377.872	4,16
18/02/98	13.521.000	20.852.000	34.373.000	6,0	9,2	15,1	1.397.786	4,07
04/03/98	13.389.000	20.647.000	34.036.000	5,8	8,9	14,7	1.195.068	3,51
18/03/98	14.394.000	20.881.000	35.275.000	6,0	8,7	14,7	1.221.979	3,46
01/04/98	14.527.000	20.902.000	35.429.000	6,0	8,6	14,5	806.427	2,28
15/04/98	17.716.000	19.900.000	37.616.000	7,1	8,4	15,4	727.121	1,93
06/05/98	21.729.000	21.039.000	42.768.000	8,6	8,3	16,8	750.556	1,75
20/05/98	22.857.000	21.212.000	44.069.000	9,1	8,5	17,6	692.730	1,57
03/06/98	23.925.000	21.692.000	45.617.000	9,7	8,8	18,5	770.592	1,69
17/06/98	22.997.000	21.840.000	44.837.000	8,6	8,2	16,7	885.221	1,97
01/07/98	24.568.000	22.265.000	46.833.000	9,1	8,2	17,3	996.731	2,13
15/07/98	25.686.000	22.497.000	48.183.000	9,8	8,5	18,3	1.338.424	2,78
05/08/98	25.289.000	23.258.000	48.547.000	9,7	8,9	18,6	1.533.981	3,16
19/08/98	25.861.000	23.448.000	49.309.000	9,8	8,8	18,6	1.654.097	3,35
02/09/98	28.778.000	23.420.000	52.198.000	10,6	8,6	19,2	2.111.242	4,04
16/09/98	31.269.000	22.882.000	54.151.000	11,8	8,6	20,4	4.583.771	8,46
30/09/98	29.523.000	22.261.000	51.784.000	11,5	8,7	20,1	3.588.907	6,93
14/10/98	27.600.000	21.841.000	49.441.000	10,9	8,6	19,5	3.623.072	7,33

## VI. CONCLUSÃO

O objetivo desta monografia foi o de avaliar a evolução do risco da dívida pública federal pré-fixada (BBC e LTN) e com indexação cambial (NBC-E e NTN-D) e com isso tentar justificar possíveis mudanças no perfil da mesma. Para medir o risco da dívida foi utilizado o conceito de VaR (Value-at-Risk), que procura determinar o quanto um *portfolio* pode perder com um dado intervalo de confiança em certo período de tempo, sob condições normais de mercado. Os resultados obtidos pelo VaR para a dívida pública federal foram bastante significativos, mostrando o enorme aumento do risco dos papéis pré-fixados e com indexação cambial nos períodos da crise asiática e crise da Rússia.

Como observado por Barcinski (1997) o Plano Real causou uma grande mudança no perfil da dívida interna federal. Por ser o período anterior ao segundo semestre de 1994 caracterizado por alta inflação, era muito arriscado para as instituições financeiras carregarem em suas carteiras um volume significativo de títulos pré-fixados. Além disso, o prazo médio desses títulos colocados em mercado não passava de 20 dias úteis, novamente devido à incerteza ocasionada pela inflação. Ao reduzir a inflação e manter a estabilidade econômica por um amplo período de tempo, o Plano Real causou

a queda do risco associado aos papéis pré-fixados. Isso possibilitou o aumento do estoque de pré-fixados em mercado, bem como um maior prazo médio. Em agosto de 1997, 69% da dívida interna já era pré-fixada com um prazo médio de 88 dias úteis.

No entanto, a crise da Ásia abalou fortemente a economia brasileira. No final de outubro de 1997, após um dia de fortes perdas de reservas internacionais, o Banco Central se viu obrigado a intervir aumentando os juros. Os mercados de juros e câmbio tiveram um repentino aumento de volatilidade, crescendo muito o risco dos títulos pré-fixados. Nesse momento, a demanda por hedge cambial aumentou devido ao medo que o Brasil seguisse o mesmo rumo dos países asiáticos e desvalorizasse a sua moeda. O Banco Central conseguiu aliviar a pressão sobre a moeda colocando uma grande quantidade de NBC-Es em mercado. Vale notar que a demanda por esses títulos aumentou apesar do seu risco também ter aumentado. A razão é que a volatilidade dos títulos cambiais ainda era aceitável diante das perdas que uma má desvalorização poderia causar. O governo deu, nesse momento, provas quanto a sua seriedade e disposição em defender a moeda. Passada a turbulência inicial, o risco dos títulos pré-fixados voltou a cair de forma que sua participação no total da dívida não fosse fortemente afetada. Contudo o volume colocado de títulos cambiais aumentou ao longo da primeira metade de 1998 indicando que a demanda por hedge cambial permanecia.

Quando a Rússia declarou moratória em agosto de 1998 e o Brasil começou a perder volumes significativos de reservas cambiais seguidamente em setembro de 1998, a volatilidade voltou a crescer bastante. A diferença nesta segunda crise foi o fato do risco dos títulos cambiais terem aumentado mais que o dos pré-fixados. Não houve, como na crise do ano anterior, uma procura por hedge cambial através das NTN-D e NBC-Es, investidores assustados passaram a mandar dinheiro diretamente para o

exterior. Pela primeira vez o risco de crédito do governo brasileiro se tornou significativo para os investidores e esses tiveram o receio que caso houvesse uma má desvalorização cambial o governo não honrasse seus compromissos. Os títulos pré-fixados, por sua vez, não estavam mais sendo recolocados à medida que iam vencendo e sua participação no total da dívida interna se reduziu rapidamente para aproximadamente 7% no final de setembro de 1998. Houve uma fuga do capital para o exterior e o que permaneceu no país buscou refúgio nos títulos pós-fixados.

A prolongada crise internacional teve o efeito de mudar totalmente as características da dívida interna federal. Sua principal consequência foi interromper o ganho de participação dos títulos pré-fixados no total da dívida observado durante o Plano Real. Não só a participação foi substancialmente reduzida, como também o prazo médio encolheu, havendo uma volta de recursos para os títulos pós-fixados.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- BARCINSKI, Alexandre de M. e Albuquerque. **Risco de taxa de juros no Brasil pós Plano Real**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: PUC, 1997.
- HULL, John. **Options, futures and other derivatives**. Third edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- JORION, Philippe. **Value at risk: the new benchmark for controlling derivatives risk**. New York: Mc Graw-Hill, 1997.
- J.P.MORGAN/REUTERS. **RiskMetrics**-Technical Document. Fourth edition. New York, 1996.
- LEITHOLD, Louis. **O Cálculo com geometria analítica**. 3ª edição. São Paulo: Harbra, 1994.
- MORETTIN, Luiz Gonzaga. **Estatística básica: probabilidade**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Makron Books, 1995.