



AVALIAÇÃO (VALUATION) DE TÍTULOS PÚBLICOS BRASILEIROS: ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO RETORNO EM RELAÇÃO ÀS VARIAÇÕES NA TAXA CDI

Bruno Péres Ferreira
UFMG

Flávia Vital Januzzi
UFMG

Antônio Artur de Souza
UFMG

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que teve como objetivo avaliar a sensibilidade da rentabilidade dos seis principais índices da ANDIMA (Associação Nacional das Instituições do Mercado Financeiro) em relação às variações na taxa CDI (Certificado de Depósito Interbancário). Considerando-se um horizonte de previsão de cinco dias úteis, realizou-se a análise dos dados com base no método de Vetor de Correção de Erros, Simulação Monte Carlo e Matriz de Cholesky. Os resultados apontaram que, dentre os títulos públicos brasileiros, a Letra Financeira do Tesouro foi o único a apresentar uma relação diretamente proporcional com os choques de curto prazo na taxa CDI. Constatou-se também uma volatilidade mais elevada dos títulos de maior maturidade em relação aos demais.

Palavras-chaves: títulos públicos, taxa de juros, vetor de correção de erros, função impulso- resposta.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais instrumentos de captação de recursos financeiros é a emissão de títulos de dívida, seja por empresas ou por governos. Na área pública, em especial, essa fonte de recursos pode ser usada para o financiamento da atividade estatal, para a ampliação da receita e para o controle de inflação, dentre outros objetivos, e sempre envolve taxa de juros e endividamento das instituições estatais.

Segundo Ferreira (2004), os títulos de dívida são influenciados por mudanças nas taxas de juros, inflação, taxa de câmbio, mercado de renda variável, dentre outros fatores. Tal impacto se manifesta no preço de negociação desses títulos, o que é reflexo da demanda dos agentes por essa alternativa de investimento. O presente trabalho apresenta uma análise que tem como objetivo facilitar a compreensão de como as mudanças na taxa básica de juros tendem a influenciar o preço ou, indiretamente, a rentabilidade desses títulos.

Esta pesquisa tem enfoque no mercado secundário de títulos públicos brasileiros, tendo em vista o efeito de curto prazo de movimentos na taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) sobre a rentabilidade e o preço desses títulos. Cumpre destacar que essa relação considerou o efeito de variáveis exógenas, a saber: taxa de câmbio PTAX (média das taxas efetivas de transação no mercado interbancário, ponderada pelo volume de transações) e mercado de renda variável, representado pelo IBOVESPA (Índice da Bolsa de Valores de São Paulo).

Para incorporar a inflação e possíveis efeitos entre os indicadores dos títulos públicos, isto é, índices de mercado da ANDIMA (Associação Nacional das Instituições do Mercado Financeiro), foi utilizado o método Vetor de Correção de Erros (VEC), visto que os índices já incorporam as expectativas de inflação, manifestadas nas negociações de títulos públicos no mercado secundário. Para incorporar o efeito de mudanças na taxa SELIC, representadas pela taxa CDI (Certificados de Depósito Interbancário), foi implementada uma função impulso-resposta conjugada com Simulações de Monte Carlo e Matriz de *Cholesky*.

Uma das questões relacionadas à gestão de renda fixa é a avaliação do valor de ativos em relação a condições de mercado, tais como taxas de juros, taxas de câmbio, liquidez, interesse entre agentes, dentre outros aspectos que implicam a *valuation* desses ativos (DAMODARAN, 2002; ASSAF NETO, 2001). Contudo, dentre essas variáveis, a taxa de juros também é um instrumento de política monetária, de forma que seu patamar decorre tanto

da atratividade do mercado quanto da decisão de agentes financeiros, como o Comitê de Política Monetária (COPOM).

O presente estudo avalia o efeito de variação na taxa básica de juros sobre a rentabilidade dos títulos públicos brasileiros, por meio dos seis índices mais representativos da negociação desses papéis, indicados pela ANDIMA, considerando o impacto indireto das variáveis macroeconômicas já destacadas. Após a devida modelagem, foi obtido um valor estimado para a remuneração indicada pelo mercado, dentro de um horizonte de previsão de cinco dias, a fim de incorporar os efeitos de curto prazo.

2. FUNDAMENTOS DE VALUATION

A avaliação do valor de um ativo, o que é denominado na área financeira por *valuation*, envolve a identificação dos aspectos que influenciam na percepção de valor por parte dos agentes inseridos no mercado financeiro. Essa percepção é fundamentada em diversos fatores, tais como: o valor que as ações e outros títulos de uma organização são negociados no mercado de capitais; variáveis econômicas e gerenciais que interferem na expectativa de resultados do negócio; e aspectos característicos internos à empresa objeto de avaliação.

A importância da avaliação do valor de um ativo decorre de sua consideração pelos agentes do mercado em suas decisões de investimento, o que envolve a conjugação das informações obtidas na *valuation* com os interesses de políticas de investimentos relacionadas a cada agente do mercado financeiro. Dessa forma, a apreciação do ativo manifesta-se no valor resultante nas transações relacionadas à propriedade da empresa, como a aquisição de uma organização e o investimento em ações de uma companhia de capital aberto.

Essa avaliação, conforme aponta Damodaran (2002), volta-se para diversas informações sobre a organização, que vão desde dados históricos do mercado de capitais e de derivativos até as informações internas de gestão, que serão utilizadas no desenvolvimento da apreciação do ativo pelos agentes de mercado. O acesso às informações é uma questão fundamental, visto que a riqueza de dados deve contribuir para o desenvolvimento de avaliações de maior consistência. Cumpre ressaltar que esse acesso deve ser tempestivo, tendo em vista a adequação temporal das análises derivadas da avaliação da empresa.

De acordo com Hitchner (2006), a determinação do valor de um ativo pode ser realizada por meio de metodologias que utilizam dados financeiros relacionados ao ativo, bem como de dados referentes à sua operação e à sua relação com o seu mercado de atuação, tais como o Fluxo de Caixa Descontado, o Valor Patrimonial e a Avaliação Relativa ou por Múltiplos. Outras metodologias que devem ser destacadas são o cálculo do Valor Econômico Adicionado, o Valor de Liquidação e o Valor de Reposição. Destaca-se que a metodologia do Valor Econômico Adicionado e os cálculos do Valor de Liquidação e de Reposição podem ser considerados, respectivamente como uma derivação do cálculo do Fluxo de Caixa Descontado e derivações do Valor Patrimonial.

Outra abordagem de avaliação do valor de uma empresa, segundo Hitchner (2006), tem como base informações sobre a negociação dos ativos de capital no mercado de renda variável. Dentro desse contexto, destacam-se os estudos relacionados ao Valor de Mercado, fundamentados na apreciação das ações no mercado de capitais. Contudo, essa metodologia pode ser influenciada por aspectos característicos do mercado de capitais, tais como especulações e arbitragens, dentre outras anomalias de mercado.

Essas metodologias possibilitam a delimitação do valor do ativo considerando aspectos como o preço identificado pelos agentes do mercado de capitais, a expectativa de retorno das operações e dos negócios da organização, a expectativa de evolução do patrimônio e a da sua atuação no mercado. Contudo, para que essa projeção se concretize, diversas variáveis contextuais devem apresentar um comportamento condizente com as condições assumidas nos modelos de avaliação aplicados, o que consiste nas incertezas sobre o valor, isto é, o risco vinculado aos modelos de *valuation*.

O risco envolve a variação no comportamento dos retornos de um investimento, decorrente da influência do comportamento de variáveis, as quais, por sua vez, causam impactos na dinâmica dos ativos relacionados aos investimentos e na percepção dos agentes do mercado. Esses impactos interferem significativamente nas expectativas sobre o desempenho das alternativas de aplicação.

Assim, consoante Hitchner (2006), o objetivo de uma *valuation* pode ser delimitado como a avaliação de um ativo considerando informações financeiras internas, tais como: (i) demonstrativos financeiros, (ii) fluxos de caixa e expectativas de resultados e retornos das atividades e negócios organizacionais, (iii) a observação da apreciação dos títulos da empresa no mercado de capitais e de derivativos e (iv) o valor de organizações similares, o que pode

ser interpretado como referenciais de valor e a incorporação de fatores de risco vinculados às expectativas de resultados decorrentes do investimento na empresa objeto de avaliação.

Os resultados da avaliação do ativo serão interpretados conforme as percepções e interesses de cada agente, de maneira que a percepção de valor possa resultar em distintas disposições e interesses de investimento na empresa. Aspectos como metas de desempenho de fundos de investimento, interesses de longo prazo, inserção de mercado, diversificação de operações são exemplos de interesses distintos que podem se manifestar em uma aquisição de uma empresa.

2.1. TÍTULOS PÚBLICOS BRASILEIROS

No campo dos estudos financeiros, os títulos públicos estão inseridos na temática dos valores mobiliários de renda fixa, que são conceituados como instrumentos financeiros que prometem uma renda predeterminada ao detentor durante certo período de tempo, o que pode também ser compreendido como a posse de um fluxo de caixa definido (ASSAF NETO, 2001).

Uma característica importante na *valuation* da maioria dos valores mobiliários de renda fixa é a indexação dos fluxos de caixa a um conjunto de contingências ou índices de mercado. Tal indexação é incorporada dentro da definição de ativos de renda fixa, pois uma definição mais abrangente para esses investimentos é a de que “seus fluxos de caixa são fixos à exceção de variações devidas a circunstâncias bem definidas” (LUENBERGER, 1998).

No mercado financeiro brasileiro, existe uma diversidade de valores mobiliários de renda fixa. Entretanto, destaca-se que um dos principais mercados é o que envolve a transação de títulos da dívida mobiliária do governo federal. Os três níveis de administração do Poder Executivo emitem títulos de crédito com os seguintes objetivos: (a) antecipação de receita fiscal; (b) financiamento do déficit orçamentário; (c) financiamento de investimentos públicos. Na esfera federal, existem ainda títulos emitidos para fins de política monetária, visto que esses títulos possibilitam, por meio de ajustes na taxa básica de juros, influenciar o nível de liquidez presente no mercado. Os principais títulos governamentais são os seguintes: Letra do Tesouro Nacional (LTN), Letra Financeira do Tesouro (LFT), Nota do Tesouro Nacional (NTN), Bônus do Banco Central (BBC), Letra do Banco Central (LBC), Nota do

Banco Central (NBC). No Quadro 1, apresentam-se as principais características desses títulos governamentais.

Em relação às formas de valoração de títulos, serão expostas duas metodologias. A primeira apura o preço atual desse papel, seguindo a lógica do rendimento efetivo do título de renda fixa até seu vencimento; ao passo que a segunda mensura o valor de mercado do título. Para elucidar a questão de avaliação de títulos, o conceito de *duration* também será discutido de forma breve.

Quadro 1: Tipos de Títulos públicos

Tipo de Título Público	Característica
Letra do Tesouro Nacional (LTN)	Emitido pelo Tesouro Nacional (TN) para cobertura do déficit orçamentário, com rentabilidade prefixada.
Letra Financeira do Tesouro (LFT)	Também emitido pelo TN para cobertura do déficit, com rentabilidade pós-fixada.
Nota do Tesouro Nacional (NTN)	Emitido pelo TN para cobertura do déficit, com rentabilidade pós-fixada, possuindo diversas séries, cada qual com índice de atualização próprio (<i>e.g.</i> , IGPM, US\$, TR).
Bônus do Banco Central (BBC)	Título emitido pelo BC para fins de política monetária, com rentabilidade pós ou prefixada definida pela taxa Selic.
Letra do Banco Central (LBC)	Emitido pelo BC para fins de política monetária, com rentabilidade pós-fixada, definida pela taxa Selic.
Nota do Banco Central (NBC)	Também emitido pelo BC, para fins de política monetária, com rentabilidade pós-fixada, possuindo diversas séries, cada qual com índice de atualização próprio (<i>e.g.</i> , US\$, Selic).

Fonte: Assaf Neto (2001)

2.2. VALUATION DE TÍTULOS PÚBLICOS

Assaf Neto (2001) conceitua *YTM* (*yield to maturity* – Retorno até o Vencimento) como sendo o rendimento efetivo do título de renda fixa até seu vencimento. A determinação do *YTM* leva em consideração o preço de mercado do título e os fluxos de rendimentos associados. O autor também salienta que o *YTM* pode ser caracterizado como sendo a taxa de juros que iguala o valor presente do fluxo de pagamentos – o qual consiste dos pagamentos de cupom e a devolução do principal (valor de face) no vencimento do título – ao seu preço atual.

A partir dessa definição, fica evidente que o Retorno até o Vencimento (*YTM*) é a taxa interna de retorno do título avaliado ao preço de mercado. Como exemplo, supõe-se que um título com um valor de face F faz pagamentos de cupom de C por ano e restam n períodos até

o vencimento do título. Supondo ainda que o preço atual do título é de P , então o Retorno até o Vencimento será o valor de λ tal que :

$$P = \frac{F}{[1 + \lambda]^n} + \sum_{k=1}^n \frac{C}{[1 + \lambda]^k} \quad (1)$$

O valor de λ , equivalente ao YTM , é a taxa de juros intrínseca ao título. Observa-se que o primeiro termo da fórmula (1) é o valor presente do pagamento do principal (valor de face). O k -ésimo termo no somatório é o valor presente do k -ésimo pagamento de cupom C .

Assaf Neto (2001) destacou que o preço de mercado do título é obtido de maneira similar a formulação do YTM ; no entanto, a taxa de desconto utilizada é a remuneração exigida pelo mercado (k). Dessa forma, para um título com rendimentos periódicos, tem-se a seguinte representação:

$$P_0 = \frac{F}{[1 + k]^n} + \sum_{k=1}^n \frac{C}{[1 + k]^k} \quad (2)$$

Logo, P_0 representa o preço de mercado do título e k é uma abreviação para a remuneração indicada pelo mercado. O autor supracitado também salienta que a avaliação de títulos e os juros de mercado tendem a apresentar um comportamento inverso. Dessa forma, quando as taxas de mercado elevam-se, os preços de negociação dos *títulos* são reduzidos, e, quando ocorre uma queda na taxa de juros, pode ser observada uma valorização nos preços de mercado dos *títulos*. Como os cupons mantêm-se fixos durante a maturidade do título, variações no retorno irão afetar unicamente o preço do papel. A relação entre o preço e o retorno do título pode ser modificada se:

- O retorno oferecido pelo título se igualar ao cupom, sendo que o valor de mercado do título será igual ao valor de face;
- O retorno apurado pelo título for inferior ao cupom, sendo que o título será negociado com ágio, ou seja, a um preço superior ao valor de face; e
- O retorno do título for superior ao pagamento do cupom, sendo que o preço de mercado sofrerá um desconto, ou seja, deságio, de modo que será negociado por um valor inferior ao de face.

Outro aspecto que interfere na avaliação de títulos de renda fixa, abordado por Assaf Neto (2001), é o prazo assumido na aquisição do título, representado pela sua maturidade, o que demanda o cálculo de uma medida de duração representativa dos resultados de caixa

esperados desse título. Uma avaliação utilizada para esse prazo é a determinação da *duration* proposta por Macaulay (1938), que pode ser assim expressa:

$$DURATION = \frac{\sum_{t=1}^n C_t(t) / (1+YTM)^t}{P_0} \quad (3)$$

em que:

C_t é o valor do pagamento do título (principal e rendimentos) em cada momento t ;

(t) é o tempo decorrido até a data do pagamento;

n é a maturidade total do título;

YTM é o Retorno até o Vencimento; e

P_0 é o preço de mercado do título descontado pelo YTM .

Por meio da análise da fórmula (3), é possível inferir que o *duration* será equivalente ao tempo médio que um investidor tarda em receber seus fluxos de caixa (capital aplicado e rendimentos). Quanto maior o *duration*, mais exposto estará o título a mudanças na taxa de juros.

Nesta pesquisa, foi utilizada uma separação entre títulos públicos com uma duração superior ou inferior a cinco anos, tal como foi aplicada na base de dados consultada na ANDIMA. Diante disso, destaca-se, na seção 5, o método e os dados que foram utilizados no desenvolvimento do trabalho.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados dados de frequência diária, obtidos em fontes secundárias de instituições financeiras brasileiras. O estudo insere-se em uma abordagem institucionalista, na qual se busca descrever e compreender relações entre variáveis vinculadas à problematização do tema estudado. Os modelos utilizados seguem uma premissa bayesiana, pois as simulações pressupõem que a relação entre as variáveis se mantém ao longo do tempo. As análises foram efetuadas no *software* E-views 5.0 ® (E-views®), com os dados importados a partir do Microsoft Excel ® (Excel®).

Alexander (2001) enfatiza a possível presença de uma relação de causalidade entre as variáveis que compõe um determinado modelo. Diante disso, Johnston e Dinardo (1996)

sugerem a aplicação do chamado Teste de Causalidade de Granger, que consiste em averiguar, a partir de um indicador x_{1t} , no momento t , se informações passadas e correntes de x_{2t} ajudam a melhorar a compreensão do indicador x_{1t} , e/ou vice-versa. A direção de causalidade do modelo depende do número de termos defasados inclusos. Logo, para os indicadores x_1 e x_2 , não cointegrados, tem-se:

$$x_{1t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_{1i} x_{1t-i} + \sum_{i=1}^k \alpha_{2i} x_{2t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (4)$$

$$x_{2t} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{1i} x_{1t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} x_{2t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (5)$$

Assim, se algum dos coeficientes α_{2i} for diferente de zero, pode-se, para as distintas defasagens, rejeitar, estatisticamente, a ausência de causalidade, o que indica que x_2 deve causar x_1 de acordo com o Teste de Granger. Em relação a x_2 , se algum dos β_{1i} for estatisticamente significativo, a variável x_1 apresenta efeitos em x_2 . Esse modelo pode ser expandido para k indicadores por meio da estruturação de um modelo Vetorial Autorregressivo (VAR). Essa expansão de ordem p apresenta a seguinte forma matricial:

$$y_t = \delta + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (6)$$

em que:

$$y_t = \begin{bmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \\ \vdots \\ y_{p,t} \end{bmatrix}; \quad \delta = \begin{bmatrix} \alpha_{1,0} \\ \alpha_{2,0} \\ \vdots \\ \alpha_{p,0} \end{bmatrix}; \quad \varphi_i = \begin{bmatrix} \varphi_{1,1,p} & \varphi_{1,2,p} & \dots & \varphi_{1,k,p} \\ \varphi_{2,1,p} & \varphi_{2,2,p} & \dots & \varphi_{2,k,p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{k,1,p} & \varphi_{k,2,p} & \dots & \varphi_{k,k,p} \end{bmatrix}; \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{p,t} \end{bmatrix} \quad (7)$$

em que:

y_t é o vetor de p indicadores no momento t ;

δ é o vetor de p constantes α_0 ;

φ_i é a matriz $k \times k$ relacionada aos coeficientes $\varphi_{m,n,p}$ relativo às defasagens m e n entre os y_t do vetor de p indicadores no momento t ; e

ε_t é o vetor de p termos estocásticos no momento t .

Caso os indicadores apresentem efeitos de cointegração, um ajuste sugerido por Alexander (2001) é a utilização de um Modelo de Correção de Erros (ECM). Esse modelo

envolve a incorporação ao VAR de um operador de primeira diferença $h = x_{1t} - \alpha x_{2t}$ relacionada às funções (6) e (7). Para a generalização matricial, tem-se:

$$y_t = \delta + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \gamma_1 h_{t-1} + \gamma_2 h_{t-2} + \dots + \gamma_p h_{t-p} + \varepsilon_t \quad (8)$$

em que:

$$\gamma_i = \begin{bmatrix} \gamma_{1,1,p} & \gamma_{1,2,p} & \dots & \gamma_{1,k,p} \\ \gamma_{2,1,p} & \gamma_{2,2,p} & \dots & \gamma_{2,k,p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{k,1,p} & \gamma_{k,2,p} & \dots & \gamma_{k,k,p} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Durante a estimação dos vetores autorregressivos, empregou-se os modelos de correção de erros, a fim de adequar os efeitos de cointegração entre as variáveis dos modelos propostos pelo respectivo trabalho e consolidar uma abordagem estatisticamente adequada para apuração de resultados no acompanhamento e controle da avaliação dos títulos de renda fixa. A função impulso-resposta também foi muito relevante para efetuar as análises.

Brooks (2003) salienta que a função impulso-resposta possibilita averiguar se as mudanças em uma dada variável possuem efeitos positivos ou negativos sobre as demais variáveis do sistema, bem como constatar o tempo necessário para tal efeito ser incorporado. Dessa forma, para cada variável da equação, é submetido um choque unitário na perturbação, sendo os efeitos sobre o sistema plotados graficamente. Se existem g variáveis no sistema, poderá ser gerado um total de g^2 choques.

Conforme aponta Hull (1998), a simulação do comportamento de variáveis que influenciam em um investimento pode ser realizada pela Simulação Monte Carlo (SMC), em que, por meio da geração de uma amostra de números aleatórios, com mais de 10.000 (dez mil) elementos, são constituídas distribuições de probabilidade para as variáveis simuladas. Essas distribuições são utilizadas para construir cenários que são aplicados na consecução de testes de *stress* e para a realização de medidas de avaliação de investimentos.

A SMC tenta aproximar o comportamento de variáveis que afetam um ativo financeiro. No entanto, alguns aspectos devem ser considerados.

Primeiro, observa-se que o desenvolvimento de simulações possibilita a constatação de efeitos decorrentes de cenários hipotéticos vinculados a variáveis que apresentem relação com o comportamento de investimentos.

Segundo, constata-se que os resultados obtidos por meio das simulações devem ser objetos de testes de consistência. Tal análise indica a adequação da referida medida para a exposição ao risco, ou seja, a volatilidade na marcação a mercado dos títulos públicos federais, visto que resultados mais adequados possibilitam que investidores ajustem corretamente suas aplicações considerando a expectativa de retorno dos investimentos. Terceiro, sabe-se que uma maneira de implementar a SMC é partindo da construção de sequências aleatórias de números, desenvolvidas por meio de um algoritmo que gere uma distribuição uniforme no intervalo $[0,1]$ ¹. Essa distribuição é transformada para o formato desejado, por meio de métodos estatísticos ou pela função inversa de Moro, em que é utilizada a função inversa da distribuição de probabilidade acumulada da distribuição normal de Gauss $N(y)$, que apresenta valores entre 0 e 1.² Assim, para se gerarem variáveis aleatórias com distribuição normal, deve-se calcular y tal que $x = N(y)$, sendo que x apresenta distribuição uniforme, ou seja:

$$y = N^{-1}(x) \quad (10)$$

Quarto, nota-se que a SMC deve levar em consideração a possibilidade de correlação entre os diversos ativos que compõe a carteira de investimentos. Para tanto, um procedimento que pode ser utilizado é a transformação de Cholesky, a qual viabiliza a geração de comportamentos aleatórios coerentes com as correlações entre os ativos presentes em um portfólio³.

Basicamente, a transformação de Cholesky consiste em um vetor η com N variáveis aleatórias que apresenta a estrutura de variância-covariância $E[\eta\eta'] = \lambda$, sendo λ uma matriz simétrica e real, a qual pode ser decomposta na fatoração de Cholesky como:

$$\lambda = AA' \quad (11)$$

em que:

A é uma matriz triangular inferior, denominada matriz de Cholesky; e A' , a transposta da matriz A .

¹ Sob este aspecto, ver Scatena (2004).

² Para a implementação da simulação, foram utilizadas funções aproximadas para a inversa da função de probabilidade acumulada da distribuição normal $N^{-1}(x)$.

³ Essa técnica também pode ser efetivada por meio da decomposição da matriz de correlações entre as variáveis utilizadas para o desenvolvimento da simulação.

Seja um vetor ε de dimensão $N \times 1$, composto de variáveis normais independentes, com média 0 e variância 1, ou seja, $E[\varepsilon'] = I$, em que I é a matriz identidade. Pode-se, então, realizar a seguinte transformação linear:

$$\eta = A\varepsilon \quad (12)$$

Logo, calcula-se a matriz de variância-covariância:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}^2(\eta) &= E[\eta\eta'] = E[A\varepsilon'A'] = AE[\varepsilon']A' \\ \hat{\sigma}^2(\eta) &= AIA' = AA' = \lambda \end{aligned} \quad (13)$$

As variáveis utilizadas nas simulações (Quadro 2) basearam-se em uma amostra referente ao período entre 04/04/2005 e 21/11/2008, inclusive. Os dados utilizados no desenvolvimento das simulações correspondem aos dias úteis do período citado, o que totalizou uma amostra de 913 observações diárias, extraídas da ANDIMA.

Quadro 2: Dados utilizados no Vetor de Correção de Erros e SMC

Séries	Sigla	Fonte	Comentários
Taxa de câmbio (PTAX) – R\$ / US\$ - livre - compra - média diária	PTAX	BACEN	Taxa de câmbio do real. Obs.: cotações para contabilidade.
Taxa de juros – CDI - diária - (% a.d.)	CDI	BACEN	Taxas calculadas e divulgadas pela CETIP, apuradas com base nas operações de emissão de Certificados de Depósitos Interfinanceiros prefixados, pactuadas por um dia útil e registradas e liquidadas pelo sistema CETIP.
IRF-M	LTN_NT NF	ANDIMA	Composto pelos títulos públicos federais prefixados que estejam em poder do público, de maneira a servir de referencial para as aplicações de renda fixa prefixadas. É baseado nos preços de tais títulos negociados no mercado secundário.
IMA-S	LFT	ANDIMA	Baseado nos preços efetivados nas transações em mercado secundário dos títulos pós-fixados indexados à taxa SELIC - Letras Financeiras do Tesouro - LFT. Não estão inclusas na carteira as séries LFT-A e LFT-B.
IMA-C 5	NTNC5	ANDIMA	Índice mensurado pela composição por títulos públicos federais em poder do público, com prazo de vencimento menor ou igual a cinco anos e

Séries	Sigla	Fonte	Comentários
			atrelados ao Índice Geral de Preços ao Mercado - IGP-M.
IMA-C 5+	NTNC5m	ANDIMA	Composto por títulos públicos federais em poder do público, com prazo de vencimento maior que cinco anos e atrelados ao Índice Geral de Preços ao Mercado - IGP-M.
IMA-B 5	NTNB5	ANDIMA	Índice mensurado pela composição por títulos públicos federais em poder do público, com prazo de vencimento menor ou igual a cinco anos e atrelados ao Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).
IMA-B 5+	NTNB5m	ANDIMA	Composto por títulos públicos federais em poder do público, com prazo de vencimento maior que cinco anos e atrelados ao Índice de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA.
Índice de ações - Ibovespa - (% a.d.)	Bov	ANDIMA	Variação mensal do Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (Ibovespa).

Fonte: IPEA (2008), ANDIMA (2008), BACEN (2008).

Os índices da ANDIMA foram utilizados, principalmente, para representar o comportamento do mercado secundário de títulos públicos federais. Esses índices são constituídos pelo Método de *Laspeyres*, que pondera os preços pela quantidade do período-base. Todos os índices utilizados nas SMC foram analisados por meio de estatísticas descritivas e testes de normalidade. Com isso, procurou-se utilizar, na geração de resultados da simulação, variações adequadas às distribuições de frequência aferidas para cada um dos indicadores aplicados nas SMC.

4. AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE TAXA DE JUROS E TÍTULOS PÚBLICOS

Por meio da utilização do *software* E-views®, foi possível empregar os métodos discutidos anteriormente para estimar modelos que projetassem o comportamento do retorno dos títulos, conforme os índices da ANDIMA, para um horizonte de previsão de cinco dias em face às variações nas variáveis macroeconômicas relevantes.

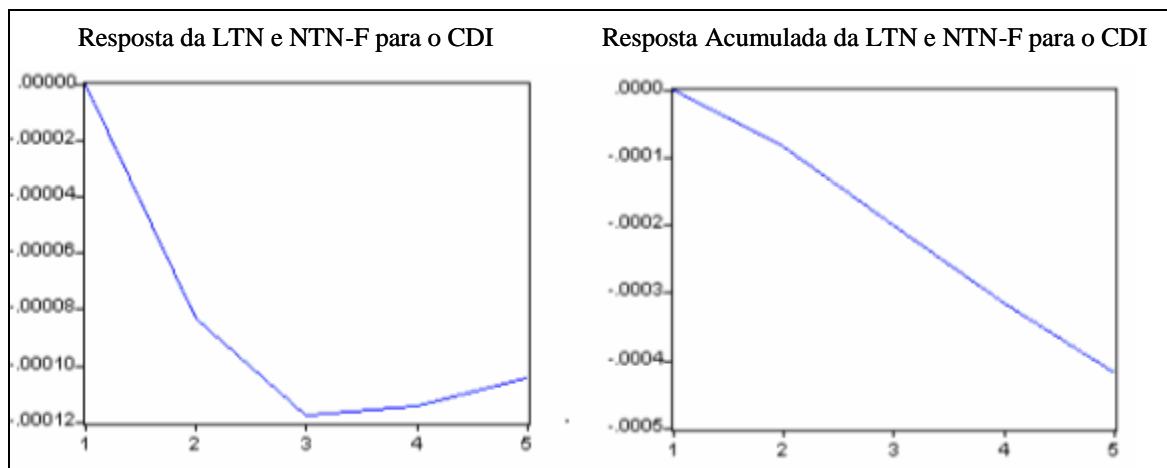
O pressuposto básico do trabalho perpassa pela consideração de que existe uma relação entre as variáveis consideradas, ou seja, ao mesmo tempo em que a variável dependente tem seu valor determinado pelo comportamento das independentes, a relação inversa também se manifesta, de forma a se manter no longo prazo, gerando a chamada relação de cointegração. Tal suposição justifica a utilização dos modelos de vetores autorregressivos e o vetor de correção dos erros que incorpora a cointegração na equação estimada pelo VAR.

Para viabilizar a estimação da função estímulo-resposta, empregou-se a Simulação Monte Carlo para gerar os choques nos resíduos. A matriz de Cholesky foi aplicada para correlacionar esses choques, incorporando a relação existente entre as variáveis do modelo. Como esse índice é composto por títulos públicos prefixados, existe um comportamento inverso em relação à variável CDI (como apontado pelo VEC e pela função impulso-resposta), de forma que aumentos na taxa de juros básica da economia (SELIC) impactam em reduções no retorno do índice. Choques de curto prazo no retorno do CDI, defasadas para dois e três dias, geraram uma queda no retorno dos títulos.

Adicionalmente, é relevante destacar os efeitos das variáveis exógenas sobre a geração dos choques aleatórios. A taxa de câmbio PTAX e o Ibovespa apresentaram, respectivamente, uma relação inversa e uma relação indireta com a variável dependente. Uma correlação negativa e outra positiva foram inseridas na matriz de Cholesky sinalizando os efeitos indiretos das variáveis exógenas. A queda mais acentuada no retorno do título ocorreu no terceiro dia de previsão, sendo aproximadamente igual a 0,012% a.d. Após cinco dias, esperase uma queda acumulada em torno de 0,045% (Figuras 1 e 2).

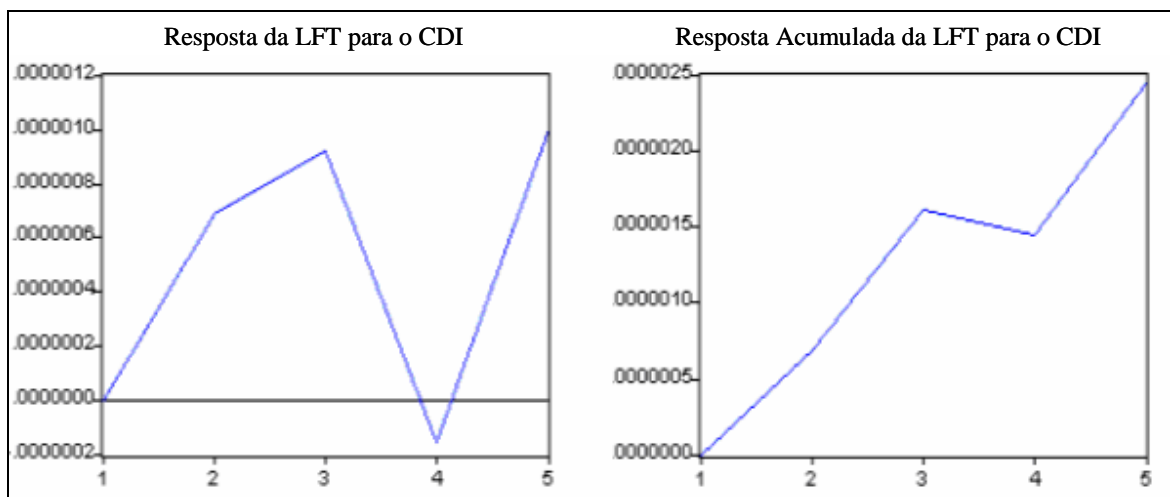
O NTN5 representa o índice composto por títulos públicos federais cujo prazo de vencimento é inferior ou igual a cinco anos e cujo indexador é representado pelo IPCA. Por meio da análise da função impulso-resposta, é possível inferir que aumentos na taxa de juros básica da economia tendem a gerar redução na taxa de inflação e consequente depreciação na rentabilidade dos títulos que compõem o índice (Figura 3). No terceiro dia de previsão, os títulos indexados ao IPCA apresentaram um retorno próximo a 0,020%. Nos cinco dias seguintes, o índice desvalorizou-se em 0,07%.

Figura 1: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Letra do Tesouro Nacional e Nota do Tesouro nacional Tipo F (LTN_NTNF) para um horizonte de até cinco dias úteis.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Letra Financeira do Tesouro (LFT) para um horizonte de até cinco dias úteis.

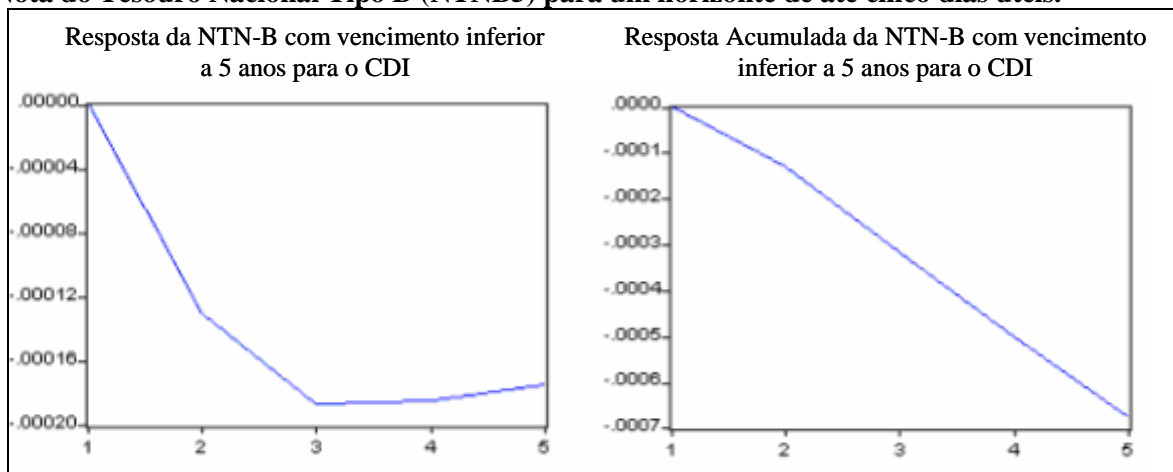


Fonte: Elaborado pelos autores

O indicador NTN-B 5M diferencia-se do referencial de títulos anterior por apresentar os papéis com um prazo de maturidade superior a cinco anos. É interessante observar que esse título de longo prazo possui maior sensibilidade a oscilações negativas na CDI do que o de curto (Figura 4). Esse resultado converge com a afirmação de Fabozzi (2004) de que títulos de maior maturidade tendem a apresentar um grau de risco maior. Dessa forma, no terceiro dia

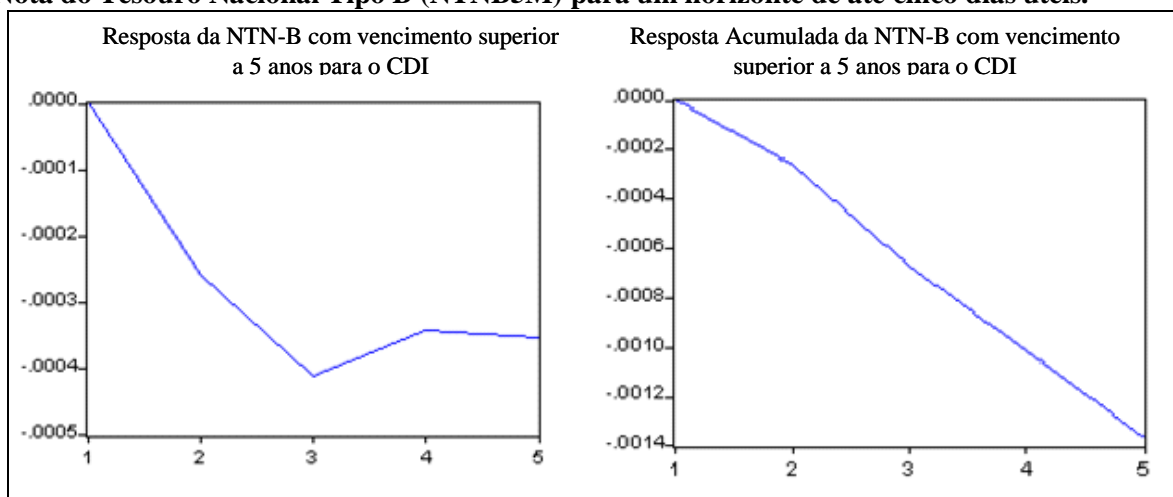
de previsão, a queda na rentabilidade dessa NTN-B será próxima de 0,045%, ao passo que, após cinco dias, o decréscimo acumulado totalizará cerca de 0,14%.

Figura 3: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Nota do Tesouro Nacional Tipo B (NTNB5) para um horizonte de até cinco dias úteis.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Nota do Tesouro Nacional Tipo B (NTNB5M) para um horizonte de até cinco dias úteis.



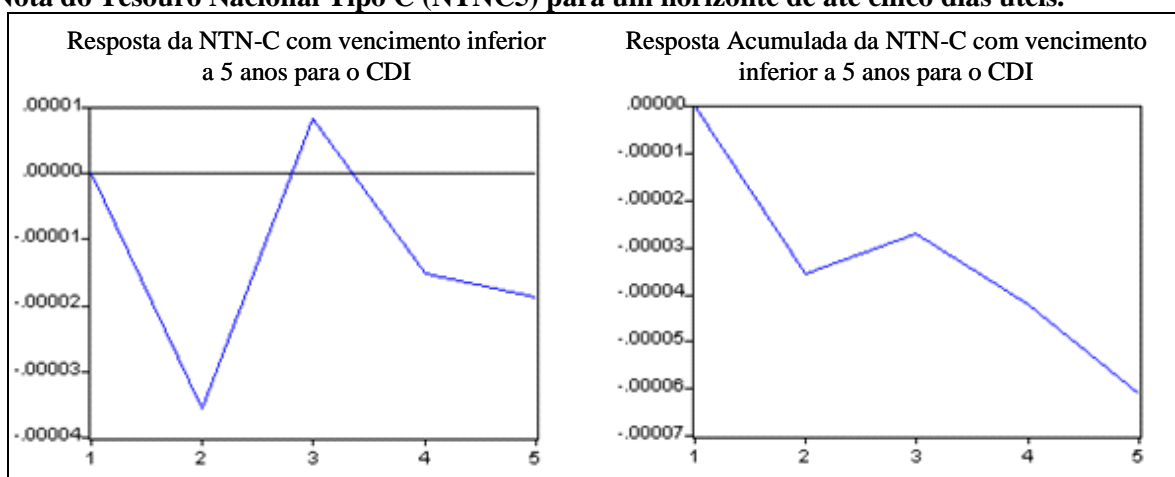
Fonte: Elaborado pelos autores

O NTNC5 é um índice mensurado composto por títulos públicos federais, com prazo de vencimento menor ou igual a cinco anos, indexados ao IGP-M (Índice Geral de Preços ao Mercado). Por meio da análise gráfica (Figura 5), é possível inferir que elevações na taxa de juros impactaram inicialmente na queda da rentabilidade do índice, sai qual se situou no patamar próximo a 0,004% a.d no segundo dia. No entanto, é nítida a recuperação do retorno

no terceiro dia (0,001%), a qual ameniza a queda acumulada nos cinco dias prevista na simulação, no montante um pouco inferior á 0,0065%.

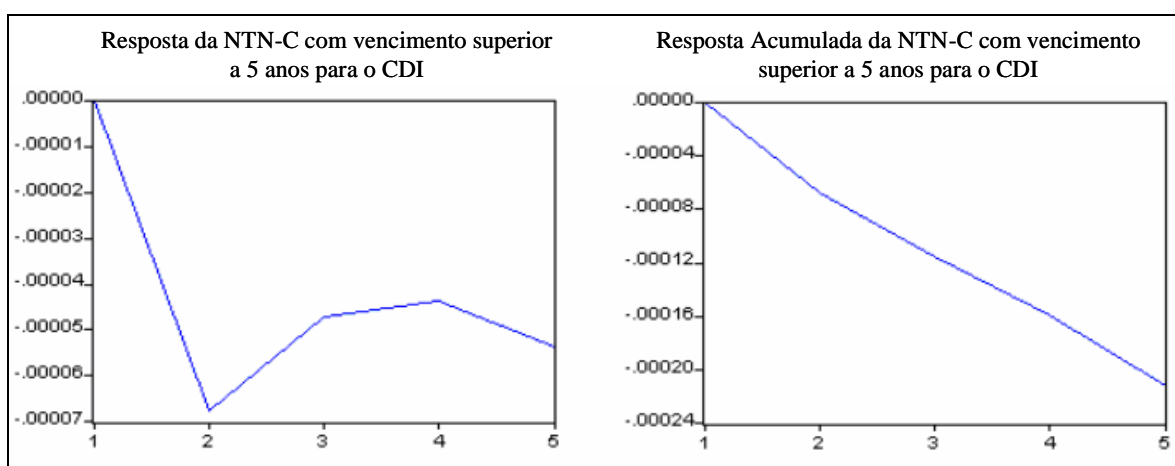
O NTNC5M diferencia-se do índice anteriormente descrito por possuir um prazo de maturidade superior a cinco anos. No segundo dia de previsão, a queda na rentabilidade do índice alcançou patamares próximos a 0.007 % a.d. Tal comportamento foi acompanhado de sucessivas elevações e decréscimos que contribuíram para uma perda de rentabilidade acumulada de aproximadamente 0.021% ao final dos cinco dias úteis analisados (Figura 6). Logo, títulos com maior duração tendem a estar associados a um maior risco.

Figura 5: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Nota do Tesouro Nacional Tipo C (NTNC5) para um horizonte de até cinco dias úteis.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6: Função Impulso-Resposta para choques no CDI em relação à rentabilidade diária da Nota do Tesouro Nacional Tipo C (NTNC5M) para um horizonte de até cinco dias úteis



Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os títulos públicos brasileiros apresentaram sensibilidade às variações da taxa do CDI, considerada uma taxa *proxy* para a SELIC, de maneira que aumentos na taxa de juros implicaram valorização dos títulos LFT e queda de rentabilidade dos títulos LTN e NTN, tipos B, C e F. Esses resultados são condizentes com estudos anteriores desenvolvidos na área de renda fixa, como constatado para os títulos da dívida dos EUA, os chamados *Treasuries*, (cf. FABOZZI, 2004).

Além disso, de acordo com os resultados observados, como uma LFT é indexada à SELIC, aumentos nesse índice devem acarretar valorização desse título federal. Já uma LTN é um papel com rentabilidade prefixada, de forma que aumentos nos juros da economia diminuem o valor desse tipo de título, o que também acontece com a NTN-F. Em relação aos títulos NTN-B e NTN-C, os aumentos na taxa de juros podem estar relacionados a políticas de controle inflacionário, ocasionando a perda de rentabilidade em virtude de os seus respectivos indexadores, IPCA e IGP-M, poderem apresentar uma tendência de redução nessas circunstâncias.

Em termos de grandeza, os resultados para a simulação da rentabilidade diária dos títulos públicos brasileiros foram condizentes com os valores identificados pelos IMAs da ANDIMA divulgados em 17 de dezembro de 2008. Isso é um reflexo da consistência da abordagem VEC para a análise de indicadores que podem apresentar algum tipo de correlação e interdependência.

Outro aspecto constatado foi o de que títulos com maior volatilidade estão associados com maior duração, isto é, apresentam maiores prazos até o vencimento. Segundo Ferreira (2004), tais ativos de renda fixa devem apresentar maiores riscos como decorrência de problemas de liquidez, taxa de juros, inflação, dentre outras variáveis que podem interferir no fluxo de caixa do título. Assim, o prazo de duração desse fluxo também contribui para o risco do investimento. Nas simulações, os títulos com duração superior a cinco anos indicaram uma volatilidade maior do que títulos com vencimentos menores que esse prazo.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, C. **Modelos de Mercados** – Um Guia para a Análise de Informações Financeiras. São Paulo: Ed. BM&F, 2001.

ANDIMA - Associação Nacional das Instituições do Mercado Financeiro. Disponível em: <<http://www.andima.com.br/>>. Acesso em 31 mar 2009.

ASSAF NETO, A. **Mercado Financeiro**. São Paulo: Atlas, 2001.

BACEN – Banco Central do Brasil. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/>. Acesso em 31 mar 2009.

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. Cambridge University Press, 2003.

DAMODARAN, A. **Investment Valuation: tools and techniques for determining the value of any asset**. 2. ed. New York: Wiley, 2002.

FABOZZI, F. J. **Mercados, análise e estratégias de bônus: (títulos de renda fixa)**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

FERREIRA, L.F. R. **Manual de Gestão de Renda Fixa**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

HITCHNER, J. R. **Financial Valuation: application and models**. New Jersey: Wiley, 2006.

HULL, J. C. **Opções, Futuros e Outros Derivativos** 3. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 1998.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/default.jsp>>. Acesso em 31/mar/2009.

JOHNSTON, J; DINARDO, J. **Econometric Methods**. 4. ed. McGraw-Hill/Irwin, October, 1996.

LUENBERGER, D.G. **Investment Science**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

MACAULAY, F. R. **Some theoretical problems suggested by the movements of interest rates, bonds yield and stock prices in the United States since 1856**. New York: National Bureau of Economics Research, 1938.

SECURATO, J. R. **Cálculo financeiro das tesourarias: bancos e empresas**. 3. ed. São Paulo: Saint Paul, 2005.