



IBMEC SÃO PAULO
Faculdade de Economia e Administração

Paula Coutinho Garret de Melo

**VAR AJUSTADO POR LIQUIDEZ E SEUS IMPACTOS
SOBRE O CÁLCULO DO REQUERIMENTO DE CAPITAL
POR RISCO DE MERCADO**

São Paulo
2007

Paula Coutinho Garret de Melo

**Var ajustado por liquidez e seus impactos sobre o cálculo do
requerimento de capital por risco de mercado**

Dissertação apresentada no Mestrado Profissionalizante em Macroeconomia e Finanças, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Macroeconomia e Finanças do IBMEC SÃO PAULO.

Campo de conhecimento:
Risco de Mercado e Liquidez

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente
IBMEC SÃO PAULO

São Paulo
2007

Melo, Paula Coutinho Garret de

Var ajustado por liquidez e seus impactos sobre o cálculo do requerimento de capital por risco de mercado / Paula Coutinho Garret de Melo – São Paulo: IBMEC SÃO PAULO, 2007.

39 p.

Dissertação: Faculdade de Economia e Administração.
IBMEC SÃO PAULO.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente

1. Valor em risco ajustado por liquidez 2. *Bid-ask spread* 3.
Capital Regulatório

Paula Coutinho Garret de Melo

**Var ajustado por liquidez e seus impactos sobre o cálculo do requerimento
de capital por risco de mercado**

Junho 2007

Dissertação apresentada no Mestrado Profissionalizante em Macroeconomia e Finanças, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Macroeconomia e Finanças do Ibmec São Paulo.

Campo de conhecimento:
Risco de Mercado e Liquidez

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente
IBMEC SÃO PAULO

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Beltrão Fraletti
IBMEC SÃO PAULO

Prof^a. Dra. Celma de Oliveira Ribeiro
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Agradecimentos

Neste momento, gostaria de agradecer às pessoas que foram fundamentais para a conclusão desta dissertação. Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Antonio Zoratto Sanvicente, pela ajuda na escolha do tema e na elaboração desta dissertação. Agradeço também ao professor Pedro Valls pela oportunidade de fazer parte deste curso e pelo apoio no meu desenvolvimento profissional. Ao professor Márcio Laurini, pela ajuda nas estimativas aqui apresentadas. Agradeço aos colegas de turma, pelo excelente relacionamento que ajudaram nestes dois anos de batalha.

Também não poderia deixar de agradecer aos colegas de mercado pelas discussões sobre o tema ao longo dos anos e também aos meus novos companheiros que, apesar do pouco tempo de convivência, me deram uma força essencial.

Agradeço aos meus pais por sempre me mostrarem a importância dos estudos e de nunca desistir dos meus sonhos; aos meus irmãos que insistem em seguir a mesma carreira da irmã mais velha, apesar de terem sido avisados do contrário; a minha irmã, única “normal” da família; e a minha amiga Fernanda, que me acompanha em todos os cursos de pós-graduação, mesmo depois de me agüentar na faculdade.

Finalmente, Bernardo, obrigado por toda a compreensão e pelo apoio nestes dois anos e meio em que, muitas vezes, não pude dar a atenção que você merecia.

Dedicatória

Aos meus pais

Resumo

Melo, Paula Coutinho Garret de. Var ajustado por liquidez e seus impactos sobre o cálculo do requerimento de capital por risco de mercado. São Paulo, 2007. 39 p. Dissertação – Faculdade de Economia do IBMEC SÃO PAULO.

Neste trabalho é realizada uma aplicação da metodologia de VaR ajustado por liquidez baseado nos componentes do *spread* de compra e venda, proposta por Angelidis & Benos (2005) para o mercado de ações brasileiro. O estudo é realizado para um grupo de ações negociadas na BOVESPA, sendo que somente metade das mesmas faz parte da composição do Índice BOVESPA e, por tanto, correspondem a ações mais líquidas. Os componentes do *spread* de compra e de venda são analisados e os resultados apontam para a superioridade de medidas relacionadas à direção da operação (*trade direction*) em relação a medidas baseadas no volume negociado. O risco total é decomposto em risco de preço (VaR) e risco de liquidez. O componente de liquidez representa o custo incremental de oportunidade no ajuste com liquidez, uma medida indireta do custo de liquidez inferior. Para o nível de confiança superior, representa até 11,13% do risco total e para 95%, atinge um máximo de 22,22% do risco total. Finalmente, é realizada uma discussão teórica sobre os efeitos da utilização do modelo apresentado no cálculo do requerimento de capital por risco de mercado.

Palavras-chave: VaR ajustado por liquidez, *bid-ask spread*, microestrutura de mercado, requerimento de capital por risco de mercado, risco de liquidez.

Abstract

Melo, Paula Coutinho Garret de. Liquidity-adjusted value-at-risk and its impact on regulatory capital for market risk. São Paulo, 2007. 39 p. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. IBMEC SÃO PAULO.

This paper applies the liquidity-adjusted value-at-risk based on the components of the bid-ask spread proposed by Angelidis & Benos (2005) on the Brazilian stock market. A group of stocks traded at BOVESPA are studied. Only half of them participate on the composition of the BOVESPA Index and correspond to more liquid equities. The components of the bid-ask spread are analyzed and the results suggests that trade direction may have more explanatory power than trade size. Total risk is decomposed into price risk and liquidity risk. The liquidity component represents the incremental opportunity cost on the liquidity adjustment, an indirect measure of the inferior liquidity cost. At the higher confidence level, represents 11,13% of total risk and for the 95% VaR_L, increases to 22,22%. Finally, we present a discussion of the proposed model and its impact on regulatory capital for market risk.

Keywords: Liquidity-adjusted value-at-risk, bid-ask spread, market microstructure, regulatory capital for market risk, liquidity risk.

Sumário

<i>I. Introdução</i>	10
<i>II. Revisão de literatura</i>	13
<i>III. Modelos teóricos</i>	19
III.1 Modelos estruturais intradiários e VaR ajustado por liquidez	19
III.1.1 Modelo dependente do volume negociado.....	19
III.1.2 Incorporação do risco de liquidez ao modelo estrutural	22
III.2 Metodologia de cálculo do requerimento de capital para risco de mercado	23
<i>IV. Dados: fonte e natureza</i>	26
<i>V. Análise dos resultados</i>	29
V.1 Investigação dos componentes do <i>spread</i> de compra e venda	29
V.2 Valor em risco ajustado por liquidez (VaR_L)	31
V.3 Impactos da utilização do VaR_L no cálculo do requerimento de capital por risco de mercado	33
<i>VI. Conclusão</i>	34
<i>Referências bibliográficas</i>	36
<i>Apêndice 1 Programa EVIEWS</i>	39

Lista de tabelas

Tabela 1 – Regiões de acordo com o número de exceções no <i>backtesting</i>: calibração do fator de ajuste utilizado no cálculo do requerimento de capital.....	25
Tabela 2 – Estatísticas descritivas das ações selecionadas.....	28
Tabela 3 – Resultados estimados por GMM da equação 1 para as ações negociadas na BOVESPA.....	30
Tabela 4 – Resultados VaR_L a 99% e a 95%.....	32

I. Introdução

A gestão do risco de mercado tradicional, sob a ótica do conceito de valor em risco (VaR), baseia-se na distribuição de valores de uma carteira resultante de variações nos preços médios dos ativos, ou seja, supõe-se liquidez infinita. A impossibilidade de realização da posição pelo seu preço médio torna necessária a adoção de premissas mais realistas na gestão de riscos que considerem a existência deste componente de liquidez adicional. A importância do risco de liquidez é ainda mais relevante para as economias emergentes, como a brasileira, dada a típica profundidade inferior de seus mercados.

Um dos principais objetivos dos mercados de títulos e valores ao redor do mundo é proporcionar um mercado líquido. Definindo-se liquidez como a capacidade de se converter ativos em dinheiro (e vice-versa) ao menor custo de transação, um mercado perfeitamente líquido deve permitir que qualquer quantidade de um determinado ativo seja convertida em dinheiro e de volta ao ativo sem nenhum custo. Em um contexto de imperfeições de mercado, a liquidez estaria relacionada a custos de transação minimizados.

Crises recentes no mercado de capitais, como as crises da Ásia, da Rússia e do *Long Term Capital Management*, realçaram a necessidade de incorporar o risco de liquidez de forma efetiva e adequada na gestão do risco de mercado, um grande desafio para os gestores de risco nas últimas décadas.

Apesar do reconhecimento da importância do risco de liquidez, não há consenso na literatura disponível sobre o método adequado de mensurá-lo. Aitken & Comerton-Forde (2003) mostram que existem 68 *proxies* diferentes de liquidez, que podem ser divididas em dois grandes grupos: *trade-based and order-based*. Apesar de existir algum tipo de correlação entre medidas do mesmo grupo, o mesmo não ocorre com a correlação entre grupos, indicando que a escolha de uma medida inadequada pode resultar em conclusões equivocadas em relação à liquidez do mercado.

Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999) introduzem os conceitos de liquidez exógena e endógena e enfatizam que uma medida apropriada de risco de liquidez deve considerar tanto as condições gerais do mercado como o tamanho de uma posição específica. O modelo de cálculo de valor em risco apresentado se centra na liquidez exógena,

e o componente utilizado para medir o risco de liquidez é o *spread* de compra e venda, uma medida do tipo *order-based*.

Por sua vez, Angelidis & Benos (2005) incorporam o volume negociado ao modelo estrutural de formação de preços baseado em dados intradiários de Madhavan et al. (1997), que incorpora choques de informação e efeitos de microestrutura. Um modelo de VaR ajustado pelo risco de liquidez, baseado nos componentes do *spread* de compra e venda e que engloba liquidez endógena é apresentado sob a forma de extensão do modelo de Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999).

Dentro desse arcabouço teórico, o objetivo central do presente trabalho é replicar para o mercado brasileiro a metodologia proposta por Angelidis & Benos (2005) para o cálculo de VaR ajustado por liquidez (VaR_L). O estudo procura responder principalmente a três questões: analisar os componentes do *spread* de compra e venda para as ações selecionadas; verificar se o ajuste de liquidez é mais relevante no caso de ações que não pertencem ao Índice BOVESPA; e analisar os impactos da utilização do modelo proposto no cálculo do requerimento de capital por risco de mercado.

O custo incremental de oportunidade no ajuste com liquidez, uma medida indireta do custo de liquidez inferior, é então calculado, comparando-se os valores obtidos aos resultados encontrados utilizando o modelo sem ajuste. Desconsiderar o risco de liquidez subestima o risco total, aumentando o número de violações do modelo. Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999) demonstraram que o Comitê da Basileia (*Basel Committee on Banking Supervision*), ao monitorar o número de saídas do *backtesting* e não o cálculo do VaR em si, captura de certa forma o risco de liquidez no cálculo do requerimento de capital.

Apesar do VaR ajustado por liquidez (VaR_L) ser maior que o VaR sem o ajuste, os resultados encontrados parecem indicar que o ajuste de liquidez recomendado pelo Bank of International Settlements (BIS) é bastante conservador.

No Capítulo 2, é apresentada a resenha da literatura, mostrando os principais trabalhos realizados na área. Cabe destacar que há poucos estudos para a economia brasileira feitos nessa linha, e grande parte dos estudos estão concentrados no mercado americano. No Capítulo 3, introduzem-se os modelos teóricos, nos quais são baseadas as estimativas do presente estudo. No Capítulo 4, são apresentados os dados utilizados na estimação do modelo. No Capítulo 5, os resultados estimados são analisados e também se apresenta uma discussão

teórica da utilização dos resultados do modelo mostrado no cálculo do requerimento de capital. Finalmente, são apresentadas as conclusões do estudo.

II. Revisão de literatura

A boa avaliação de ativos é de importância fundamental para a alocação ótima dos recursos de uma economia. Como consequência, fatores que afetam os retornos dos ativos sempre tiveram uma grande importância na literatura. A liquidez emergiu como um dos fatores determinantes dos retornos dos ativos através de Keynes (1930) que propôs que um ativo é mais líquido que outro se sua liquidação é mais certa em um período curto de tempo, sem perdas. Entretanto, somente nos últimos anos surgiram trabalhos empíricos que enfatizaram a necessidade de mensurar o risco de liquidez e incorporá-lo às ferramentas de gestão de risco.

O risco de liquidez pode ser definido como o risco de perda associada ao custo de liquidação de uma posição. Ativos líquidos devem apresentar baixos custos de transação diretos (medidos pelo *spread* de compra e venda), tempo mínimo de execução de uma operação de compra ou de venda, cotações observáveis no mercado para os preços de compra e venda, e nenhum efeito no preço provocado por uma transação de tamanho normal. As seguintes dimensões, citadas na literatura, caracterizam a liquidez de um mercado: (a) *tightness*, que se refere à magnitude do *spread* de compra e venda de um ativo; (b) *profundidade*, que diz respeito ao volume que um ativo pode ser negociado sem que isto afete os preços correntes de mercado; (c) *resiliency*, que envolve o tempo necessário para que o preço de um determinado ativo volte ao patamar em que se encontrava antes da execução de uma determinada transação e (d) *immediacy*, que se refere ao tempo entre a colocação de uma ordem de compra ou venda de um determinado ativo e sua efetiva execução.

A explicação tradicional de como a liquidez afeta os retornos esperados pode ser encontrada nos trabalhos de Amihud & Mendelson (1986) e Vayanos (1998), que propuseram que os investidores antecipam a necessidade de venda de suas ações em algum momento futuro e reconhecem que essa venda acarretará custos de transação. Como os investidores são racionais, ações com custos de transação mais altos devem ser descontadas por um fator mais elevado, em relação às de custos de transação mais baixos.

Kraus & Stoll (1972), ao analisarem o impacto de transações de blocos de ações na Bolsa de Valores de Nova York (NYSE), lideraram os estudos sobre *price impact*, ou seja, o

efeito permanente de transações sobre os preços dos ativos. Transações em blocos são operações de compra ou venda de uma grande quantidade de ações de uma mesma empresa, geralmente realizadas por investidores institucionais. Em seu estudo, demonstram que as imperfeições de mercado fazem com que o retorno dos ativos reaja não somente à nova informação, como também à transação propriamente dita. Num mercado perfeito, os preços dos ativos reagiriam apenas à nova informação sobre a combinação entre retorno e risco das empresas em questão ou a mudanças nas preferências dos investidores. Num mercado não ideal (menos que perfeito), a transação em si pode provocar variações nos preços dos ativos se as expectativas do vendedor marginal forem diferentes das expectativas do comprador marginal, ou na existência de custos de liquidação de curto prazo. Dessa forma, além dos efeitos da nova informação, temos os efeitos de distribuição que podem explicar a variação nos preços dos ativos. Como as expectativas dos investidores não são observáveis, somente o efeito distribuição provocado por custo de liquidação é mensurável.

Outros pesquisadores também descobriram que transações de blocos provocam efeitos permanentes nos preços em diferentes mercados (especialmente nas bolsas de valores de Nova York e Londres) e sob diferentes condições.

Ellul (2002) analisa o impacto de transações de blocos de ações européias (francesas, alemãs e italianas) cotadas na Bolsa de Londres sobre os preços das ações nos mercados domésticos. O trabalho se destaca por analisar o impacto de transações de blocos em um contexto de diferentes mercados, onde as condições de negociação e transparência nos mercados paralelos não são homogêneas. Liquidez e profundidade tornam-se fundamentais, especialmente para investidores institucionais preocupados com a diversificação internacional.

Baker & Stein (2002) sugerem uma explicação alternativa baseada em assimetria de informação: a existência de uma classe de investidores irracionais que reagem menos que o devido à informação contida nas ordens de compra e venda, combinada a restrições a vendas a descoberto. Neste contexto, a presença de investidores irracionais reduz o impacto no preço de negociação e impulsiona a liquidez, enquanto as restrições a vendas a descoberto fazem com que os investidores irracionais sejam mais ativos nos mercados quando suas percepções significam preços maiores que para os investidores racionais. Dessa forma, liquidez alta é um sinal de que o sentimento do investidor irracional é positivo e que os retornos são mais baixos que os esperados.

Em pesquisa correlata, Easley & O'Hara (2000) e Easley et al. (2002) desenvolveram modelos que mostram como a informação privada afeta o processo pelo qual o preço se torna eficiente do ponto de vista informacional, afetando o risco de se ter o ativo em carteira. Ações com alta probabilidade de negociação baseada em informação tendem a possuir retorno esperado mais alto. Na mesma linha de raciocínio, os estudos teóricos de Bagehot (1971) e Glosten & Harris (1988), que demonstraram que o custo de seleção adversa é a causa principal da falta de liquidez nos mercados financeiros, proporcionam justificativa adicional para a relação negativa entre retorno e liquidez.

A relação empírica entre retornos e liquidez nos mercados acionários dos Estados Unidos (NYSE, AMEX e NASDAQ) está bem documentada. Madhavan, Richardson & Roomans (1997) desenvolveram um modelo estrutural de formação de preços intradiários para ações negociadas na NYSE que incorpora tanto choques de informação pública como efeitos de microestrutura. Como principais benefícios de se estudar o processo de formação intradiária dos preços, destacam: o conhecimento dos padrões apresentados pelas cotações dos *spreads* de compra-venda intradiários e pelo volume negociado (que exibem um padrão na forma de U); o entendimento de como novas informações e fricções afetam a volatilidade intradiária dos preços (que é de grande interesse para os formadores de políticas públicas); e a melhora na compreensão dos mecanismos de formação de preços intradiários, o que pode ajudar no entendimento da magnitude, dos determinantes e da composição dos custos de execução (um assunto de muito interesse entre os gestores de recursos, órgãos de controle público e *traders*). O modelo apresentado relaciona estudos importantes na literatura na área de risco de mercado, analisando fontes de volatilidade intradiária dos preços e na área de custos de execução, já que o *spread* de compra-venda está diretamente relacionado ao custo de liquidação de uma carteira de investimento. Entre os objetivos do estudo está a busca por padrões intradiários nas relações entre o *spread* de compra e venda, a volatilidade do *spread* e os custos de transação com o retorno das ações, a construção de métricas para a descoberta de preço e a estimação do custo efetivo de transação.

Outros estudos encontraram uma relação negativa entre retorno e liquidez, confirmando a existência de um prêmio de liquidez proposto em alguns estudos teóricos, como os de Amihud & Mendelson (1986) e Brennan & Subrahmanyam (1996) que desenvolveram uma versão do CAPM para examinar a relação entre retorno esperado e nível de liquidez.

Como a liquidez não é diretamente observável, o uso de *proxies* se torna necessário para se estimar a relação entre retorno e liquidez. As medidas de liquidez podem ser divididas em dois grandes grupos: *trade-based measures*, como valor negociado, volume e *turnover*, e *order-based measures*, como o *spread* de compra e venda. As *trade-based-measures* são atraentes, porque são facilmente calculadas a partir das informações disponíveis, além de terem grande aceitação entre os participantes do mercado. Entretanto, por serem medidas *ex-post*, seu uso pode ser problemático como um bom indicador de comportamento futuro. As *order-based-measures* representam o custo ao qual o investidor deve se submeter para realizar transações imediatamente. Para pequenos investidores, esse é um método razoável para se calcular a liquidez de uma ação. Entretanto, para grandes investidores, o *spread* de compra e venda pode subestimar o verdadeiro custo da transação, superestimando a liquidez.

Muitos pesquisadores investigaram estratégias de execução para a liquidação de carteiras de investimento. Jarrow & Subramanian (1997), consideraram a liquidação ótima de uma carteira em um período fixo de tempo. Uma estratégia de execução ótima foi desenvolvida pela determinação de uma programação de venda que maximiza o valor total esperado de venda. Seguindo um raciocínio equivalente, Bertsimas & Lo (1998) derivam estratégias dinâmicas ótimas de liquidação que minimizam o custo de execução em um período predeterminado de tempo. Uma seqüência ótima de transações é obtida como função das condições de mercado. Almgren & Chriss (1999) consideraram o problema de liquidação de carteira com foco tanto na minimização do risco de volatilidade, como dos custos de transação associados aos impactos permanentes e temporários no mercado. A partir de um modelo de custo linear e simples, uma fronteira eficiente é construída no espaço de probabilidades que dependem do tempo, considerando o *trade-off* risco-retorno do ponto de vista clássico de otimização média-variância como ponto de partida para o cálculo do valor em risco.

De acordo com Lawrence & Robinson (1995), a melhor forma de capturar o risco de liquidez no contexto de valor em risco, seria igualar o horizonte de cálculo do VaR ao prazo que o investidor imagina ser necessário para a liquidação da carteira. Para posições pouco líquidas, o tempo de liquidação da carteira é maior e, conseqüentemente o seu VaR. Um modelo genérico de valor em risco é desenvolvido através da derivação de uma estratégia de execução ótima que incorpora risco de mercado através de uma abordagem média-desvio padrão. Essa foi uma das primeiras pesquisas que enfatizaram que os modelos tradicionais de VaR desconsideram o risco de liquidez.

Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999) enfatizam que, em um ambiente conturbado ou na premência de liquidação de uma posição, o preço médio, muito utilizado nos modelos tradicionais de cálculo de VaR, não passa de uma estimativa idealizada do preço ao qual a operação será realizada. Para mensurar o verdadeiro nível de risco, que se está assumindo, torna-se importante modelar a volatilidade e estimar a magnitude da diferença entre o preço médio e o preço de liquidação, informação disponível na distribuição dos *spreads* de compra e venda. Uma abordagem para o tratamento do risco de liquidez é apresentada, utilizando dados disponíveis no mercado, e os autores introduzem a distinção entre liquidez exógena e endógena. Enquanto a primeira está relacionada às características do mercado e fora do controle dos agentes, a segunda relaciona-se ao tamanho de uma posição, é específica ao agente e está sob seu controle. O estudo concentra-se na liquidez exógena, que é comum a todos os participantes do mercado; é apresentado um modelo de cálculo de valor em risco baseado na distribuição dos *spreads* de compra e venda.

Hisata & Yamai (2000) propõem um modelo de valor em risco ajustado por liquidez baseado na abordagem de estratégia de execução apresentada por Almgren & Chriss (1999), transformando o período de venda em uma variável endógena. O modelo incorpora um mecanismo de impacto de mercado provocado pela posição do próprio investidor e ajusta a medida de VaR tanto pelo nível de liquidez como pelo tamanho da posição do investidor.

Le Saout (2001) argumenta que o risco endógeno também é importante, e por isso deve ser considerado no cálculo do valor em risco. Uma extensão do modelo de Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999) é proposta, com a incorporação da média ponderada do *spread* ao VaR ajustado por liquidez, como tentativa de capturar o efeito de liquidação de posições grandes.

Angelidis & Benos (2005) incorporam o volume negociado ao modelo estrutural de Madhavan (1997) e propõem uma extensão ao modelo de Bangia, Diebold, Schuermann & Stroughair (1999, ou seja, um modelo de VaR ajustado pelo risco de liquidez baseado nos componentes do *spread* de compra e venda englobando liquidez endógena. O risco de liquidez é decomposto em exógeno e endógeno e, dessa forma, o risco de liquidação de posições específicas é contemplado.

No Brasil, temos conhecimento do trabalho de Beteto & Sanvicente (2002) que aplica o modelo proposto por Shamroukh (2000) para ajustar o VaR ao risco de liquidez em

uma carteira de ações negociadas na BOVESPA. Implícito ao modelo está a determinação da estratégia ótima de liquidação para os ativos da carteira que considera o *trade-off* entre a volatilidade e risco de liquidez.

III. Modelos teóricos

III.1 Modelos estruturais intradiários e VaR ajustado por liquidez

Em um mercado perfeitamente líquido, os investidores seriam capazes de comprar ou vender qualquer quantidade de algum ativo, sem que houvesse qualquer impacto no seu preço. Entretanto, na grande maioria dos casos, o valor de liquidação difere de forma substancial do preço de mercado. Modelos de microestrutura de mercado, que analisam os mecanismos de negociação de ativos financeiros, ajudam os participantes do mercado a construir estatísticas que representam de forma aproximada a liquidez de um ativo.

O modelo utilizado no presente estudo baseia-se no modelo de Angelidis & Benos (2005). Os autores incorporaram o trabalho de Madhavan et al. (1997) ao de Hausman et al. (1992). Enquanto o primeiro apresenta um modelo estrutural de formação de preços para dados de alta frequência, com choques de informação e efeitos de microestrutura, o segundo destaca a importância do volume negociado como explicação das variações dos preços dos ativos.

III.1.1 Modelo dependente do volume negociado

Sejam P_t , o preço de transação de um ativo no tempo t e X_t o indicador da operação (*trade indicator*), que é igual +1 se a operação é orientada para a compra, e -1 se a operação é orientada para a venda. Baseando-se nos trabalhos de Madhavan et al. (1997) e Hausman et al. (1992), faremos a suposição de que $P_t = \mu_t + \phi X_t + \kappa(X_t \sqrt{V_t})$ (modelo de custo de inventário do formador de preços) e $\mu_t = \mu_{t-1} + \theta \sqrt{V_t} (X_t - \rho X_{t-1})$ (modelo fundamental de informação assimétrica), onde:

μ_t = valor esperado do preço da ação

ϕ = custo por ação do formador de preços (*market maker*) para fornecer liquidez sob demanda, um componente de custo que não depende do sinal do volume negociado

κ = componente de custo que depende do sinal do volume negociado

V_t = valor absoluto do número de ações negociadas em t

θ = grau de informação assimétrica ou impacto permanente da chegada de novas ordens ao mercado

ρ = autocorrelação de primeira ordem do *trade indicator*

Valores elevados de θ indicam revisões significativas nas crenças públicas dos investidores sobre o valor das ações à medida que novas ordens chegam ao mercado. Valores altos de ρ significam baixas probabilidades de virada no mercado (*trade reversal*).

Conforme Barra (1997) e Hisata e Yamai (2000), é adotada uma função côncava ($\sqrt{V_t}$) para modelar o volume negociado. Segundo Hasbrouck (2007), o uso de transformações convexas pode resultar em estimativas instáveis.

Essas relações se traduzem no seguinte modelo estrutural de formação de preços intradiários:

$$P_t - P_{t-1} = \theta\sqrt{V_t}(X_t - \rho X_{t-1}) + \phi(X_t - X_{t-1}) + \kappa(X_t\sqrt{V_t} - X_{t-1}\sqrt{V_{t-1}}) + v_t \quad (1)$$

onde κ revela se a chegada de novas ordens ao mercado é mais importante que os custos de inventário. Em particular, para $V_t = 1$ e $\kappa = 0$, temos a especificação do modelo de Madhavan et al. (1997).

A equação (1) mostra que a variação dos preços de transação é uma função linear do fluxo de negócios contemporâneos e passados.

Sejam $a_{X_{t=1}}$ e $b_{X_{t=-1}}$ as cotações de compra e venda do *trade indicator* X_t . O *spread* implícito pode ser modelado da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} a_{X_{t=1}} &= \mu_{t-1} + \theta\sqrt{V_t}(1 - E(X_t | X_{t-1})) + (\phi + \kappa\sqrt{V_t}) \\ b_{X_{t=-1}} &= \mu_{t-1} - \theta\sqrt{V_t}(1 - E(X_t | X_{t-1})) - (\phi + \kappa\sqrt{V_t}) \\ \text{Spread } a_{X_{t=1}} - b_{X_{t=-1}} &= 2(\sqrt{V_t}(\theta + \kappa) + \phi) \end{aligned} \quad (2)$$

O *spread* implícito apresenta correlação positiva com o valor absoluto do volume negociado (V_t), com o componente de seleção adversa (θ) e o componente de custo (ϕ). A relação entre o *spread* implícito e κ depende do sinal do coeficiente estimado. Se $\kappa < 0$, o

componente relacionado à chegada de novas ordens domina o custo de inventário, ou seja, há economias de escala na negociação dos ativos, uma vez que o componente de custo decresce com o aumento de volume negociado.

O método dos momentos generalizados (GMM) é utilizado para estimar o modelo. Essa técnica é mais adequada que a de máxima verossimilhança, uma vez que não necessita hipóteses fortes sobre o processo estocástico dos dados que são utilizados e permite ajustes para formas genéricas de autocorrelação e heterocedasticidade condicional. A técnica de GMM consiste na escolha de valores para os coeficientes que minimizem a função critério baseada nas restrições de ortogonalidade (ou condições de momento) implícitas no modelo. Por causa da linearidade entre as variáveis observadas implícita ao modelo, as condições de momento correspondem às equações de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com algumas restrições adicionais para ajudar a decompor os coeficientes de MQO.

Os parâmetros estimados por GMM são fracamente consistentes e assintoticamente normalmente distribuídos. As condições de momento implícitas para se estimar os parâmetros de (1) são:

$$E (X_t X_{t-1} - \rho X_{t-1}^2) = 0$$

$$E (v_t - \alpha) = 0$$

$$E ((v_t - \alpha) X_t \sqrt{V_t}) = 0$$

$$E ((v_t - \alpha) X_{t-1} \sqrt{V_{t-1}}) = 0$$

$$E ((v_t - \alpha) \sqrt{V_t}) = 0$$

$$E ((v_t - \alpha) \sqrt{V_{t-1}}) = 0$$

onde α é uma constante. A primeira condição define a autocorrelação da variável de *trade* e as cinco últimas são as equações normais de MQO.

III.1.2 Incorporação do risco de liquidez ao modelo estrutural

Bangia et al.(1999) propuseram uma metodologia que incorpora o risco de liquidez ao cálculo do VaR (VaR_L), que pode ser definido como:

$$VaR_L = VaR + L_1 \quad (3)$$

onde L_1 corresponde ao fator de liquidação.

Bangia et al.(1999) utilizam um método paramétrico com ajuste para caudas pesadas (*fat tails*) para o cálculo do VaR, mas ressaltam que outros métodos também podem ser usados na estimação do VaR, entre eles o de simulação histórica.

O presente trabalho adotará o método de simulação histórica desenhado para capturar o comportamento não-normal da distribuição dos retornos dos ativos financeiros. A idéia é utilizar a própria distribuição dos retornos realizados da carteira, a fim de se calcular não-parametricamente o quantil correspondente ao nível de significância do VaR de $\alpha\%$ desejado. Apesar do nome de simulação histórica, num estágio simples como esse, não há simulações envolvidas. O método é robusto a distribuições de caudas pesadas, mas baseia-se numa única realização do processo gerador dos dados (uma única trajetória de preços é observada na prática). É necessária a hipótese de retornos i.i.d. (independentes e identicamente distribuídos), exigindo-se, portanto que a distribuição permaneça estável ao longo do tempo.

O modelo (3) incorpora o *spread* de compra e venda e sua variância, ajustando o VaR pelo pior aumento do *spread*:

$$VaR_L = VaR + \frac{1}{2}(\text{Spread} + \alpha\sigma\text{Spread}) \quad (4)$$

Onde α corresponde ao nível de confiança do VaR.

Sob esta óptica, o cálculo do VaR_L é simples e intuitivo, já que divide o risco total em risco de preço (VaR) e risco de liquidez ($\frac{1}{2}(\text{Spread} + \alpha\sigma\text{Spread})$). Entretanto, o método sofre de uma série de limitações: não considera o risco de liquidez endógeno, que relaciona o preço de liquidação à posição específica do investidor, ou seja, o VaR_L só é válido para posições que correspondam ao número máximo de ações ao preço de compra ou venda; o modelo agrega os dois riscos (de preço e de liquidez simultaneamente), um procedimento que

significa que eventos extremos ocorrem tanto nos retornos quanto no spread ao mesmo tempo, o que nem sempre é verdade.

O VaR_L proposto por Angelidis & Benos (2005) pode ser calculado de acordo com as seguintes equações:

$$\text{VaR}_L = \text{VaR} + \frac{1}{2}(2(\sqrt{V_t^{\alpha}}(\theta + \kappa) + \phi)) \quad (5)$$

onde V_t^{α} corresponde ao α ' percentil da distribuição do volume negociado. A equação (5) considera os custos de execução, contemplados através do ajuste pelo *spread* de compra e venda, e também a liquidez endógena, já que ajusta o *spread* ao volume negociado, relacionando o tamanho de uma posição individual à profundidade do mercado.

O risco de liquidez exógena é descrito como o *spread* implícito, enquanto o risco de liquidez endógena é calculado pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Liquidez Endógena} &= (\sqrt{V_t}(\theta + \kappa) + \phi) - (\sqrt{V_{t(\text{médio})}}(\theta + \kappa) + \phi) \text{ se } V_t > V_{t(\text{médio})} \\ &= 0, \text{ caso contrário} \end{aligned}$$

onde $V_{t(\text{médio})}$ corresponde ao volume médio negociado. Em particular, a liquidez endógena só é considerada quando o volume negociado supera o volume médio e é positivamente associada à posição do investidor.

III.2 Metodologia de cálculo do requerimento de capital para risco de mercado

A metodologia desenvolvida pelo Comitê da Basileia para o cálculo do requerimento de capital para risco de mercado é formada tanto por medidas qualitativas como quantitativas. Os marcos quantitativos são expressos através de uma série de parâmetros que devem ser incorporados aos modelos internos, em conjunto com uma regra simples de conversão da medida baseada no modelo interno em requerimento de capital. Os marcos qualitativos foram projetados para garantir que os sistemas de medição dos riscos de bancos e instituições financeiras sejam apropriados e haja integridade no processo de gestão do risco de mercado. A definição dos riscos que serão considerados é necessária, os resultados dos testes de estresse devem ser reportados aos supervisores e o modelo deve ser revisado e validado pelos examinadores e auditores independentes.

Como principais marcos quantitativos, destacam-se o *holding period* de 10 dias, o período mínimo de um ano para a série histórica de variações de preços, volatilidades e correlações, e o intervalo de confiança de 99%.

Além disso, optou-se pela inclusão dos resultados de *backtesting* no cálculo do requerimento de capital, como forma de incentivo para uma contínua revisão e melhoria dos modelos internos. Entretanto, ausência de uma metodologia única de *backtesting* e os sinais imperfeitos são pontos de preocupação.

Adicionalmente, o requerimento de capital deve ser medido de forma contínua, para considerar a alta volatilidade, característica do risco de mercado em relação ao risco de crédito.

O requerimento de capital diário (Capital), recomendado pelo Comitê, é definido como:

$$\text{Capital} = (\max (\text{VaR}_t, \text{VaR}_{\text{médio60}} * (3+k)) + \text{VaR}_{\text{médio60}}) * \sqrt{10} \quad (6)$$

onde:

VaR_t = último VaR diário no nível de confiança de 99%

$\text{VaR}_{\text{médio60}}$ = média dos últimos 60 VaR's diários

k = definido de acordo com o número de excessos de VaR encontrados no *backtesting* dos últimos 250 dias, de acordo com a Tabela 1

Tabela 1 – Regiões de acordo com o número de exceções no *backtesting*, utilizada para calibrar o fator de ajuste utilizado no cálculo do requerimento de capital.

Região	Nº de exceções	Aumento no fator de ajuste
Verde	0	0.00
	1	0.00
	2	0.00
	3	0.00
	4	0.00
Amarela	5	0.40
	6	0.50
	7	0.65
	8	0.75
	9	0.85
Vermelha	10 ou mais	1.00

A escolha do horizonte temporal considerou que, salvo em circunstâncias excepcionais, quanto maior o *holding period*, maior a variação esperada do preço e, conseqüentemente, o risco. A maioria dos modelos internos dos bancos, utilizados para as posições de negociação (*trading*), utiliza um horizonte temporal de um dia para medir as variações potenciais dos preços das posições. Essa abordagem é razoável, já que em condições normais de mercado, é possível supor que o gestor pode ajustar os riscos de sua carteira de um dia a outro. Sob o ponto de vista do regulador e para o cálculo de requerimento de capital, é prudente utilizar um maior *holding period*, refletindo a possibilidade de que os mercados se tornem ilíquidos.

IV. Dados: fonte e natureza

Os dados utilizados fazem parte da base de dados do IBMEC São Paulo cuja fonte é a Bloomberg. Para estimar o modelo foram utilizados dados intradiários para períodos de tempo de até 1 segundo. Foram selecionados os seguintes dados, para o mês de setembro de 2006:

- Dia e hora (*timestamp*) de cada cotação
- Preço de compra (*bid*) e preço de venda (*ask*)
- Volume negociado (quantidade de ações negociadas)
- Tipo de operação: se a operação foi cotada ou realizada

A amostra é composta por oito ações, sendo que somente a metade pertence ao Índice BOVESPA, o mais importante indicador do desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro. As ações integrantes da carteira teórica do Índice BOVESPA respondem por mais de 80% do número de negócios e do volume financeiro verificados no mercado à vista. As empresas emissoras das ações integrantes da carteira teórica do Índice BOVESPA são responsáveis, em média, por aproximadamente 70% do somatório da capitalização bursátil de todas as empresas com ações negociáveis na BOVESPA. A hipótese subjacente a tal escolha é a de que os ativos que pertencem (não pertencem) ao Ibovespa, por serem mais (menos) negociados, apresentam risco de liquidez menor (maior) e, conseqüentemente, um menor (maior) ajuste por liquidez.

As ações escolhidas foram, onde (*) significa que a ação não pertence ao Índice BOVESPA:

- BBDC3* – Bradesco ON
- CPSL3* – Copesul ON
- DURA4* – Duratex PN
- LAME4* – Lojas Americanas PN

- AMBV4 – Ambev PN
- CSNA3 – Companhia Siderúrgica Nacional ON
- TNLP4 – Telemar PN
- USIM5 – Usiminas PN

Para todas as ações, foram eliminadas as operações de abertura e de fechamento. Amihud & Mendelson (1986) argumentam que os preços durante a abertura dos mercados tendem a seguir uma distribuição diferente da do resto do pregão. No caso brasileiro¹, o mercado começa com um leilão pré-abertura e termina com um *call* de fechamento, o que justifica a eliminação das operações tanto de abertura como de fechamento. Também foram excluídos da amostra os *outliers*, as operações cujo preço de compra e de venda estavam zerados, bem como as transações que apresentavam um preço de compra maior que o preço de venda, seguindo o mesmo tratamento de dados realizado no trabalho de Angelidis & Benos (2005). Todas as operações com o mesmo *timestamp* foram agrupadas em uma única transação, critério idêntico ao adotado por Chan (2000). Por último, todas as operações foram classificadas como sendo de compra (*buy oriented*) ou venda (*sell oriented*). Uma transação é classificada como de compra (de venda) se o preço é maior (menor) que a média das cotações de compra e venda anteriores à operação.

O número restrito de ações e o período da análise se devem às dificuldades encontradas no tratamento da base de dados. Mesmo trabalhando somente com um horizonte temporal de um mês, o número de observações para cada ação muitas vezes superou os 50 mil entre as ações selecionadas, chegando a um máximo de 373 mil observações no caso da TNLP4. Uma solução computacional mais robusta se torna fundamental para a análise de um período maior de tempo, bem como para o tratamento de carteiras de ações e até mesmo carteiras compostas por ações e outros ativos.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das ações selecionadas.

¹ Antes do início do pregão da BOVESPA é realizado um leilão pré-abertura para a formação dos preços teóricos de abertura (das 08h45min horas até às 09h00min). Das 09h00min até às 16h00min, todos os ativos em todos os mercados, inclusive o mercado à vista, são negociados continuamente. Das 15h55min às 16h00min acontece o *call* de fechamento para os ativos negociados no mercado à vista e que fazem parte da carteira de qualquer um dos índices da BOVESPA e para as séries de opções de maior liquidez.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das ações selecionadas.

Estatísticas descritivas - Dados para setembro 2006				
	Não pertencem ao Ibovespa			
	BBDC3	CPSL3	DURA4	LAME4
Preço Médio	67.11	28.74	23.32	88.41
Spread Médio	0.0013	0.0016	0.0023	0.0023
Nº cotações	59,559	6,048	30,473	58,048
Nº transações	1,155	467	2,556	3,563
Tempo médio entre transações	00:07:31	00:19:06	00:03:31	00:02:29
Volume Médio	560	931	1,685	797,418
95º Percentil do Volume	1,500	4,600	7,000	2,590,000
99º Percentil do Volume	3,730	7,434	20,000	6,000,000
Curtose	14.74	17.85	20.95	16.10
Assimetria	- 0.37	0.13	- 0.77	- 0.40
	Pertencem ao Ibovespa			
	AMBV4	CSNA3	TNLP4	USIM5
Preço Médio	969.31	62.14	28.14	65.62
Spread Médio	0.0007	0.0004	0.0005	0.0005
Nº cotações	264,840	355,847	373,444	224,655
Nº transações	7,498	10,159	18,615	17,026
Tempo médio entre transações	00:01:04	00:00:47	00:00:26	00:00:24
Volume Médio	77,587	839	1,669	983
95º Percentil do Volume	240,000	2,800	5,000	3,500
99º Percentil do Volume	860,300	5,542	10,400	8,275
Curtose	25.21	21.32	28.61	39.90
Assimetria	- 0.17	- 0.09	0.29	1.28

V. Análise dos resultados

São três os objetivos desta seção. Primeiro, analisamos os componentes do *spread* de compra e venda para as ações negociadas na BOVESPA através da estimação da equação 1, para as oito ações selecionadas. Em seguida, são apresentados os resultados para o VaR ajustado por liquidez. E, finalmente, os resultados encontrados são analisados sob a ótica de cálculo do requerimento de capital por risco de mercado.

V.1 Investigação dos componentes do *spread* de compra e venda

A Tabela 3 apresenta os resultados estimados por GMM para a equação 1 para as ações selecionadas e também o erro padrão correspondente para cada coeficiente. São apresentados também os resultados para o *spread* implícito médio e a proporção do *spread* explicada por informação assimétrica (γ), definido por:

$$\gamma = (\theta \sqrt{V_{t(\text{médio})}}) / (\theta \sqrt{V_{t(\text{médio})}} + \kappa \sqrt{V_{t(\text{médio})}} + \phi)$$

Tabela 3 - Resultados estimados por GMM da equação 1 para as ações negociadas na BOVESPA.

Resultados GMM ⁽¹⁾				
$P_t - P_{t-1} = \alpha + \beta V_t (X_t - X_{t-1}) + \gamma (X_t - X_{t-1}) + \delta (X_t V_t - X_{t-1} V_{t-1}) + \epsilon_t$				
	Não pertencem ao Ibovespa			
	BBDC3	CPSL3	DURA4	LAME4
?	0.36219 ^(*)	0.3004 ^(*)	0.24929 ^(*)	0.26394 ^(*)
Erro Padrão	0.033882	0.046235	0.022552	0.020257
?	0.00000813 ^(**)	-0.00000072	0.00000135	0.00000012
Erro Padrão	3.84E-06	3.60E-06	2.02E-06	8.52E-08
?	-0.00000934 ^(**)	-0.000011 ^(**)	-0.00000433 ^(**)	-0.000000453 ^(**)
Erro Padrão	3.52E-06	5.81E-06	1.95E-06	1.13E-07
?	0.000677 ^(*)	0.00113 ^(*)	0.001225 ^(*)	0.001367 ^(*)
Erro Padrão	9.73E-05	0.000251	0.000109	0.000138
Volume Médio	560	931	1,685	797,418
Spread Implícito Médio	0.0013	0.0016	0.0023	0.0023
?	29.67%	-2.89%	5.02%	9.72%
	Pertencem ao Ibovespa			
	AMBV4	CSNA3	TNLP4	USIM5
?	0.37977 ^(*)	0.1646 ^(*)	0.17083 ^(*)	0.18143 ^(*)
Erro Padrão	0.014332	0.010915	0.008436	0.00871
?	0.00000022 ^(**)	0.00000169 ^(**)	0.00000007	0.000000894 ^(**)
Erro Padrão	9.09E-08	9.57E-07	1.60E-07	3.52E-07
?	-0.00000013	0.00000050	-0.000000591 ^(**)	-0.00000114 ^(**)
Erro Padrão	1.57E-07	1.01E-06	2.97E-07	5.88E-07
?	0.000313 ^(*)	0.000146 ^(*)	0.000282 ^(*)	0.000284 ^(*)
Erro Padrão	4.37E-05	3.49E-05	1.75E-05	2.02E-05
Volume Médio	77,587	839	1,669	983
Spread Implícito Médio	0.0007	0.0004	0.0005	0.0005
?	18.05%	23.38%	1.05%	10.15%

NOTAS:
⁽¹⁾ Dados para setembro 2006.
^(*) Estatisticamente significativo a 99%.
^(**) Estatisticamente significativo a 95%.
^(***) Estatisticamente significativo a 90%.

Podemos observar que o coeficiente de autocorrelação de primeira ordem do *trade indicator* (ρ) e o coeficiente de custo por ação do formador de preços (*market maker*) para fornecer liquidez sob demanda (ϕ) são significativos para todas as ações. O mesmo não

ocorre com θ e κ , coeficientes que dependem do volume negociado, o que sugere que a direção da operação (*trade direction*) tem mais poder explicativo que o volume negociado. Segundo Madhavan et al. (1997), esses resultados são apoiados pela negociação das operações em bloco (*large-block trades*) nos mercados de balcão (*upstairs markets*) e pelo anonimato das contrapartes das operações de *traders* informados no mercado à vista. As transações em blocos (*large-block trades*) nos mercado de balcão (*upstairs markets*) permitem que corretores e intermediários encontrem compradores e amenizem o impacto no preço da negociação. Contrapartes anônimas permitem que uma grande operação de um *trader* informado seja realizada através de varias transações menores.

O sinal negativo de κ indica a existência de economias de escala na negociação de quase todas as ações, com exceção de CSNA3, onde κ é positivo, mas não significativo. O coeficiente de informação assimétrica (θ), que mede o impacto permanente da chegada de novas ordens ao mercado, só é significativo em 50% dos casos.

As ações que não pertencem ao Ibovespa apresentam *spread* implícito médio superior aos apresentados para as ações que pertencem ao Índice. A proporção do *spread* explicada por informação assimétrica (γ) é superior a 20% somente para as ações de Bradesco ON (BBDC3) e Companhia Siderúrgica Nacional ON (CSNA3).

V.2 Valor em risco ajustado por liquidez (VaR_L)

De acordo com a equação 4, podemos decompor o risco total em risco de preço (VaR) e risco de liquidez ($\frac{1}{2}(\text{Spread} + \alpha\sigma_{\text{Spread}})$). Adicionalmente, foram calculados os valores de VaR_L para 99% e 95%. O componente de liquidez representa o custo incremental de oportunidade no ajuste com liquidez, uma medida indireta do custo de liquidez inferior. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados para o VaR_L a 99% e a 95%.

Painel A - 99% VaR _L				
Não pertencem ao Ibovespa				
	BBDC3	CPSL3	DURA4	LAME4
Componente de preço	0.91%	1.04%	1.04%	1.01%
Componente de liquidez	0.07%	0.10%	0.12%	0.13%
VaR _L	0.97%	1.14%	1.16%	1.13%
% Componente de liquidez	6.84%	8.86%	10.33%	11.13%
Pertencem ao Ibovespa				
	AMBV4	CSNA3	TNLP4	USIM5
Componente de preço	0.40%	0.34%	0.30%	0.27%
Componente de liquidez	0.03%	0.02%	0.03%	0.03%
VaR _L	0.43%	0.36%	0.33%	0.30%
% Componente de liquidez	7.43%	4.66%	8.50%	9.30%
Painel B - 95% VaR _L				
Não pertencem ao Ibovespa				
	BBDC3	CPSL3	DURA4	LAME4
Componente de preço	0.34%	0.35%	0.44%	0.47%
Componente de liquidez	0.07%	0.10%	0.12%	0.12%
VaR _L	0.41%	0.45%	0.56%	0.59%
% Componente de liquidez	17.07%	22.22%	21.43%	20.34%
Pertencem ao Ibovespa				
	AMBV4	CSNA3	TNLP4	USIM5
Componente de preço	0.19%	0.17%	0.17%	0.14%
Componente de liquidez	0.03%	0.02%	0.03%	0.03%
VaR _L	0.22%	0.19%	0.20%	0.17%
% Componente de liquidez	13.64%	10.53%	15.00%	17.65%

Para o nível de confiança mais alto (Painel A - VaR_L a 99%), o componente de liquidez representa, em média, 9,3% do risco de mercado total para as ações que não pertencem ao Ibovespa, contra 7,5% para as ações que pertencem ao Índice. Ou seja, o componente de liquidez é relevante em todos os casos.

Para o VaR_L a 95%, a importância do componente de liquidez aumenta, pela redução do efeito do componente de preço. O risco de *spread*, apesar de não dominar o risco de preço, é ainda mais importante neste caso. Apesar de as ações que não pertencem ao Ibovespa apresentarem ajustes por liquidez mais altos que as ações que não pertencem ao Índice, os resultados indicam que em ambos os casos o componente de liquidez é importante. Ignorar o componente de liquidez subestima o VaR em 20,2%, em média, no caso das ações

que não pertencem ao Ibovespa e em 14,2%, em média, no caso das ações que pertencem ao Índice.

V.3 Impactos da utilização do VaR_L no cálculo do requerimento de capital por risco de mercado

A equação (6) apresenta a fórmula de cálculo do requerimento de capital por risco de mercado (Capital), recomendado pelo Comitê da Basileia.

$$\text{Capital} = (\max (\text{VaR}_t, \text{VaR}_{\text{médio60}}*(3+k)) + \text{VaR}_{\text{médio60}})*\sqrt{10} \quad (6)$$

A utilização do VaR ajustado por liquidez produziria os seguintes efeitos:

- Aumento do último VaR reportado (VaR_t)
- Aumento do VaR médio dos últimos 60 dias ($\text{VaR}_{\text{médio60}}$)

Se considerarmos os resultados apresentados na seção anterior, temos que o valor máximo do componente de liquidez para o VaR_L a 99% atinge 11,1%, ou seja, a utilização do modelo proposto aumentaria o capital requerido. Por outro lado, os resultados encontrados indicam que o *holding period* de 10 dias como forma de ajuste de liquidez recomendado pelo Bank of International Settlements (BIS) parece muito conservador. A possibilidade de revisão do *holding period* para bancos e instituições financeiras que incorporem de forma adequada o risco de liquidez no cálculo do VaR seria um ótimo incentivo para o aprimoramento dos modelos internos nesta direção.

VI. Conclusão

O presente trabalho replica a metodologia de VaR ajustado por liquidez baseado nos componentes do *spread* de compra e venda, proposta por Angelidis & Benos (2005), para o mercado de ações brasileiro. Foram utilizados dados de alta frequência para oito ações negociadas na BOVESPA, sendo que somente metade tem participação no Índice BOVESPA. O período analisado abrange o mês de setembro de 2006.

Os componentes do *spread* de compra e venda são analisados e os resultados apontam para a superioridade de medidas relacionadas à direção da operação (*trade direction*), em relação a medidas baseadas no volume negociado. Esses resultados são apoiados pela negociação das operações em bloco (*large-block trades*) nos mercados de balcão (*upstairs markets*) e pelo anonimato das contrapartes das operações de *traders* informados no mercado à vista.

O risco total é decomposto em risco de preço (VaR) e risco de liquidez ($\frac{1}{2}(\text{Spread} + \alpha\sigma_{\text{Spread}})$) e calculam-se os valores de VaR_L a 99% e a 95% de confiança. O componente de liquidez representa o custo incremental de oportunidade no ajuste com liquidez, uma medida indireta do custo de liquidez inferior. Para o nível de confiança superior, representa até 11,13% do risco total e para 95%, atinge um máximo de 22,22% do risco total. O risco de *spread*, apesar de não dominar o risco de preço, é ainda mais importante neste caso. Apesar de as ações que não pertencem ao Ibovespa apresentarem ajustes maiores por liquidez que as ações que não pertencem ao Índice, os resultados mostram que em ambos os casos o componente de liquidez é importante.

Finalmente, foi realizada uma discussão teórica sobre os efeitos da utilização do modelo apresentado no cálculo do requerimento de capital por risco de mercado. O Comitê da Basileia procura incentivar bancos e instituições financeiras a aprimorar os seus modelos internos de forma contínua. Os resultados encontrados indicam que o *holding period* de 10 dias como forma de ajuste de liquidez recomendado pelo *Bank of International Settlements* (BIS) parece muito conservador. A possibilidade de revisão do *holding period* para bancos e instituições financeiras que incorporem de forma adequada o risco de liquidez no cálculo do VaR seria um ótimo incentivo para o aprimoramento dos modelos internos nesta direção.

O grande desafio consiste na dificuldade de obtenção das informações necessárias, no tratamento de bases de dados com volumes elevados e na extensão do modelo para carteiras de ativos que incluam também derivativos.

Referências bibliográficas

AITKEN, Michael; COMERTON-FORDE, Carole. “How should liquidity be measured?” Pacific-Basin Finance Journal, Vol. 11, Issue 1, pp. 45-59, 2003.

ALMGREN, Robert; CHRISS, Neil, “Optimal Execution of Portfolio Transactions”. The University of Chicago, Department of Mathematics, Documento de Trabalho, 1999.

AMIHUD, Yakov; MENDELSON, Haim. “Trading Mechanisms and Stock Returns: An Empirical Investigation”. The Journal of Finance, Vol. 42, No. 3, Papers and Proceedings of the Forty-Fifth Annual Meeting of the American Association, New Orleans, Louisiana, pp. 533-553, 1986.

ANGELIDIS, Timotheos; BENOS, Alexandros. “Liquidity Adjusted Value-at-Risk based on the components of the bid-ask spread”. University of Piraeus, 2005.

BAGEHOT, W. “The only game in town”, Financial Analysts Journal M-A, pp. 12-14, 1971.

BAKER, M.; STEIN, J.C., “Market liquidity as a sentiment indicator”. Discussion Paper Number 1977 Harvard Institute of Economic Research, 2002.

BANGIA, Anil; DIEBOLD, Francis X.; SCHUERMANN, Til; STROUGHAIR, John D. “Modeling Liquidity Risk, With Implications for Traditional Market Risk Measurement and Management”. University of Pennsylvania, The Wharton Financial Institutions Center, Documento de Trabalho, 1998.

Basel Committee on Banking Supervision. “An Internal Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements”, 1995. “International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards”, A Revised Framework, Anexo 10a, pp. 310-321, 2006.

BERTSIMAS, D.; LO, A.W., “Optimal Control of Liquidation Costs”. Journal of Financial Markets, Vol. 1, pp. 1-50, 1998.

BETETO, Danilo Lopomo; SANVICENTE, Antonio Zoratto, “Gestão do risco de liquidez em carteiras de ações”. Monografia (Bacharelado em Administração de Empresas), Universidade de São Paulo, pp. 1-53, 2002.

BRENNAN, M.J.; SUBRAHMANYAM, A., "Market microstructure and asset pricing: On the compensation for illiquidity in stock returns", *Journal of Financial Economics*, Vol. 41, pp. 441-464, 1996.

CHAN, Y.-C., "The price impact of trading on the stock exchange of Hong Kong", *Journal of Financial Markets*, Vol. 3, pp. 1-16, 2000.

CHENG, M.; MADHAVAN, A., "In search of Liquidity: Block Trades in the Upstairs and Downstairs Markets". *The Review of Financial Studies*, Vol. 10, No. 1, pp. 175-203, 1997.

EASLEY, G.; O'HARA, M., "Information and the cost of capital". Johnson Graduate School of Management, Cornell University, Documento de Trabalho, 2000.

EASLEY, G.; HVIDKJAER, S.; O'HARA, M. "Is information risk a determinant of asset returns?" *Journal of Finance*, Vol. 58, No. 5, pp. 2185-2221, 2002.

ELLUL, A., "Ripples Through Markets: Inter-markets Impacts Generated by Large Trades". Kelley School of Business, Indiana University, 2002.

GLOSTEN, L.; HARRIS, L., "Estimating the components of the bid-ask spread". *Journal of Financial Economics*, Vol. 21, pp.123-142, 1988.

HASBROUCK, Joel, "The Summary Informativeness of Stock Trades: An Econometric Analysis". *The Review of Financial Studies*, Vol. 4, No. 3, Symposium on Market Microstructure, 1991, pp. 571-595, Empirical Market Microstructure, OXFORD University Press, 2007.

HISATA, Yoshifumi; YAMAI, Yasuhiro. "Research Toward the Practical Application of Liquidity Risk Evaluation Methods". Bank of Japan, Institute for Monetary and Economic Studies, Documento de Trabalho, 2000.

JARROW, R.A.; SUBRAMANIAN, A., "Mopping up Liquidity". *Risk*, Vol. 10, pp.170-173, 1997.

KEYNES, J.M., *Treatise on Money*. London. Macmillan, 1930.

KRAUS, A.; STOLL, H. R., "Price Impacts of Block Trading on the New York Stock Exchange". *The Journal of Finance*, Vol. 27, No. 3, pp. 569-588, 1972.

LAWRENCE, C.; ROBINSON, G., "Liquidity Measures". *Risk*, Vol. 8, pp.52-55, 1995.

LE SAOUT, Erwan. "Incorporating Liquidity Risk in VaR Models". Paris University, 2002.

MADHAVAN, Ananth; RICHARDSON, Matthew, ROOMANS, Mark. "Why do security prices change? A transaction-level analysis of NYSE Stocks". The Review of Financial Studies, Vol. 10, No. 4, pp.1035-1064, 1997.

McINISH, Thomas H.; WOOD, Robert A. "An analysis of Intraday Patterns in Bid-Ask Spreads for NYSE Stocks". The Journal of Finance, Vol. 47, No. 2, pp. 753-764, 1992.

SHAMROUKH, Nidal. "Modeling Liquidity Risk in VaR Models". Algorithmics UK, Documento de Trabalho, 2000.

VAYANOS, D., "Transactions costs and asset prices: A dynamic equilibrium model", The Review of Financial Studies, Vol. 11, No. 1, pp. 1-58, 1998.

Apêndice 1 Programa EViews

```

coef (1) rho
coef (1) theta
coef (1) phi
coef (1) k
coef (1) alpha

rho(1)=.3
theta(1)=.00016
k(1)=-0.0008
phi(1)=0.008

system sis1
sis1.append x*x1-rho(1)*x(-1)^2
sis1.append deltap-theta(1)*sqrtv*(x-rho(1)*x1)-phi(1)*(x-x1)-
k(1)*(x*sqrtv-x1*sqrtv1)-alpha(1)
sis1.append (deltap-theta(1)*sqrtv*(x-rho(1)*x1)-phi(1)*(x-x1)-
k(1)*(x*sqrtv-x1*sqrtv1)-alpha(1))*x*sqrtv
sis1.append (deltap-theta(1)*sqrtv*(x-rho(1)*x1)-phi(1)*(x-x1)-
k(1)*(x*sqrtv-x1*sqrtv1)-alpha(1))*x1*sqrtv1
sis1.append (deltap-theta(1)*sqrtv*(x-rho(1)*x1)-phi(1)*(x-x1)-
k(1)*(x*sqrtv-x1*sqrtv1)-alpha(1))*sqrtv
sis1.append (deltap-theta(1)*sqrtv*(x-rho(1)*x1)-phi(1)*(x-x1)-
k(1)*(x*sqrtv-x1*sqrtv1)-alpha(1))*sqrtv1
sis1.append inst x x1 sqrtv sqrtv1
sis1.gmm(e)

series impliedspread=2*(sqrtv*(theta(1)+k(1))+phi(1))
series vq=sqrtv^2
scalar thetae=theta(1)
scalar ke=k(1)
scalar phie=phi(1)

scalar valpha=@quantile(vq,.05)
scalar VaR=-@quantile(deltap,.05)
scalar lVaR=VaR+.5*(2*(@sqrt(valpha)*(thetae+ke)+phie))

```