

COPPEAD/UFRJ

RELATÓRIO COPPEAD Nº 315

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE
LIQUIDEZ E GANHOS DE ARBITRAGEM
NO MERCADO DE OPÇÕES DA
TELEBRÁS APÓS O PLANO REAL

Patrícia da Silva Barros^{*}
Eduardo Facó Lemgruber^{**}

Setembro, 1997

^{*} Aluna de Mestrado - COPPEAD/UFRJ
^{**} Professor adjunto - COPPEAD/UFRJ

COPPEAD/UFRJ

RELATÓRIO COPPEAD Nº 315

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE
LIQUIDEZ E GANHOS DE ARBITRAGEM
NO MERCADO DE OPÇÕES DA
TELEBRÁS APÓS O PLANO REAL

Patrícia da Silva Barros^{*}
Eduardo Facó Lemgruber^{**}

Setembro, 1997

^{*} Aluna de Mestrado - COPPEAD/UFRJ

^{**} Professor adjunto - COPPEAD/UFRJ

1 INTRODUÇÃO

Muitos investidores reconhecem a relevância da liquidez dos ativos financeiros em decisões de investimentos, apontando-a como um dos fatores básicos na determinação do fluxo de ordens de compra e/ou venda de um ativo¹. Entretanto, poucos trabalhos têm sido dedicados ao seu estudo quando comparados ao elevado número de pesquisas sobre os temas eficiência, arbitragem, risco e retorno². O presente trabalho é um primeiro passo para o exame mais aprofundado da relação entre liquidez e eficiência do mercado brasileiro de opções.

A existência de um mercado eficiente implica na impossibilidade de conseguir-se lucros econômicos sistemáticos com a realização de negócios neste mercado. Entretanto, diversos trabalhos na literatura acadêmica apresentam testes de eficiência que resultaram em lucros excessivos para algumas das estratégias de investimento adotadas.³ O presente estudo, utiliza uma das estratégias com opções apresentadas no trabalho de BECKER; LEMGRUBER (1989), para a aferição de possíveis ganhos de arbitragem com a realização de negócios no mercado brasileiro de opções, no período após o Plano Real. Busca-se também, verificar a existência de uma relação entre os resultados dos negócios com opções e o grau de liquidez das mesmas, pois se uma opção de compra possui elevada participação relativa no mercado, mais fácil deve ser a absorção de novas ordens de compra ou venda sem que haja alteração expressiva em seu preço, quando comparada a outra de menor participação. Uma opção mais líquida deve atrair um número muito maior de investidores, tornando menores as chances da opção em estar sub ou superavaliada. Assim, pode-se supor que, quanto maior for a liquidez de uma opção, mais justo será o seu preço, e conseqüentemente, menores serão as chances de obtenção de ganhos de arbitragem com a sua negociação.

Este trabalho procura confirmar a hipótese de que *quanto maiores os ganhos de arbitragem, menor o grau de liquidez da opção de compra*. Embora a constatação de maiores ganhos de arbitragem com opções menos líquidas possa parecer a princípio intuitiva, a confirmação da hipótese em estudo seria contrária à teoria de eficiência de mercado, uma vez que ganhos excessivos, resultantes de negócios com opções pouco líquidas, poderiam ser obtidos. Para que o mercado seja considerado eficiente, a obtenção de lucros/perdas com as opções deveria ser totalmente independente do grau de liquidez das mesmas.

¹ Veja BRITO (1989).

² Veja, por exemplo, os trabalhos de FAMA; FRENCH (1992) e STEPHAN; WHALEY (1990) para o mercado americano de ações e opções, respectivamente. Para uma análise do mercado brasileiro de opções veja BECKER; LEMGRUBER (1989).

³ Veja, por exemplo, HAUGEN (1995) e SHARPE; CAPAUL; ROWLEY (1993).

Utiliza-se como objeto da análise, todas as opções de compra da Telebrás negociadas após a implantação do Plano Real, e com o objetivo de aferir o grau de liquidez das opções. São utilizados no presente trabalho, indicadores de liquidez baseados na participação no mercado, e índices baseados na volatilidade das cotações. Foram realizadas análises de regressão entre os ganhos médios de arbitragem obtidos com os portfólios construídos e as medidas de liquidez selecionadas.

Os resultados obtidos indicam a possibilidade de obtenção de lucros excessivos para a estratégia de negociação utilizada. Entretanto, quando custos de transação são considerados, os lucros médios entre as séries de opções de cada vencimento desaparecem, permanecendo apenas para algumas séries isoladamente. A inexistência de uma relação sistemática entre os ganhos médios de arbitragem e indicadores de liquidez, indicam a impossibilidade de identificação *ex-ante* das séries de opções mais lucrativas. Os resultados encontrados reforçam a ausência de relação entre os ganhos de arbitragem obtidos e as medidas de liquidez utilizadas.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta uma breve descrição dos indicadores de liquidez aqui utilizados. Na seção 3, discute-se as características dos dados coletados para análise. A seção 4 cobre a metodologia utilizada, descrevendo, detalhadamente, a estratégia de negociação com opções adotadas. A seção 5 apresenta e critica os resultados obtidos; e a seção 6 conclui o estudo.

2 ÍNDICES DE LIQUIDEZ UTILIZADOS

Poucos artigos nacionais buscam formalizar medidas de liquidez capazes de serem utilizadas em nosso mercado. Os indicadores sugeridos na literatura americana procuram medir a liquidez através da relação entre volume negociado e tamanho do *bid-ask spread*,⁴ sendo portanto, inaplicáveis a mercados onde a figura do *market maker* é inexistente. Por esta razão, são utilizados no presente trabalho os sete indicadores de liquidez encontrados em nossa literatura, apresentados nos trabalhos de MEDEIROS (1989), SANVICENTE (1995) e BRITO (1989). Esta seção segue apresentando breve crítica às medidas de liquidez aqui utilizadas, que podem ser divididas em dois grandes grupos: indicadores de participação no mercado e medidas de volatilidade das cotações.

⁴ Veja, por exemplo, GEORGE; LONGSTAFF (1993)

2.1 Índices de Liquidez baseados na Participação no Mercado

MEDEIROS (1989) afirma a validade da suposição de que, quanto maior a participação de um ativo no mercado, mais fácil deverá ser a absorção de uma nova ordem emitida, de forma rápida e sem influência expressiva no seu preço. Utiliza-se, no presente trabalho, três indicadores de liquidez baseados em participação no mercado, dois dos quais foram usados no trabalho de MEDEIROS (1989) e o terceiro é o índice usado na metodologia de avaliação da liquidez de ações do índice BOVESPA.⁵

2.1.1 Participação no número de negócios

$$\text{Índice 1} = \frac{N_i}{\sum_i N_i}, \quad (1)$$

onde, N_i é o número de negócios realizados com o título i .

Este índice refere-se ao número relativo de negócios, ou seja, a participação percentual do título no total de negócios realizados. Como a liquidez considera implicitamente o conceito de participação no mercado, deve existir uma relação direta entre o valor deste indicador e o grau de liquidez do papel. Uma crítica comum a este índice é encontrada no estudo de MEDEIROS (1989), onde é ressaltado que um pequeno número de negócios realizados com um ativo pode não refletir a falta de interesse no papel, mas sim concordância quanto ao seu valor.

2.1.2 Participação no volume negociado

$$\text{Índice 2} = \frac{V_i}{\sum_i V_i}, \quad (2)$$

onde, V_i é o volume monetário de negócios realizados com o título i .

O segundo índice aqui utilizado procura medir a participação no mercado através do volume monetário negociado com o título i em relação ao volume total negociado. Da mesma forma que para o índice anterior, deve existir uma relação direta entre este indicador e o grau de liquidez do título. A crítica a este índice reside no fato de que, em alguns casos, o mesmo

⁵ LEITE; SANVICENTE (1995)

pode gerar uma “falsa” impressão de participação no mercado, decorrente de alta participação percentual no volume monetário negociado, alcançada com a realização de poucos negócios.

2.1.3 Negociabilidade

$$\text{Índice 3} = \sqrt{\frac{N_i}{\sum I N_i} \times \frac{V_i}{\sum I V_i} \times R}, \quad (3)$$

Onde, as definições de N_i e V_i já foram apresentadas e R significa presença relativa da opção do mercado no período de análise, ou seja, se o título apareceu, por exemplo, em três pregões na semana, mesmo com baixo nível de liquidez, R seria igual a 3/5.

Este terceiro indicador para medição do grau de liquidez é o mesmo utilizado na metodologia de construção e manutenção do índice BOVESPA, e consiste de uma média geométrica das participações percentuais do título no mercado, em termos de volume monetário e número de negócios, ponderada pela presença relativa. SANVICENTE (1995), ressalta a adequabilidade da média geométrica utilizada para medição da liquidez, pois, à medida em que os dois indicadores se afastam, há uma queda no resultado. Dessa forma, a “falsa” participação no mercado, decorrente de elevado percentual no volume negociado, alcançada com a realização de poucos negócios, será indicada por esta medida através de um baixo índice de liquidez.

2.2 Índices de Liquidez baseados na Volatilidade

BRITO (1989), enfatiza que um indicador de liquidez deveria considerar as oscilações de preço do ativo, induzidas pelas colocações de novas ordens. Indicadores baseados na volatilidade das cotações podem ser obtidos através da diferença entre o maior e o menor preço do dia, padronizada por uma das dimensões de preço do ativo estudado. Quanto maior a amplitude relativa, maior será a volatilidade. Portanto, deve existir uma relação inversa entre estes índices e o grau de liquidez do título. A seguir, apresentam-se os indicadores baseados na amplitude relativa de preços aqui utilizados:

$$\text{Índice 4} = \frac{P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}}{P_{\text{MED}}}, \quad (4)$$

onde, P_{MAX} , P_{MIN} e P_{MED} são, respectivamente, os preços máximo, mínimo e médio negociados para o ativo.

$$\text{Índice 5} = \frac{P_{\text{MAX}} - P_{\text{MIN}}}{\left(\frac{P_{\text{MAX}} + P_{\text{MIN}}}{2}\right)}, \quad (5)$$

$$\text{Índice 6} = \frac{|P_{\text{FECH.1}} - P_{\text{FECH.0}}|}{\left(\frac{P_{\text{FECH.1}} + P_{\text{FECH.0}}}{2}\right)}, \quad (6)$$

onde, $P_{\text{FECH.1}}$ e $P_{\text{FECH.0}}$ são, respectivamente, os preços de fechamento no dia 1 e no dia imediatamente anterior⁶.

$$\text{Índice 7} = \frac{|P_{\text{ABER.}} - P_{\text{FECH.}}|}{\left(\frac{P_{\text{ABER.}} + P_{\text{FECH.}}}{2}\right)}, \quad (7)$$

onde, $P_{\text{ABER.}}$ é o preço de abertura do título no pregão.

MEDEIROS (1989), ressalta que os indicadores 4, 5 e 7, baseados na amplitude relativa de preços, não são adequados no caso do título apresentar apenas um negócio realizado no pregão, porque os indicadores resultariam no valor zero, indicativo de alto grau de liquidez, quando na verdade o título possui liquidez muito baixa.

No presente trabalho, todos os indicadores apresentados foram calculados diariamente para cada opção de compra incluída na amostra.

3 CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

A amostra inicial constituiu-se de séries de opções de compra, com base nas ações da empresa Telebrás, cotadas na Bolsa de Valores de São Paulo, para o período de julho de 1994 (implantação do Plano Real) a dezembro de 1996, totalizando 14 vencimentos. Esta escolha

⁶ O leitor deve observar que o indicador 6 não parece tão adequado se aplicado às opções de compra. Isto se deve ao fato de que este indicador toma como parâmetros preços de fechamento, ou seja, cotações ocorridas em datas distintas. Como as opções se desvalorizam à medida em que o vencimento se aproxima (mantidas todas as demais variáveis constantes), o indicador citado poderia capturar oscilações de preços naturais, decorrentes de uma maior proximidade do vencimento e não a uma modificação do grau de liquidez da opção.

foi realizada em virtude de serem as únicas séries de opções disponíveis para todo o período analisado.

Com a finalidade de serem calculados os indicadores de liquidez descritos na seção anterior, foram coletados todos os preços diários negociados para cada opção, isto é, de abertura, fechamento, máximo, mínimo e médio. Além disso, foram obtidos o número de negócios e o volume negociado em reais por dia para cada opção e para o total de opções de compra.

Para que uma série de opções de compra fosse incluída na amostra inicial, foi necessário que a mesma apresentasse ao menos um dia de negociação durante os 29 dias úteis anteriores ao seu vencimento. Foram descartadas nessa fase, algumas opções que apresentavam dados incorretos. O número de séries de opções de compra incluídas nas amostras inicial e final por vencimento é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Número Total de Séries de Opções Incluídas nas Amostras Inicial e Final, por Data de Vencimento.

Vencimento	# de séries incluídas na amostra inicial	# de séries constituintes da amostra final
Outubro/94	10	7
Dezembro/94	12	8
Fevereiro/95	8	6
Abril/95	11	5
Junho/95	7	6
Agosto/95	10	7
Outubro/95	8	6
Dezembro/95	7	6
Fevereiro/96	8	6
Abril/96	8	7
Junho/96	8	7
Agosto/96	12	11
Outubro/96	10	9
Dezembro/96	9	7
Número total de séries de opções incluídas na amostra final.		98

A amostra inicial constituiu-se de 128 séries de opções, sendo reduzidas a um total de 98 séries, de acordo com as seguintes restrições: Primeiro era necessário que uma série de opções apresentasse ao menos um dia de negociação com volume transacionado superior a R\$100 mil durante os 29 dias anteriores ao seu vencimento. Segundo, optou-se também pelo

estabelecimento de um limite mínimo de números de negócios para que ocorresse a montagem de um portfólio. Esse limite inferior foi estabelecido em 5 negócios.

Também fizeram parte da amostra, séries de taxa de juro de CDI pré-fixado de 30 dias over. Estas séries foram obtidas diretamente da ANDIMA.

4 METODOLOGIA

Com o objetivo de verificar a existência de uma relação entre a liquidez e a obtenção de ganhos de arbitragem, com opções de compra transacionadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA), foram realizados testes para vencimentos de opções ocorridos após a implantação do Plano Real. Cada um dos períodos analisados compreende os 29 dias úteis anteriores a cada data de vencimento das opções na Bolsa.

MESCOLIN et al. (1996), analisando apenas dois vencimentos sucessivos de opções da Telebrás, sugere a existência de uma forte relação entre liquidez e arbitragem. Os autores optaram pela exclusão de opções com pouca liquidez do seu banco de dados. Apenas três séries de opções foram utilizadas em cada um dos vencimentos. Com o objetivo de retirar possíveis tendenciosidades dos resultados, o presente trabalho selecionou todas as opções de compra da Telebrás negociadas e não apenas aquelas que deram exercício. Além disso, aumentou-se o número de períodos analisados para 14 vencimentos sucessivos.

Busca-se confirmar a hipótese central de que *quanto maior a liquidez de uma opção, menores as possibilidades de ganhos com operações de arbitragem*. Para tanto, em cada um dos vencimentos analisados foram construídos portfólios com as opções de compra, e no vencimento de cada opção apurou-se o ganho/perda de arbitragem decorrente das negociações. A metodologia de montagem e manutenção desses portfólios encontra-se descrita na próxima seção. Paralelamente, foram calculados os sete indicadores de liquidez selecionados, e, posteriormente, construíram-se regressões entre os ganhos de arbitragem apurados e a média de cada indicador de liquidez .

4.1 Construção e Manutenção dos Portfólios

O primeiro passo do trabalho consistiu na avaliação das possibilidades de ganhos de arbitragem com cada uma das opções nos períodos selecionados. A estratégia de negociação

empregada na busca de oportunidades de ganhos consistiu na montagem de portfólios *hedgiados*, compostos de opções de compra (C) e de ativos objetos (S). Tais portfólios foram montados de forma a possuírem uma única opção de compra. De acordo com a taxa de *hedge*, Δ foram compradas ou vendidas ações-objeto, dependendo se a posição original em opções era de venda ou de compra⁷.

Para cada uma das séries de opções, checkou-se no 29º dia útil anterior ao vencimento se a opção apresentava volume negociado igual ou superior a R\$100 mil e número de negócios igual ou maior que 5. Caso ambas as condições descritas fossem satisfeitas, comparou-se o preço de fechamento realizado para a opção com o valor da *call* previsto pelo modelo BLACK; SCHOLES (1973)⁸. Assim, o primeiro portfólio era montado e apresentava posição comprada ou vendida na opção de compra, caso o preço de mercado estivesse abaixo ou acima do previsto pelo modelo, respectivamente.

Para cada um dos dias subsequentes ($t = 28$ a $t = 1$) os portfólios já abertos eram ajustados de acordo com a taxa de *hedge* Δ , e um novo portfólio era formado. Vale ressaltar que assumiu-se que todas as dívidas ou aplicações financeiras poderiam ser incorridas à taxa de juro livre de risco, e não foram considerados inicialmente custos de transação. Desta forma, todos os portfólios foram mantidos até o dia do vencimento, quando então foram revertidas as suas posições e apurados os ganhos ou perdas decorrentes da estratégia de negociação escolhida.

4.2 Estimação da Volatilidade e dos demais Parâmetros para uso do Modelo de BLACK; SCHOLES

Para a obtenção do valor da *call*, de acordo com o modelo de BLACK; SCHOLES (1973), quatro dos parâmetros necessários ao seu cálculo podem ser obtidos diretamente de observações no mercado, a saber: o preço cotado para o ativo objeto, o tempo para o

⁷ Como ressaltado no trabalho de BECKER; LEMGRUBER (1989), a realização dessa estratégia não implica em posição completamente neutra, em virtude dos portfólios serem ajustados pela taxa de *hedge* apenas uma vez por dia e não a cada mudança de preços.

⁸ O modelo de BLACK; SCHOLES (1973) baseia-se na hipótese de que a volatilidade do ativo objeto e a taxa de juro são constantes o que não é real. Entretanto, devido ao bom ajuste do modelo para a maior parte das opções negociadas e a facilidade de sua utilização, optamos por adotá-lo. Como enfatizado no trabalho de HULL (1997), apesar de algumas imperfeições já verificadas, nenhum outro modelo de avaliação de opções apresentou performance superior que justificasse a preferência por sua utilização em lugar do modelo de BLACK; SCHOLES (1973).

vencimento da opção, o preço de exercício da opção e a taxa de juro de mercado livre de risco, para a qual utilizou-se a taxa de CDI pré-fixado 30 dias over. Assim, o único parâmetro que não pode ser observado diretamente é a volatilidade do ativo objeto. Com a finalidade de calcular uma estimativa para o parâmetro volatilidade, poderíamos calcular o desvio padrão histórico dos retornos, ou então obter o valor da volatilidade refletida no preço da opção de compra, conhecida como volatilidade implícita (ISD). A volatilidade implícita é interpretada como sendo a estimativa de mercado para a volatilidade real do ativo objeto e, como a fórmula de BLACK; SCHOLES (1973) não pode ser invertida analiticamente, seu valor deve ser calculado numericamente.

Neste trabalho, foram utilizados os dois métodos de estimação da volatilidade do ativo objeto acima descritos com o objetivo de comparação de resultados. Primeiramente, optou-se por estimar a volatilidade do ativo objeto historicamente pela série de retornos do ativo, através de uma simples média móvel de 30 dias. Assim, para cada dia t , calculou-se o desvio padrão da série histórica dos retornos do ativo de $t-30$ a $t-1$ e esse valor foi então anualizado e utilizado como parâmetro no modelo de BLACK; SCHOLES (1973). Em uma análise posterior, a volatilidade do ativo objeto também foi estimada através do cálculo das volatilidades implícitas nos preços das opções.

No presente estudo, as volatilidades implícitas foram calculadas através de método iterativo e, como em nossa análise foram utilizadas opções com preços de exercício distintos, diferentes ISDs foram obtidos. Como é sabido, existe apenas uma única volatilidade implícita verdadeira para o ativo objeto, diversos trabalhos na literatura acadêmica sugerem o cálculo das volatilidades implícitas para cada opção e em seguida a utilização de uma média ponderada adequada desses valores para a obtenção de um único estimador da volatilidade futura.⁹ Com a finalidade de fornecer os maiores pesos às opções *mais em-cima-do-dinheiro*, o esquema aqui utilizado pondera todas as opções de acordo com o número de negócios realizados com cada opção, sendo portanto um percentual do total de negócios das séries de opções negociadas em cada dia. Este esquema de ponderação foi utilizado por DAY; LEWIS (1988) e, segundo os mesmos, dá os maiores pesos às opções mais sensíveis a volatilidade do ativo objeto além de minimizar os efeitos de “ruído”, que muitas vezes afetam as volatilidades implícitas decorrentes de *assincronismo nas negociações* e tamanho do *bid-ask spread*. A fórmula de ponderação utilizada para estimar a volatilidade em cada dia t está descrita a seguir:

⁹ Diversos esquemas de ponderação podem ser encontrados nos trabalhos de LATANÉ; RENDLEMAN (1976), BECKERS (1981), GEMMILL (1986) e SCOTT; TUCKER (1989).

$$\hat{\sigma}_t = \frac{\sum_{i=1}^n w_i ISD_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (8)$$

onde $\hat{\sigma}_t$ é a volatilidade estimada para o ativo objeto no dia t , w_i é o número de negócios realizado com a opção i , ISD_i é a volatilidade implícita da opção de compra i , e n é o número de séries de opções negociadas na data t .

A volatilidade implícita ponderada de cada dia foi utilizada como *input* da volatilidade do dia seguinte, para o cálculo do valor da opção de compra segundo o modelo BLACK; SCHOLES (1973). Uma vez obtido o valor previsto, o preço de mercado da opção podia então ser comparado ao fornecido pelo modelo.

5 RESULTADOS

5.1 Apuração dos ganhos de arbitragem

Utilizam-se as datas de exercício das opções para aferição dos ganhos de arbitragem obtidos com a estratégia de negociação *delta hedge*. Na data do vencimento, computa-se o valor do portfólio juntamente com as aplicações/dívidas incorridas durante o período de negociação, apurando-se o ganho ou perda decorrente das oportunidades de arbitragem¹⁰.

A Tabela 2 apresenta os ganhos médios de arbitragem obtidos em cada um dos 14 vencimentos analisados. Para cada série de opções foram construídos no máximo 29 portfólios, ou seja, os portfólios foram montados do dia $t = 29$ até a véspera do vencimento de cada série. A segunda e a terceira colunas apresentam os ganhos/perdas médios com operações de arbitragem para os dois métodos de estimação da volatilidade aqui utilizados: volatilidade implícita ponderada e volatilidade histórica. Os ganhos de arbitragem de cada um

¹⁰ É importante ressaltar-se, que a BOVESPA encerra as negociações das opções no vencimento antes das referentes ao ativo (neste caso a ação TEL4). Assim, como os dados e estatísticas disponíveis para o ativo-objeto referem-se a todo o pregão, eventualmente observam-se situações incoerentes nas informações disponibilizadas para as datas de exercício, como opções teoricamente sem valor com cotações positivas, inexistindo qualquer consenso sobre a melhor técnica. No vencimento, então, optou-se por calcular o valor da *call* através da expressão $\max(0, S-K)$, ou seja, o máximo entre zero e a diferença entre o preço de fechamento do ativo objeto e o preço de exercício da opção.

dos portfólios foram normalizados pelo preço da opção no dia da montagem do portfólio.¹¹ A quarta coluna apresenta o número médio de portfólios construídos por série de opções em cada vencimento.

Tabela 2: Ganhos/ perdas médios normalizados obtidos com operações de arbitragem em cada um dos 14 vencimentos analisados utilizando-se dois métodos de estimação da volatilidade: volatilidade implícita ponderada pelo número de negócios e volatilidade histórica. A tabela apresenta ainda o número médio de portfólios construídos por série de opções incluídas na amostra em cada vencimento.

Vencimento	Ganho/perda médios normalizados com operações de arbitragem		# média de port. montados por série de opções
	c/ Vol. Imp. Pond.	c/ Vol. Histórica	
Outubro/94	0.380	0.291	16.4
Dezembro/94	0.841	0.462	16.9
Fevereiro/95	0.623	1.267	17.0
Abril/95	0.688	0.016	21.4
Junho/95	0.477	0.256	18.0
Agosto/95	0.237	0.523	15.9
Outubro/95	0.130	0.323	19.7
Dezembro/95	0.527	0.494	20.5
Fevereiro/96	-0.074	0.409	20.8
Abril/96	-0.055	0.404	17.9
Junho/96	-0.094	0.083	22.4
Agosto/96	0.425	0.639	19.1
Outubro/96	0.261	0.357	18.0
Dezembro/96	0.114	0.436	18.9

Como pode ser observado na tabela anterior, alterando-se o parâmetro volatilidade, modificam-se os ganhos de arbitragem obtidos. As estratégias baseadas na volatilidade histórica apresentaram ganhos médios superiores aos obtidos com o uso da volatilidade implícita em 9 dos 14 vencimentos analisados, sendo que esta última apresentou 3 vencimentos sucessivos com resultados negativos. Uma análise adicional mostrou que a utilização da volatilidade implícita ponderada pelo número de negócios ocasionou um número maior de prejuízos nas séries de opções mais *fora-do-dinheiro*. Já a volatilidade histórica de 30 dias ocasionou em alguns vencimentos prejuízos nas opções *mais em-cima-do-dinheiro*, prejuízos estes inferiores em magnitude aos observados com a utilização da volatilidade implícita.

¹¹ A metodologia de normalização usada é a mesma apresentada em BECKER; LEMGRUBER (1989), que permite comparar os resultados para portfólios de diferentes valores.

Posteriormente, foi considerada uma taxa uniforme de transação de 1,5% para cada negociação realizada, o que ocasionou o desaparecimento dos ganhos médios de arbitragem apresentados na Tabela 2¹². Embora tais ganhos médios tenham desaparecido para o conjunto de séries de opções em cada vencimento, algumas séries quando analisadas isoladamente continuaram a apresentar ganhos de arbitragem com seus portfólios, estatisticamente significativos ao nível de 1% de significância.

5.2 Análise da Relação entre Arbitragem e Liquidez: Estratégia Ex-Ante de Seleção de Portfólios

Como algumas séries de opções continuaram a apresentar ganhos de arbitragem positivos, mesmo após os custos de transação, passa-se a verificar a possibilidade da escolha de séries lucrativas a partir do conhecimento prévio dos seus indicadores de liquidez. Para tanto, foram utilizadas regressões lineares simples entre a média dos ganhos de arbitragem, obtidos para cada série de opções e os indicadores de liquidez em cada um dos vencimentos selecionados, desconsiderando-se os custos de transação.

Cada um dos indicadores de liquidez foi calculado em um período anterior à data de início das montagens dos portfólios. Dessa forma, os índices de liquidez foram calculados de $t=36$ a $t = 30$ dias úteis anteriores ao vencimento. Os portfólios só começaram a ser montados na data $t = 29$. Assim, a estratégia elaborada buscou verificar se haveria uma maneira *ex-ante* de identificar as séries de opções mais lucrativas, analisando-se os indicadores de liquidez. O ganho de arbitragem final para cada série de opções, utilizado como variável dependente da regressão, foi calculado como sendo a média dos ganhos/perdas obtidos em cada um dos portfólios montados. Por sua vez, os indicadores de liquidez utilizados como variáveis independentes, também foram calculados como uma média dos valores obtidos para essas medidas de $t = 36$ a $t = 30$.

A Tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação obtidos para cada uma das regressões estimadas, com a utilização da volatilidade histórica. Preferiu-se apresentar os coeficientes de correlação, ao invés do coeficiente de determinação R^2 para que o leitor perceba o sinal dos coeficientes angulares das retas estimadas. Cada linha da tabela refere-se a um dos 14 vencimentos analisados. Da segunda à sétima coluna, estão apresentados os

¹² Para uma taxa de transação uniforme de 1%, poucos vencimentos (três, apenas aqueles que proporcionaram os maiores lucros) ainda apresentavam ganhos médios de arbitragem significativamente diferentes de zero ao nível de 1% de significância.

coeficientes de correlação ρ obtidos para as regressões estimadas entre os ganhos médios de arbitragem e a média de cada indicador de liquidez.

Tabela 3: Resultados das Regressões Realizadas: Os portfólios foram construídos até a véspera do vencimento e indicadores calculados em período anterior - estratégia *ex-ante*. A tabela apresenta os coeficientes de correlação encontrados para as regressões entre os ganhos médios de arbitragem com as séries de opções e a média dos indicadores de liquidez. A volatilidade do ativo objeto foi estimada pelo desvio padrão histórico da série de retornos do ativo.

Vencimento	Indicador de Liquidez						
	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 4	Índice 5	Índice 6	Índice 7
Outubro/94	0.151	-0.343	-0.070	0.316	0.321	0.182	0.396
Dezembro/94	-0.038	-0.620	-0.329	0.298	0.318	0.407	0.389
Fevereiro/95	0.362	-0.195	0.163	0.930	0.905	0.516	0.918
Abril/95	-0.741	-0.372	-0.590	0.311	-0.002	0.192	0.457
Junho/95	-0.014	0.204	0.081	-0.279	-0.281	0.204	-0.377
Agosto/95	0.222	-0.252	-0.023	0.497	0.495	0.513	0.626
Outubro/95	0.695	-0.034	0.362	0.946	0.947	0.924	0.542
Dezembro/95	0.423	-0.237	0.208	0.837	0.844	0.762	0.850
Fevereiro/96	-0.413	-0.669	-0.597	0.191	0.202	-0.074	0.132
Abril/96	0.634	0.457	0.634	0.909	0.909	0.873	0.894
Junho/96	0.891	0.566	0.758	0.927	0.926	0.942	0.934
Agosto/96	-0.936	-0.649	-0.892	-0.615	-0.608	-0.655	-0.367
Outubro/96	0.232	-0.475	0.031	0.759	0.752	0.766	0.915
Dezembro/96	0.711	0.248	0.537	0.626	0.651	0.603	0.609

Como pode ser observado, não existe qualquer padrão entre os coeficientes de correlação obtidos, tanto no caso dos indicadores baseados em participação no mercado, índices 1 a 3, quanto nos índices baseados na volatilidade, nem nenhuma superioridade aparente entre os indicadores de liquidez. Embora em alguns vencimentos tais coeficientes indicassem alto grau de dependência entre os ganhos de arbitragem e grau de liquidez, em vencimentos subseqüentes o resultado obtido foi o oposto.

Em uma análise posterior, procura-se verificar se os resultados se alteravam ao modificar o método de estimação do parâmetro volatilidade, utilizando-se, para tanto, a volatilidade implícita ponderada pelo número de negócios¹³. Vale ressaltar que em

¹³ Como em nossa análise, foram utilizadas várias séries de opções com diferentes preços de exercício em cada vencimento, diversas volatilidades implícitas foram obtidas. Com o passar do tempo tornou-se claro que isto acontece porque os preços previstos pelo modelo de BLACK; SCHOLES (1973) não aderem exatamente aos valores de mercado, caso contrário todas as opções sobre um mesmo ativo-objeto seriam precificadas de

determinados dias não foi possível o cálculo da volatilidade implícita para algumas séries de opções, pois algumas interações realizadas não apresentaram solução. Tal fato deveu-se à ocorrência de preços de mercado inferiores ao valor mínimo possível que não permita possibilidades de arbitragem quando não são considerados os custos de transação. Nestas situações, foi arbitrado o valor zero para a volatilidade implícita de tais opções a fim de preservar a série de dados. Os resultados obtidos para os coeficientes de correlação das regressões estimadas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das Regressões Realizadas: Os portfólios foram construídos até a véspera do vencimento e indicadores calculados em período anterior - estratégia *ex-ante*. A tabela apresenta os coeficientes de correlação encontrados para as regressões entre os ganhos médios de arbitragem com as séries de opções e a média dos indicadores de liquidez. A volatilidade do ativo objeto foi estimada através da ponderação das volatilidades implícitas pelo número de negócios realizados.

Vencimento	Indicador de Liquidez						
	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 4	Índice 5	Índice 6	Índice 7
Outubro/94	-0.488	-0.533	-0.519	-0.082	-0.084	0.156	-0.088
Dezembro/94	-0.055	-0.364	-0.193	0.614	0.652	0.794	0.815
Fevereiro/95	0.735	0.251	0.591	0.677	0.669	0.960	0.624
Abril/95	0.080	-0.240	-0.009	0.830	0.685	0.838	0.895
Junho/95	0.443	-0.147	0.167	0.738	0.738	0.887	0.436
Agosto/95	0.365	0.207	0.331	-0.186	-0.184	-0.309	-0.031
Outubro/95	-0.939	-0.496	-0.792	-0.607	-0.622	-0.820	-0.883
Dezembro/95	0.759	0.413	0.690	0.380	0.400	0.136	0.388
Fevereiro/96	0.386	0.292	0.355	0.390	0.386	0.670	0.553
Abril/96	0.228	0.013	0.094	-0.099	-0.099	-0.032	-0.233
Junho/96	0.004	-0.492	-0.288	0.689	0.690	0.638	0.567
Agosto/96	-0.668	-0.692	-0.732	-0.509	-0.502	-0.521	-0.317
Outubro/96	-0.260	-0.566	-0.344	0.448	0.437	0.329	0.589
Dezembro/96	-0.289	-0.694	-0.511	0.172	0.166	0.139	0.263

Através de uma análise dos resultados apresentados na tabela anterior, verifica-se novamente a ausência de um padrão nos valores dos coeficientes de correlação obtidos ao longo do período analisado. Entretanto, se compararmos os resultados encontrados em alguns vencimentos com os apresentados na Tabela 3 observamos muitas diferenças. Por exemplo, o vencimento de outubro de 1995 apresenta um coeficiente de correlação de -0,820 para o indicador 6, quando foi utilizada a volatilidade implícita, e um coeficiente de +0,924 com o uso da volatilidade histórica. Tal fato evidencia a importância de uma estimação adequada do parâmetro volatilidade na elaboração de estratégias com opções.

forma a possuírem a mesma volatilidade implícita. Para uma discussão mais aprofundada do assunto veja MAYHEW (1995).

Diante dos resultados apresentados, verifica-se a impossibilidade da escolha das séries de opções mais lucrativas, conhecendo-se apenas seus indicadores de liquidez em um período prévio. A estratégia *ex-ante* não permite a obtenção de ganhos excessivos para negócios com opções pouco líquidas, de forma sistemática. Desta forma, conclui-se que para negociações de arbitragem e *hedge* realizadas com base no conhecimento prévio do grau de liquidez desses papéis, o mercado brasileiro de opções não pode ser considerado ineficiente.¹⁴

5.3 Análise da Relação *Ex-Post* entre Arbitragem e Liquidez.

Uma vez que os ganhos médios de arbitragem não se mostraram correlacionados com os indicadores de liquidez das opções avaliados em período anterior, procedeu-se a uma análise *ex-post* de avaliação, que verifica se durante o período da estratégia delta *hedge* os índices de liquidez se adaptam às possibilidades de ganhos de arbitragem. Nesta análise, os indicadores de liquidez foram calculados para o mesmo período de construção e manutenção dos portfólios, ou seja, os índices foram obtidos também para o período de $t = 29$ dias úteis anteriores à data de exercício até a véspera do vencimento das opções. A Tabelas 5 apresenta os coeficientes de correlação obtidos para as regressões estimadas entre os ganhos médios de arbitragem e os índices médios de liquidez, utilizando-se volatilidade histórica.

¹⁴ Ressalva-se, entretanto, que os indicadores de liquidez usados podem ser inadequados para o caso das opções.

Tabela 5: Resultados das Regressões Realizadas: Os portfólios foram construídos até a véspera do vencimento e os indicadores de liquidez foram calculados para o mesmo período - estratégia *ex-post*. A tabela apresenta os coeficientes de correlação encontrados para as regressões entre os ganhos médios de arbitragem com as séries de opções e a média dos indicadores de liquidez. A volatilidade do ativo objeto foi estimada através do desvio padrão histórico da série de retornos do ativo.

Vencimento	Indicador de Liquidez						
	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 4	Índice 5	Índice 6	Índice 7
Outubro/94	-0.173	-0.550	-0.386	0.007	0.037	0.191	-0.026
Dezembro/94	-0.560	-0.392	-0.520	-0.520	-0.537	-0.278	-0.478
Fevereiro/95	-0.701	-0.781	-0.783	-0.216	-0.174	-0.793	-0.708
Abril/95	-0.559	-0.199	-0.421	-0.392	-0.418	-0.776	-0.991
Junho/95	0.374	0.319	0.399	0.314	0.305	0.368	0.287
Agosto/95	0.430	-0.065	0.259	0.455	0.443	0.443	0.448
Outubro/95	0.751	-0.098	0.580	0.963	0.962	0.940	0.978
Dezembro/95	0.473	-0.159	0.177	0.933	0.926	0.943	0.928
Fevereiro/96	0.667	0.065	0.421	0.911	0.903	0.865	0.857
Abril/96	0.563	-0.047	0.294	0.954	0.957	0.870	0.956
Junho/96	-0.231	-0.105	-0.205	0.211	0.235	0.146	0.076
Agosto/96	-0.554	-0.465	-0.611	-0.450	-0.464	-0.443	-0.514
Outubro/96	0.239	-0.194	0.061	0.745	0.759	0.827	0.742
Dezembro/96	0.469	-0.059	0.264	0.559	0.626	0.548	0.681

Através de um exame da tabela anterior, verifica-se que para quatro vencimentos sucessivos os indicadores baseados na volatilidade das cotações apresentaram elevada correlação entre os indicadores de liquidez e ganhos de arbitragem. Entretanto, tal resultado não pôde ser verificado para todo o período analisado. A Tabela 6 apresenta os mesmos resultados utilizando-se a volatilidade implícita ponderada.

Tabela 6: Resultados das Regressões Realizadas: Os portfólios foram construídos até a véspera do vencimento e os indicadores de liquidez foram calculados para o mesmo período - estratégia *ex-post*. A tabela apresenta os coeficientes de correlação encontrados para as regressões entre os ganhos médios de arbitragem com as séries de opções e a média dos indicadores de liquidez. A volatilidade do ativo objeto foi estimada através da ponderação das volatilidades implícitas pelo número de negócios.

Vencimento	Indicador de Liquidez						
	Índice 1	Índice 2	Índice 3	Índice 4	Índice 5	Índice 6	Índice 7
Outubro/94	-0.520	-0.479	-0.495	-0.250	-0.250	-0.309	-0.215
Dezembro/94	-0.542	-0.658	-0.585	0.119	0.103	-0.162	0.019
Fevereiro/95	-0.696	-0.650	-0.659	0.112	0.178	-0.933	-0.126
Abril/95	-0.054	-0.301	-0.149	0.535	0.490	0.183	-0.379
Junho/95	0.023	-0.493	-0.285	0.466	0.483	0.518	0.523
Agosto/95	0.104	0.232	0.328	-0.400	-0.415	-0.444	-0.484
Outubro/95	-0.715	-0.820	-0.797	-0.025	0.009	-0.028	-0.047
Dezembro/95	0.717	0.503	0.710	0.397	0.387	0.412	0.397
Fevereiro/96	0.106	0.657	0.381	-0.642	-0.640	-0.316	-0.684
Abril/96	-0.502	-0.089	-0.407	-0.528	-0.500	-0.659	-0.596
Junho/96	0.146	0.656	0.506	-0.576	-0.589	-0.541	-0.498
Agosto/96	-0.243	-0.101	-0.170	-0.552	-0.538	-0.494	-0.461
Outubro/96	-0.223	-0.276	-0.272	0.175	0.202	0.294	0.180
Dezembro/96	-0.496	-0.596	-0.622	-0.090	-0.054	-0.219	-0.099

Novamente pode ser verificado através de simples comparação entre as Tabelas 5 e 6, a grande alteração dos resultados encontrados, em função da modificação no método de estimação da volatilidade do ativo. Entretanto, também para a estratégia *ex-post* não pode ser verificada a existência de uma relação entre arbitragem e liquidez.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho verificou a possibilidade de obtenção de ganhos de arbitragem no mercado brasileiro de opções, analisando uma amostra de opções de compra da Telebrás para os 14 vencimentos seguintes à implantação do Plano Real. Os ganhos de arbitragem destacados por BECKER; LEMGRUBER (1989) permanecem no caso da inexistência de custos de transação. Estes resultados estão diretamente ligados aos procedimentos de estimação da volatilidade do ativo-objeto. Entretanto, quando custos de transação da ordem de 1,5% são considerados, os ganhos médios desaparecem. Os resultados também evidenciam que não existe relação entre os ganhos de arbitragem obtidos e o conhecimento dos indicadores de liquidez das opções, o que colabora com a teoria de que o mercado de opções da Telebrás no Brasil é eficiente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER, J.L.; LEMGRUBER, E.F. Uma análise de estratégias de negociação no mercado brasileiro de opções: evidências a partir das opções de compra mais negociadas durante o Plano Cruzado. In: BRITO, N. Gestão de Investimentos. São Paulo: Atlas. 1989, p. 271-302.
- BECKERS, S. Standard deviations implied in option prices as predictors of future stock price variability. Journal of Banking and Finance, v. 5, n. 3, p.363-382, 1981.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. Journal of Political Economy, v. 81, n. 3 p. 637-59, May 1973.
- BRITO, N. Medidas de liquidez do mercado de ações: uma análise conceitual e empírica. In: BRITO, N. Gestão de Investimentos. São Paulo: Atlas, 1989, p. 123-131.
- FAMA, E.F.; FRENCH, K.R. The Cross-Section of Expected Stock Returns. The Journal of Finance, June 1992.
- GEORGE, T.J.; LONGSTAFF, F.A. Bid-Ask spreads and trading activity in the S&P 100 Index Options Market. Journal of Financial and Quantitative Analysis, v. 28, n. 3, p. 381-397, 1993.
- GEMMILL, G. The forecasting performance of stock options on the London Traded Options Market. Journal of Business Finance and Accounting, v. 13, n. 4, p. 535-546, 1986.
- HAUGEN, R. The New Finance: the case against efficient markets. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.
- HULL, J. C. Options, futures, and other derivatives. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997.
- LATANÉ, H.A.; RENDLEMAN, R.J. Standard deviations of stock price ratios implied in option prices. The Review of Financial Studies, v. 6, n. 2, p. 293-326, 1976.
- LEITE, P.; SANVICENTE, A.Z. Índice Bovespa: metodologia e história. São Paulo: Atlas, 1995, p. 39-67.

MAYHEW, S. Implied volatility. Financial Analysts Journal, Jul./Aug. 1995.

MEDEIROS, P. Mecanismos de liquidez nas bolsas de valores. Rio de Janeiro: IBMEC, 1989.

MESCOLIN, A.; BARROS, P.; BRAGA, C.; LOURES, E.; PICANÇO, M. Avaliação de índices de liquidez em séries de opções de compra da Telebrás na Bovespa. Trabalho não publicado. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996.

SCOTT, E.; TUCKER, A.L. Predicting currency return volatility. Journal of Banking and Finance, v. 13, n. 6, p. 839-851, 1989.

SHARPE, W.; CAPAUL, C.; ROWLEY, I. International Value and Growth Stock Returns. Financial Analysts Journal, Jan./Feb. 1993.

STEPHAN, J.; WHALEY, R. Intraday price change and trading volume relations in the stock and stock options markets. The Journal of Finance, v. 55, p. 191-220.