

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

MATHEUS SILVEIRA FRANCO

**O comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações no
mercado de capitais brasileiro**

ORIENTADOR: PROF. DR. MÁRCIO MATTOS BORGES DE OLIVEIRA

RIBEIRÃO PRETO
2014

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Dante Pinheiro Martinelli
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Profa. Dra. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

MATHEUS SILVEIRA FRANCO

**O comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações
no mercado de capitais brasileiro**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação da FEA-RP/USP.

ORIENTADOR: PROF. DR. MÁRCIO MATTOS BORGES DE OLIVEIRA

RIBEIRÃO PRETO
2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Franco, Matheus Silveira

O comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações no mercado de capitais brasileiro. Ribeirão Preto, 2014.

57 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FEA-RP/USP). Área de concentração: Métodos quantitativos.

Orientador: Oliveira, Márcio Mattos Borges de.

1. Precificação de opções. 2. Valor extrínseco. 3. Dados “*tick by tick*”.

À Giu.
Que me acompanha em todas as minhas caminhadas.
Mesmo improváveis, mesmo não programadas.
Mesmo de fortuna incerta.
Mas com todo meu amor e com todo meu coração!

AGRADECIMENTOS

A todos os meus amigos, que em diferentes momentos, me acompanharam ao longo dessa vida acadêmica, em especial: professor Marcio Mattos Borges de Oliveira pela paciência, apoio e confiança na orientação deste doutorado; professor Milton Barossi Filho e professor Tabajara Pimenta Júnior, também pela paciência, apoio e confiança nas orientações de mestrado, além das valiosas contribuições na banca de qualificação desta tese. Aos três, obrigado pelo exemplo, que tento colocar em prática a cada dia, lembrando sempre da dedicação e seriedade com que me ensinaram.

Aos professores Alceu Salles Camargo Júnior, Marcelo Seido Nagano, Rafael Paschoarelli Veiga e Roy Martelanc pelos ensinamentos e contribuição fundamental na banca de defesa desta tese.

Aos outros professores com que tive contato, seja como aluno, colega de profissão ou pela participação nas bancas de avaliação. Sei o quanto seu tempo e experiência são valiosos, então sou grato por compartilharem comigo.

Aos meus pais, por sempre estarem presentes, também pacientemente apoiando e acreditando que estou fazendo tudo certo. Obrigado pelo seu amor e também pela vida que dedicaram para nós. E ao meu irmão, pelo exemplo que o irmão mais novo dá ao mais velho!

À BM&F Bovespa, que gentilmente disponibilizou as informações, fundamentais para esta tese.

À FEA-RP, especialmente ao pessoal da Secretaria de Pós Graduação, por todo trabalho dedicado ao longo de todos esses anos.

RESUMO

FRANCO, M. S. **O comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações no mercado de capitais brasileiro.** 2014. 57 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo 2014.

O valor extrínseco é uma das variáveis que mais carregam informações sobre o valor de uma opção; características como a probabilidade de exercício e a trajetória até o vencimento dizem muito sobre como o mercado está influenciando pelo menos a ação-objeto. Como o valor extrínseco é uma variável bastante sensível, é importante que sua mensuração seja a mais detalhada o possível. Este trabalho buscou captar a geração instantânea de valor intrínseco avaliando as cotações “tick by tick” das ações e opções de compra da VALE5, PETR4, OGXP3, BVVF3 e ITUB4 durante os anos de 2011 e 2012. Foi possível demonstrar que mesmo uma mínima diferença de valor extrínseco captado possibilitou uma maior capacidade de explicação em diferentes modelos testados, comparando com a captação de final de dia (EOD).

Palavras-chave: 1. Precificação de opções. 2. Valor extrínseco. 3. Dados “tick by tick”.

ABSTRACT

FRANCO, M. S. **The intrinsic value performance of the stock call options on the Brazilian capital market.** 2014. 57 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo 2014.

The intrinsic value is one of the variables that most carry information on the value of a stock option. Characteristics such as exercise probability and path to maturity summarize how the market is working at least for the stock. As extrinsic value is very sensitive, it is important that its measurements happen in the most possible detailed way. This study focus on capture the instantaneous extrinsic value generation, analyzing “tick by tick” quotes of VALE5, PETR4, OGXP3, BVMF3 e ITUB4 stocks and related call options in the years of 2011 and 2012. It was possible to demonstrate that even a minimal difference of extrinsic value captured resulted in a better explanation capacity based on different tested models, in comparison with the extrinsic value captured by end of day data.

Key-words: 1. Option pricing. 2. Extrinsic Value. 3. “Tick by tick” data.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valor extrínseco e <i>moneyness</i>	2
Gráfico 2 – Preço da ação, preço da opção e valores intrínseco e extrínseco	15
Gráfico 3 – Trajetórias de valor extrínseco	16
Gráfico 4 – Mudança de trajetória de valor extrínseco	16
Gráfico 5 – Volume financeiro mensal em R\$ bilhões.	20
Gráfico 6 – Histograma de <i>moneyness</i> das opções de VALE5 da amostra.....	30
Gráfico 7 – Valor extrínseco médio observado por <i>moneyness</i> das opções de VALE5 da amostra	31
Gráfico 8 – Coeficiente de correlação linear por <i>moneyness</i> das opções de VALE5 da amostra	32
Gráfico 9 - Histograma de <i>moneyness</i> das opções de PETR4 da amostra	36
Gráfico 10 - Valor extrínseco médio observado por <i>moneyness</i> das opções de PETR4 da amostra.....	37
Gráfico 11 - Coeficiente de correlação linear por <i>moneyness</i> das opções de PETR4 da amostra.....	37
Gráfico 12 - Histograma de <i>moneyness</i> das opções de OGXP3 da amostra	40
Gráfico 13 - Valor extrínseco médio observado por <i>moneyness</i> das opções de OGXP3 da amostra....	41
Gráfico 14 - Coeficiente de correlação linear por <i>moneyness</i> das opções de OGXP3 da amostra.....	41
Gráfico 15 - Histograma de <i>moneyness</i> das opções de BVMF3 da amostra.....	45
Gráfico 16 - Valor extrínseco médio observado por <i>moneyness</i> das opções de BVMF3 da amostra ...	45
Gráfico 17 - Coeficiente de correlação linear por <i>moneyness</i> das opções de BVMF3 da amostra	46
Gráfico 18 - Histograma de <i>moneyness</i> das opções de ITUB4 da amostra.....	48
Gráfico 19 - Valor extrínseco médio observado por <i>moneyness</i> das opções de ITUB4 da amostra	49
Gráfico 20 - Coeficiente de correlação linear por <i>moneyness</i> das opções de ITUB4 da amostra	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volume e negócios nos mercados de ações e opções.....	21
Tabela 2 – Negócios com opções de compra das ações selecionadas.....	23
Tabela 3 – Resumo da amostra, dados e variáveis.....	24
Tabela 4 – Resumo das regressões intra diárias para as opções da VALE5	32
Tabela 5 – Resultado do painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas para as opções da VALE5	33
Tabela 6 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado para as opções da VALE5	35
Tabela 7 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da PETR4.....	38
Tabela 8 - Resultado do painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas para as opções da PETR4	39
Tabela 9 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da PETR4.....	40
Tabela 10 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da OGXP3.....	42
Tabela 11 – Resultado do painel do valor extrínseco da OGXP3 com as variáveis explicativas selecionadas.....	43
Tabela 12 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da OGXP3.....	44
Tabela 13 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da BVMF3	46
Tabela 14 – Resultado do painel do valor extrínseco da BVMF3 com as variáveis explicativas selecionadas.....	47
Tabela 15 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da BVMF3	48
Tabela 16 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da ITUB4	50
Tabela 17 – Resultado do painel do valor extrínseco da ITUB4 com as variáveis explicativas selecionadas.....	51
Tabela 18 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da ITUB4.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO TEÓRICA: O VALOR DA OPÇÃO	4
2.1 PRECIFICAÇÃO DE OPÇÕES	4
2.2 O MODELO DE BLACK E SCHOLES	5
2.2.1 <i>As gregas</i>	8
2.2.2 <i>Modificando as condições ideais</i>	9
2.3 O MODELO BINOMIAL	11
2.4 VALOR INTRÍNSECO E VALOR EXTRÍNSECO	14
2.5 OUTROS ESTUDOS DO MERCADO DE OPÇÕES	17
3. METODOLOGIA	20
3.1 INFORMAÇÕES, DADOS E AMOSTRA	20
3.2 MODELOS TESTADOS	26
3.2.1 <i>Painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas</i>	26
3.2.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado</i>	28
3.2.3 <i>Análise de regressão simples das sub-séries diárias de ativos</i>	29
4. RESULTADOS	30
4.1 RESULTADOS DAS OPÇÕES DA VALE5	30
4.1.1 <i>Painel do valor extrínseco da VALE5 com as variáveis explicativas selecionadas</i>	33
4.1.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado das opções da VALE5</i>	35
4.2 RESULTADOS DAS OPÇÕES DA PETR4	36
4.2.1 <i>Painel do valor extrínseco da PETR4 com as variáveis explicativas selecionadas</i>	38
4.2.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado das opções da PETR4</i>	39
4.3 RESULTADOS DAS OPÇÕES DA OGXP3	40
4.3.1 <i>Painel do valor extrínseco da OGXP3 com as variáveis explicativas selecionadas</i>	42
4.3.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado das opções da OGXP3</i>	44
4.4 RESULTADOS DAS OPÇÕES DA BVMF3	44
4.4.1 <i>Painel do valor extrínseco da BVMF3 com as variáveis explicativas selecionadas</i>	47
4.4.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado das opções da BVMF3</i>	47
4.5 RESULTADOS DAS OPÇÕES DA ITUB4	48
4.5.1 <i>Painel do valor extrínseco da ITUB4 com as variáveis explicativas selecionadas</i>	50
4.5.2 <i>Painel do valor extrínseco defasado das opções da ITUB4</i>	51
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

No recente desenvolvimento do mercado de capitais brasileiro, em que predominou o contraste da promessa do crescimento econômico com a fatalidade das crises financeiras, segmentaram-se os resultados dos investidores em dois grupos significativamente opostos: o dos ganhos e o das perdas. Em se tratando as operações nesse mercado de um investimento de risco, esse fato não é surpreendente.

Destaca-se também a disseminação dos conceitos e das ferramentas técnicas e operacionais entre os investidores; produtos financeiros que se restringiam a uma elite de conhecimento e/ou de acesso à tecnologia são disponibilizados ao mercado, inclusive, dos investidores individuais.

Nesse contexto, as opções de ações desempenham fundamental papel para todos os níveis de investidores. Primeiro, pois é um tipo de ativo até então pouco conhecido por considerável parcela dos investidores brasileiros, principalmente dos ingressantes, e que assim poderiam aprimorar seu desempenho. Segundo, pois em razão de singulares propriedades dos derivativos, permitem aos investidores mais avançados a alavancagem e/ou o controle do risco, e consequentemente um aumento tanto dos ganhos como das perdas possíveis. Assim, as opções de ações representam, ao mesmo tempo, uma chave para o sucesso e para o fracasso dos investidores.

Ainda que sejam derivativos explorados há muito tempo, somente na década de 1970 foram difundidos os modelos que se preocupavam, exclusivamente, à precificação das opções de ações. A precificação de uma opção, assim como qualquer outra atribuição de valor, é um processo complexo; pois, distribui-se em várias perspectivas, entre conceitos objetivos e subjetivos, inclusive o da incerteza.

Segundo Sanvicente (1983, p.1), “um dos principais, senão o principal dos determinantes do valor de uma opção é o preço de mercado da ação objeto. E este varia de maneira incerta no tempo”. O fato é que essa segunda afirmação se aplica a todas as outras variáveis não determinadas ex ante, e que afetam o preço de mercado de uma opção. Na verdade, todas exceto uma: a variável tempo.

Ao tempo evidencia-se uma grande vantagem: é possível afirmar, com certeza, a direção de seu movimento. Além disso, o tempo se move a uma taxa constante e está fora do controle de qualquer agente econômico. Então, pode funcionar como uma referência bastante interessante, pois ao estudar o comportamento de uma variável ao longo do tempo, de certa forma acabamos por identificar relações entre diferentes variáveis, deduzir possíveis caminhos e tentar prever em que

patamar a variável poderá estar em um determinado período futuro. Em certos casos, é possível até mesmo ter certeza sobre isso, como é o caso do valor extrínseco de uma opção.

Adiante, aprofunda-se na precificação de opções. Por enquanto, de maneira geral, basta saber que o valor de uma opção pode ser decomposto em “valor intrínseco (VI)” e “valor extrínseco (VE)”. Essa decomposição é possível independentemente do modelo de precificação; o primeiro representa o valor real da opção num dado momento, ou seja, o saldo que seria recebido com o exercício imediato da opção. Já o segundo se trata do prêmio pelo tempo e pelo risco da opção, o valor presente da possibilidade de aumento no valor intrínseco da opção¹.

Empiricamente, acerca do VE, é possível observar que: (i) tende à zero, conforme se aproxima o vencimento da opção; e (ii) sofre influência da relação entre o preço de exercício e o preço da ação (*moneyness*), conforme a representação simplificada do gráfico 1:

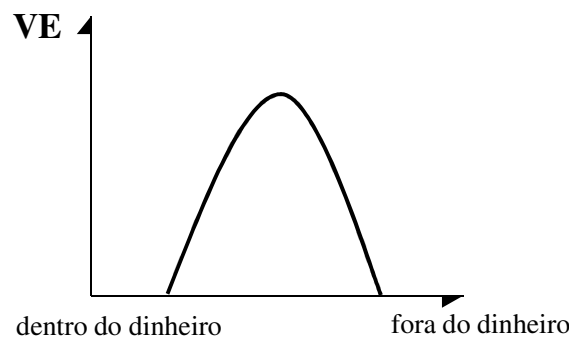


Gráfico 1 – Valor extrínseco e *moneyness*

Essa representação apresenta o exemplo de uma parábola (equação de segundo grau), que exemplifica a relação entre VE e o preço de exercício (na realidade, a forma da função pode ser outra, contanto que apresente um comportamento em que, partindo de zero aumente até que atinja um máximo, e depois decaia tendendo a zero). Intuitivamente, a resposta para esse formato reside no fato de que os preços de exercício suficientemente menores que o preço da ação apresentam grande probabilidade de exercício, enquanto os preços de exercício suficientemente maiores que o preço da ação apresentam pequena probabilidade de exercício, concentrando a incerteza nos preços de exercício próximos ao preço da opção.

¹ Nas opções europeias, a decisão do exercício é exatamente na data de vencimento da opção; já nas opções americanas, a decisão do exercício é a qualquer momento até a data de vencimento da opção. Assim, tanto o VI quanto o VE das opções europeias se referem à data de vencimento, enquanto no caso das opções americanas assimilam a possibilidade do exercício antecipado.

Outra característica importante é que, mesmo em um intervalo de tempo curto o suficiente para considerar que as demais variáveis possam ser consideradas como constantes, dificilmente o preço da ação o será.

Disso decorre uma das principais dificuldades em identificar o comportamento do VE ao longo do tempo, por menor que seja o intervalo. Pois, conforme o preço da ação oscila, uma vez que o preço de exercício está dado, a opção pode entrar ou sair do dinheiro, o que deve influenciar a trajetória ao equilíbrio; e isso geralmente ocorre, inclusive, várias vezes no decorrer de um único dia. É justamente esse o contexto desta tese.

Diante do exposto, o objetivo geral desta tese é o de "estudar o comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações no mercado de capitais brasileiro ao longo do tempo, do instante em que é gerado até sua extinção". De uma maneira ainda não operacionalizada, a hipótese básica desta tese é que os valores extrínsecos das opções trazem informações importantes sobre o comportamento do valor opções como um todo; e que para entender como o valor extrínseco se comporta ao longo do tempo, é importante tentar capturar a mínima manifestação desse valor, idealmente com a análise instantânea da operação que o gerou.

Isso é possível fazendo uso de dados intradiários, disponibilizados por negócio realizado ("*tick by tick*") nos mercados de ações e opções; trata-se de um nível de micro dados ainda pouco explorado nos estudos, principalmente no Brasil, mas que, no entanto, gradativamente se intensifica dado avanço nas tecnologias disponíveis.

Então, decorre como objetivo secundário desta tese o de comparar a eficiência nos resultados do uso dos dados por negócio ("*tick by tick*") com os dados de final de dia ("*end of day*" – *EOD*). Com isso espera-se contribuir com as metodologias de referência na precificação de opções, sugerindo uma metodologia alternativa na coleta dos dados necessários para alimentá-las e complementando as análises realizadas.

No próximo capítulo realiza-se um referencial teórico acerca do valor da opção; em seguida, no terceiro capítulo é apresentada a metodologia operacional, em que são apresentados os dados, a forma de coleta e os procedimentos adotados. No quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos procedimentos adotados. Por fim, no quinto capítulo são realizadas as considerações finais.

2. REVISÃO TEÓRICA: O VALOR DA OPÇÃO

Neste capítulo discute-se como pode ser estimado o valor de uma opção, quais são as variáveis relevantes, as principais hipóteses e quais as informações geralmente são empregadas no processo. São apresentados também estudos acerca do tema, sem a pretensão de extinguir o tema, mas de maneira que possibilite uma visão ao menos do seu estado.

Antes, cabe uma breve definição; segundo a Bovespa (2000), o mercado de opções é o mercado em que são negociados direitos de compra ou venda de um lote de ações, com preços e prazos de exercício preestabelecidos. De acordo com Fortuna (2005, p. 577):

“Quem compra uma opção tem um direito. Se a opção for de compra (call), o direito de comprar. Se a opção for de venda (put), o direito de vender. [...] a um preço predeterminado até uma data pré-determinada. [...] O mercado de opções negocia esses direitos de compra ou venda, mas não as ações diretamente.”

E, para negociar uma opção, é preciso entender como determinar o seu valor. A seguir, discute-se essa questão.

2.1 Precificação de opções

O desenvolvimento da teoria de precificação de opções data há mais de um século, conforme ressalta Merton (1973, p.141):

“[...] the long history of the theory of option pricing began in 1900, when the French mathematician Louis Bachelier deduced an option pricing formula based on the assumption that stock prices follow a Brownian motion with zero drift. Since that time, numerous researchers have contributed to the theory.”

Um modelo de precificação de opções de ações deve fazer três suposições básicas: (i) como é o processo temporal seguido pelo preço da ação adjacente (o que envolve assumir a distribuição dos preços, e conseqüentemente dos retornos e da volatilidade); (ii) o processo temporal seguido pela taxa de juros (frequentemente a livre de risco); e (iii) a forma de precificação do risco.

Então, os modelos de precificação enfrentam um dilema que pode conduzir a resultados extremos: aqueles que envolvem elevado número de variáveis, e conseqüentemente, a elaboração de suposições e restrições acerca dessas variáveis e suas relações, podem resultar numa representação pouco real e/ou de implementação factível. E os modelos que buscam a

simplicidade e a praticidade, mas que podem perder eficiência e capacidade de explicação da realidade.

Em Black e Scholes (1973) é apresentado um dos pioneiros entre os modelos de precificação (a partir daqui abreviado como “BS”), a principal referência nesse assunto até os dias atuais; isso, pois, ainda que a construção econômica seja bastante avançada, e que sejam assumidas certas suposições e restrições, é um modelo cujos resultados são de fácil aplicação.

Desde então, diversos estudos se propuseram a avaliar o efeito da forma em que foi construído o modelo BS, relevando algumas das implicações das suposições e restrições inicialmente impostas (Merton (1973), Rosenberg (1973), Black (1975 e 1976); Cox e Ross (1976); Gultekin, Rogalski, e Seha (1982); Duan (1999); Yang (2006) e muitos outros). Merece destaque o trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979), em que apresentam uma metodologia alternativa de precificação baseada na árvore binomial, aceitado como um modelo bem mais simples, mas capaz de resolver muitos dos problemas conceituais e operacionais. A seguir, serão apresentados exemplos de modelos de precificação, partindo do modelo de Black e Scholes, passando por modelos que relaxam os pressupostos desse modelo e do modelo binomial.

2.2 O modelo de Black e Scholes

O modelo de precificação de opções de Black e Scholes traduz uma tentativa de auferir uma medida racional de preço, baseada nos fatores que influenciam os preços das opções de ações: preço da ação, preço de exercício, volatilidade, tempo para o vencimento da opção, e taxa de juros livre de risco. Segundo a nomenclatura de Black e Scholes (1973, p.640), são assumidas as seguintes "condições ideais":

- a) A taxa de juros livre de risco (r) é conhecida e constante ao longo do tempo.
- b) O preço da ação segue um movimento Browniano geométrico, com a variância do retorno da ação constante.
- c) A ação não distribui dividendos (ou outras formas de benefícios).
- d) A opção é "europeia", ou seja, só pode ser exercida na data do vencimento.
- e) Não existem custos de transação para a compra ou venda das ações ou das opções.
- f) É possível tomar emprestado qualquer quantidade de recursos à taxa de juros livre de risco (r).

g) Não existem penalidades para venda descoberta. Um vendedor que não possua o ativo aceitará, simplesmente, o preço do ativo de um comprador, e concordará em compensar o comprador, numa data futura, pagando-o um valor igual ao preço do ativo naquela data.

Além disso, são assumidas as seguintes suposições:

(i) Um título B que se desenvolve ao longo do tempo na forma: $dB = rBdt$.

(ii) A ação adjacente, cujo preço se desenvolve ao longo do tempo na forma: $dS = \mu Sdt + \sigma SdW$.

(iii) Uma opção V dessa ação adjacente, que se desenvolve ao longo do tempo (pelo “Lema de Itô”) na forma:

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt + \left(\sigma S \frac{\partial V}{\partial S} \right) dW = 0$$

Black e Scholes (1973), definem que o valor da opção é igual a $V = \omega(S, t)$, uma função do preço da ação adjacente e do tempo. Então, montam um portfólio em que compram uma ação adjacente, e como *hedge* assumem uma posição vendida em opção de compra dessa ação na quantidade:

$$1/\omega_1(S, t)$$

Em que $\omega_1(S, t)$ é a primeira derivada da função de valor da opção, com relação ao preço da ação adjacente (S); para efeito de simplificar a representação, será definido que $\omega_1(S, t) = \Delta$. Assim, se o preço da ação varia dS , o preço da opção deve variar ΔdS de forma que a quantidade de opções da equação (5) deve variar Δ para manter o *hedge*; ou seja, a alteração no preço da ação adjacente será compensada pela alteração no valor da posição vendida de opções. O valor do portfólio é dado por:

$$\Pi = S - \omega(S, t)/\Delta = S - V/\Delta \quad (3)$$

E a é dada por:

$$d\Pi = dS - dV/\Delta$$

Os termos dS e dV definidos anteriormente, respectivamente nas suposições (i) e (ii). Substituindo-os e rearranjando:

$$d\Pi = \left(\mu S - \frac{1}{\Delta} \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{1}{\Delta} \mu S \frac{\partial V}{\partial S} - \frac{1}{2\Delta} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt + \left(\sigma S - \frac{1}{\Delta} \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} \right) dW \quad (4)$$

Para que esse portfólio seja livre de risco, o segundo termo da equação (4) dever ser igual a zero (o que resulta em $\Delta = \partial V / \partial S$); isso também implica que o retorno do portfólio deva ser igual ao retorno livre de risco, ou seja, da suposição (i). Então, substituindo o valor de Δ em (4), e igualando ao retorno exigido do portfólio, dado pela equação (3) multiplicada por rdt :

$$-\left(\frac{1}{\Delta} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{1}{\Delta} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2}\right) dt = \left(S - V \frac{1}{\Delta}\right) r dt$$

Dividindo ambos os lados por dt , e multiplicando ambos os lados por Δ :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} = rV - rS \frac{\partial V}{\partial S}$$

Essa é a equação diferencial parcial (EDP) de Black e Scholes, geralmente representada na forma:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0 \quad (4)$$

Na data de vencimento ($t=T$), para um dado preço de exercício (K), o valor da opção será²:

$$\omega(S, T) = \text{máx}(S - K, 0) \quad (5)$$

Quando é solucionada a EDP, assumindo que a condição terminal (5) seja uma condição inicial, resulta na equação básica do modelo, para uma opção de compra europeia de uma ação que não paga dividendos:

$$\omega(S, t) = C_t = S_t N(d_1) - K e^{-r(T-t)} N(d_2) \quad (6)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_t/K) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2\right) (T - t)}{\sigma \sqrt{(T - t)}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_t/K) + \left(r - \frac{1}{2} \sigma^2\right) (T - t)}{\sigma \sqrt{(T - t)}} = d_1 - \sigma \sqrt{(T - t)}$$

² Essa é a mesma equação do valor intrínseco, apresentado na equação (1).

Em que C_t é o valor de uma opção de compra estilo europeu no período t , S_t é o preço da ação no período t , K é o preço de exercício da opção, T é a data de vencimento da opção, r é a taxa de juros livre de risco até o vencimento da opção (ao ano), σ é a volatilidade do preço da ação e $N(\bullet)$ representa a distribuição normal cumulativa.

Os termos $N(d_1)$ e $N(d_2)$ na equação 1 representam, respectivamente, a probabilidade de que o preço da ação permaneça superior à K e a probabilidade acumulada da opção vir a ser exercida.

2.2.1 As gregas

Partindo da equação (6), a análise das derivadas parciais permite interpretações rápidas e intuitivas do efeito das alterações em cada uma das variáveis explicativas do modelo. A nomenclatura “gregas” se refere ao fato de que, para cada variável e derivada, atribuiu-se uma letra grega. O quadro 1 resume as principais, calculadas para opções de compra:

Quadro 1 – Gregas para opções de compra

Derivada	Letra (Nome)	Equação
$\frac{\partial C}{\partial S}$	Δ (Delta)	$N(d_1)$
$\frac{\partial^2 C}{\partial S^2}$	γ (Gama)	$\frac{N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{(T-t)}}$
$\frac{\partial C}{\partial \sigma}$	ν (Vega ³)	$S_t N'(d_1) \sqrt{(T-t)}$
$\frac{\partial C}{\partial t}$	θ (Teta)	$-\frac{SN'(d_1)}{2\sqrt{(T-t)}} - rKe^{-r(T-t)}N(d_2)$
$\frac{\partial C}{\partial r}$	ρ (Rô)	$K(T-t)e^{-r(T-t)}N(d_2)$

Dado contexto deste trabalho, em que o tempo é uma das perspectivas analisadas, cabe um aprofundamento de seu efeito no modelo BS. Em Haug (2003) discute-se amplamente os conceitos das gregas, inclusive a derivação de segundas e até terceiras ordens (as tracionais são de primeira ordem, exceto a Gama que é de segunda ordem com relação a “S”).

³ O nome “vega” não é de uma letra grega. A letra representada é a “Ni”.

No quadro 2 são apresentadas algumas, calculadas para opções de compra.

Quadro 2 – Gregas e o tempo

Derivada	Letra (Nome)	Equação
$\frac{\partial \Delta}{\partial (T-t)}$	(Charm)	$e^{(b-r)t} \left[N'(d_1) \left(\frac{b}{S\sigma\sqrt{(T)}} - \frac{d_2}{2T} \right) + (b-r)N(d_1) \right]$
$\frac{\partial \gamma}{\partial (T-t)}$	(Colour)	$\frac{e^{(b-r)t} N'(d_1)}{S\sigma\sqrt{(T)}} \left(r - b + \frac{bd_1}{S\sigma\sqrt{(T)}} + \frac{1 - d_1 d_2}{2T} \right)$
$\frac{\partial v}{\partial (T-t)}$	(Veta)	$S_t N'(d_1) \sqrt{(T)} \left[\frac{rd_1}{\sigma\sqrt{(T)}} - \frac{1 + d_1 d_2}{2T} \right]$

A primeira, “Charm” consiste na sensibilidade de Delta ao efeito do tempo. É comum o termo “sangrar” perto da maturidade, em que podem ser observadas consideráveis oscilações em Delta, seja para mais ou para menos. A fonte principal das variações decorre da oscilação no preço do ativo, fenômeno bastante estudado na literatura conforme será apresentado adiante; vale destacar que esse efeito de “S” pode ser demonstrado entendendo que a Charm é equivalente à derivada de Teta com relação a “S” (essa é uma propriedade das segundas derivadas, em que não importa a ordem sequencial de derivação). No caso ao invés de primeiro diferenciar com relação ao ativo e em seguida em relação ao tempo é possível primeiro diferenciar com relação ao tempo e em seguida em relação ao ativo).

A segunda, “Colour” refere-se ao efeito da proximidade do vencimento na volatilidade esperada para o ativo, seja por antecipação de movimentos futuros ou mesmo da incerteza em razão de dias sem pregão até a maturidade.

Por fim, a “Veta” representa o efeito do tempo em Vega, ou seja, a sensibilidade do quanto a volatilidade do ativo influencia o preço da opção, como se fosse uma análise da aceleração e da velocidade em que o preço da opção reage a alterações no preço da ação.

2.2.2 Modificando as condições ideais

Conforme ressalta Araújo *et al.* (2003, p.4), "já é largamente documentado pela literatura, os retornos das ações possuem propriedades como as caudas largas, assimetria e variância mutável ao longo do tempo". No decorrer dos anos muitos trabalhos estudaram o relaxamento de uma ou mais dessas condições; em Araújo *et al.* (2003, p.4):

" existem alguns vieses sistemáticos, já amplamente estudados, associados ao modelo de Black & Scholes (B&S), a saber, a sub-precificação de opções fora-do-dinheiro (Black, 1975; Gultekin et al, 1982), a sub-precificação de opções de ações com baixa volatilidade (Gultekin et al, 1982; Whaley, 1982) e a sub-precificação de opções com curto tempo para vencimento (Black, 1975; Whaley, 1982)".

Vale ressaltar, entre esses, o problema do curto tempo para o vencimento, uma vez que no Brasil o tempo de vida das opções é bastante curto: enquanto em outros mercados, o vencimento pode durar até anos, no mercado brasileiro o período relevante de negociação de uma opção é, em média, de dois meses.

Outra crítica reside na importância da volatilidade; Hull (1999) explica que a volatilidade do preço de uma ação é o desvio padrão do retorno por ela oferecido em um ano, quando tal retorno é expresso com capitalização contínua. De forma resumida, é o desvio padrão da mudança proporcional no preço da ação. O problema é que o efeito dessa volatilidade não é constante; varia ao longo do tempo, entre os ativos e principalmente de acordo com o preço de exercício da opção (o que resulta nos *smiles* de volatilidade implícita).

Bakshi, Cao e Chen (1997) classificam os modelos de precificação que buscam resolver essas limitações em sete tipos:

(i) modelos de taxa de juros estocástica (SI), como os de Merton (1973) e Amin e Jarrow (1992);

(ii) modelos de salto/difusão, ou saltos puros, como os de Merton (1976), Bates (1991) e Madan e Chang (1996);

(iii) o modelo de variância de elasticidade constante de Cox e Ross (1976);

(iv) o modelo Markoviano de Rubinstein (1994);

(v) os modelos de volatilidade estocástica (SV), com destaque para Hull e White (1987);

(vi) os modelos de volatilidade estocástica e taxas de juros estocásticas (SISV), de Bailey e Stulz (1987), Amin e Ng (1993) e Bakshi e Chen (1997); e

(vii) os modelos de volatilidade estocástica e salto/difusão, propostos em Bates (1996) e Scott (1997).

Nos modelos de volatilidade estocástica (SV) são controlados os níveis de assimetria e curtose da distribuição dos retornos da ação adjacente; de maneira simplificada, assume-se que a volatilidade é passada entre os períodos por difusão, numa trajetória temporal contínua. Já os modelos de salto/difusão (J) buscam explicar a assimetria e a curtose com saltos e quebras, possibilitando que trajetória temporal seja descontínua. A eficiência dos SV é maior na

correção das falhas de longo prazo (pois são necessários muitos períodos), enquanto os modelos J possibilitam incorporar os ajustes já no curto prazo.

Além disso, os modelos estocásticos são empregados buscando entender melhor o comportamento das variáveis estocásticas de forma em que seja possível descontar os valores com mais eficiência, e assim precificar melhor as opções, uma vez que os resultados esperados apresentariam um menor erro.

2.3 O modelo binomial

O modelo binomial foi desenvolvido por Cox, Ross & Rubinstein (1979); dividindo o intervalo de tempo em que se deseja precificar a opção em períodos discretos, a cada período o preço da ação adjacente aumenta (na proporção d com probabilidade p) ou diminui (na proporção u com probabilidade $q=1-p$).

Assim, a demonstração parte de um modelo de um único período; assim, pode haver duas possibilidades para o preço de uma opção de compra:

$$C \begin{cases} C_u = \max[0, uS - K] & \text{com probabilidade } p \\ C_d = \max[0, dS - K] & \text{com probabilidade } 1 - p \end{cases} \quad (7)$$

É construído um portfólio com Δ ações, e um valor B em títulos livres de risco que rendem a taxa livre de risco, definindo r como um mais essa taxa. Assim, no mesmo único período, o valor final desse portfólio será:

$$\Delta S + B \begin{cases} \Delta uS + B & \text{com probabilidade } p \\ \Delta dS + B & \text{com probabilidade } 1 - p \end{cases} \quad (8)$$

Para que o portfólio (8) seja um *hedge* para (7), devem ser encontrados Δ e B de modo em que (7) e (8) sejam equivalentes:

$$\begin{aligned} \Delta uS + B &= C_u \\ \Delta dS + B &= C_d \end{aligned}$$

O que resulta em:

$$\Delta = \frac{C_u - C_d}{(u - d)S}, \quad B = \frac{uC_u - dC_d}{(u - d)r}$$

Para que não exista arbitragem (comprando as opções de compra e as exercendo no mesmo momento), quando $S \leq S - K$, o preço da opção de compra deve ser $C = S - K$. Ou, quando $C > S - K$:

$$C = \Delta S + B = \frac{C_u - C_d}{(u - d)} + \frac{uC_u - dC_d}{(u - d)r} = \left[\left(\frac{r - d}{(u - d)} \right) C_u + \left(\frac{u - r}{(u - d)} \right) C_d \right] / r$$

Definindo:

$$p = \frac{r - d}{(u - d)} \text{ e } 1 - p = \frac{u - r}{(u - d)}$$

O valor presente esperado da opção de compra será:

$$C = [pC_u + (1 - p)C_d] / r \quad (9)$$

Adicionando mais um período na demonstração:

$$S \quad \left\{ \begin{array}{l} uS \quad \left\{ \begin{array}{l} u^2S \\ udS \end{array} \right. \\ dS \quad \left\{ \begin{array}{l} duS \\ d^2S \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$C \quad \left\{ \begin{array}{l} C_u \quad \left\{ \begin{array}{l} C_{uu} = \max[0, u^2S - K] \\ C_{ud} = \max[0, udS - K] \end{array} \right. \\ C_d \quad \left\{ \begin{array}{l} C_{du} = \max[0, duS - K] \\ C_{dd} = \max[0, d^2S - K] \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Assim, os valores presentes esperados da opção de compra no final do primeiro período (restando o segundo) seriam:

$$C_u = [pC_{uu} + (1 - p)C_{ud}] / r$$

$$C_d = [pC_{du} + (1 - p)C_{dd}] / r$$

É possível notar que, no segundo período, os valores intermediários são iguais ($udS=duS$ e $C_{ud} = C_{du}$); ou seja, tanto faz a ordem, uma subida precedida de uma descida ou uma descida precedida de uma subida.

Da mesma forma, para que não exista arbitragem, quando $S \leq S - K$, o preço da opção de compra deve ser $C = S - K$. Ou, quando $C > S - K$, o valor presente esperado da opção de compra será:

$$C = [p^2 C_{uu} + p(1-p)C_{ud} + (1-p)pC_{du} + (1-p)^2 C_{dd}]/r^2$$

$$C = [p^2 C_{uu} + 2p(1-p)C_{ud} + (1-p)^2 C_{dd}]/r^2$$

$$C = [p^2 \max[0, u^2 S - K] + 2p(1-p) \max[0, udS - K] + (1-p)^2 \max[0, d^2 S - K]]/r^2$$

A fórmula geral, para n períodos fica:

$$C = \left[\sum_{j=0}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \max[u^j d^{n-j} S - K] \right] / r^n$$

É possível simplificar essa representação. Definindo uma constante a , o menor inteiro, não negativo maior que $\log(K/Sd^n)/\log(u/d)$, tal que $u^a d^{n-a} S > K$, quando $j < a$, $\max[u^j d^{n-j} S - K] = 0$ e quando $j \geq a$, $\max[u^j d^{n-j} S - K] = u^j d^{n-j} S - K$. Assim:

$$C = \left[\sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} (u^j d^{n-j} S - K) \right] / r^n \quad (10)$$

Se $a > n$, a opção expira fora do dinheiro, portanto o preço dessa opção deve ser igual a zero.

É possível reescrever a equação (10) em duas partes:

$$C = S \left[\sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \left(\frac{u^j d^{n-j}}{r^n} \right) \right] - Kr^{-n} \left[\sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \right]$$

São duas funções binomiais complementares, a primeira parte com $\phi[a; n, p']$ e a segunda parte com $\phi[a; n, p]$, em que:

$$p' \equiv (u/r)p \quad \text{e} \quad 1 - p' \equiv (d/r)(1 - p)$$

O que resulta na equação de precificação binária Cox, Ross & Rubinstein (1979, p.13):

$$C = S \phi[a; n, p'] - Kr^{-n} \phi[a; n, p] \quad (11)$$

Em que $p' \equiv (u/r)p$ e $p \equiv (r - d)/(u - d)$, com $a \equiv$ menor inteiro não negativo maior que $\log(K/Sd^n)/\log(u/d)$. Se $a > n$, então $C = 0$.

2.4 Valor intrínseco e valor extrínseco

Esse dois conceitos são fundamentais para a compreensão da precificação de opções; conforme Hull (1999, p.187) "o valor total de uma opção pode ser considerado a soma de seu valor intrínseco com seu valor tempo".

O valor intrínseco de uma opção de compra é definido como o máximo entre zero e o valor que teria se exercida imediatamente, ou seja, a diferença entre o preço da ação e o preço de exercício; assim, para uma opção de compra, o valor intrínseco (V_I) pode ser calculado como:

$$V_I = \text{máx}(S - K, 0) \quad (12)$$

Em que S é o preço da ação e K o preço de exercício da opção de compra.

De maneira complementar, para uma opção de compra o valor extrínseco (V_E) pode ser calculado como:

$$V_E = C - V_I \quad (13)$$

Em que C é o prêmio, ou valor de mercado da opção de compra.

Já valor extrínseco da opção é a diferença do valor intrínseco do prêmio da opção. As opções "no dinheiro" ou "fora do dinheiro" são aquelas que não possuem valor intrínseco, somente valor extrínseco. Enquanto as opções "dentro do dinheiro" são aquelas que apresentam valor intrínseco, e quanto mais dentro do dinheiro, maior o valor intrínseco. Assim retomando a

nomenclatura da equação 1, quando $S > X$, a opção de compra está dentro do dinheiro; se $S = X$ a opção está no dinheiro e $S < X$ a opção está fora do dinheiro.

Foi discutido que o valor extrínseco (VE) depende do preço da ação (S), do preço de exercício (K) e do tempo. O gráfico 3 representa essa relação:

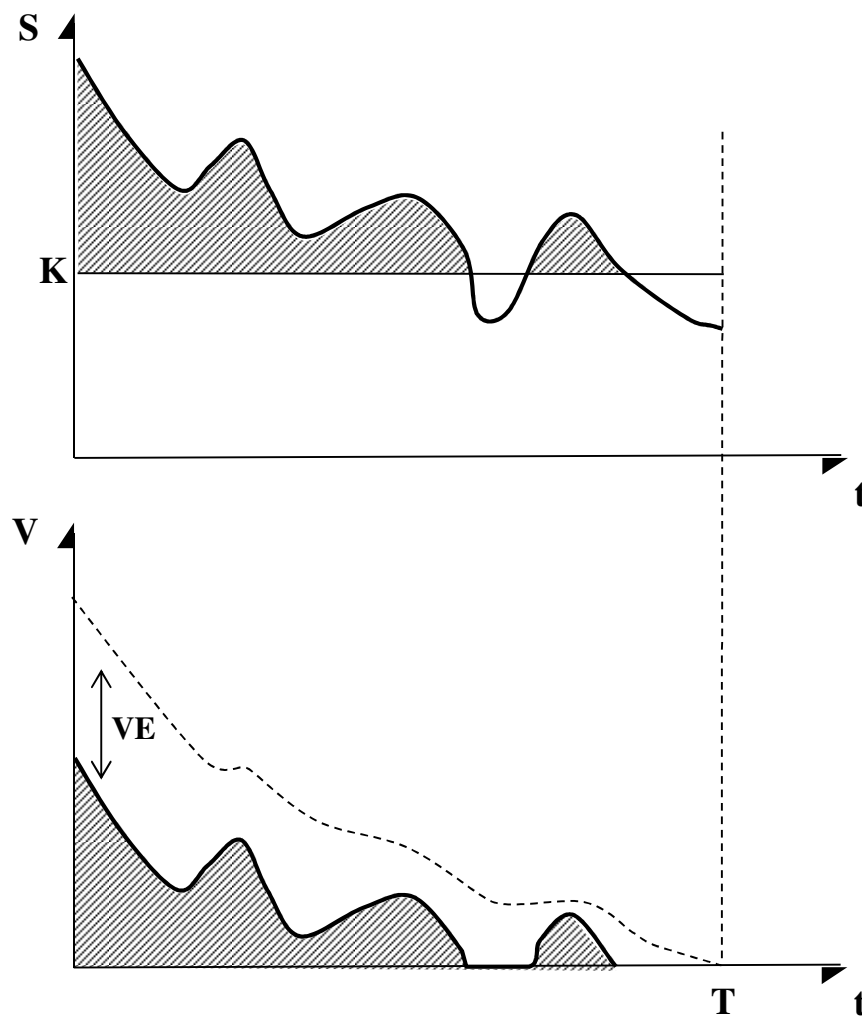


Gráfico 2 – Preço da ação, preço da opção e valores intrínseco e extrínseco

A área hachurada representa o valor intrínseco (VI) de uma opção com preço de exercício K. A trajetória tracejada, no gráfico inferior, representa o preço da opção (V) ao longo do tempo, até a data de exercício; a diferença entre o preço da opção e o valor intrínseco representa o valor extrínseco (VE).

Existem dois efeitos principais no valor extrínseco: o efeito do tempo e o efeito do quociente entre o preço de exercício e o preço da ação. Separar esses efeitos visualmente, no gráfico 3, é um pouco complicado; então, é possível representar o comportamento do valor extrínseco de outra forma, conforme o gráfico 4:

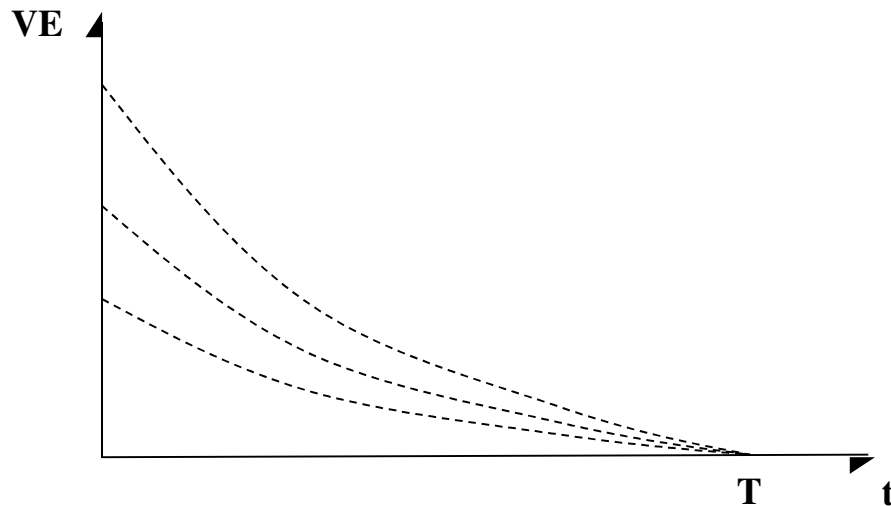


Gráfico 3 – Trajetórias de valor extrínseco

Cada linha tracejada representa uma possível trajetória, associada a um preço de exercício distinto; vale lembrar que essa relação segue o gráfico 1, em que o valor extrínseco é maior nas opções mais próximas do dinheiro (ou seja, preço de exercício próximo do preço da ação), e menor nas opções dentro ou fora do dinheiro (ou seja, preço de exercício inferior ao preço da ação e preço de exercício superior ao preço da ação, respectivamente).

No entanto, como o preço da ação pode se alterar ao longo do tempo, uma vez que o preço de exercício da opção é constante, o valor extrínseco pode mudar de trajetória, para cima ou para baixo, conforme o gráfico 5:

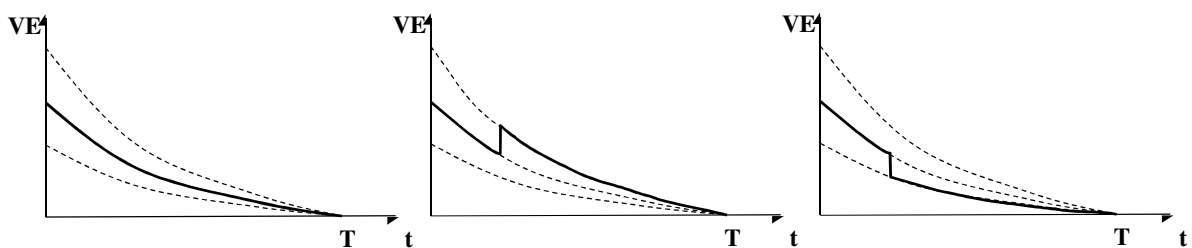


Gráfico 4 – Mudança de trajetória de valor extrínseco

No primeiro gráfico, da esquerda para a direita, não existe alteração do preço da ação, e consequentemente da *moneyness* da opção; portanto, a trajetória reflete apenas o efeito do tempo. No segundo gráfico, com a alteração no preço da ação existe a mudança da trajetória, que passa para uma mais acima (ou seja, supondo que os demais fatores sejam mantidos constantes, o VE seria maior); isso ocorreria em razão do aumento da incerteza com relação ao exercício da opção, com o preço da ação convergindo para o preço de exercício da opção. No

terceiro gráfico, ocorre o inverso, e com a alteração no preço da ação existe a mudança da trajetória, que passa para uma mais abaixo (ou seja, supondo que os demais fatores sejam mantidos constantes, o VE seria menor); isso ocorreria em razão da redução da incerteza com relação ao exercício da opção, com o preço da ação se distanciando (para mais ou para menos) do preço de exercício da opção.

Quando comparadas com outros elementos, a exploração (pelo menos explicitamente) de VI e VE é escassa no mercado, e ainda mais na academia. Esses conceitos são geralmente definidos pelos autores, mas não são explorados como instrumentos para a precificação de opções. Em alguns casos, o valor da opção é decomposto em valor intrínseco e valor tempo; esse valor tempo poderia também ser decomposto, entre valor verdadeiro do tempo e valor extrínseco, em que somente esse último absorveria a incerteza.

2.5 Outros estudos do mercado de opções e ações

Os principais estudos nesta área buscam investigar ineficiência de mercado, e assim uma forma de que um investidor seja sistematicamente capaz de auferir retornos além do mercado.

Um levantamento é realizado em Karpov (1987) acerca dos trabalhos que estudam relações entre preços e volumes, reforçando que é possível demonstrar que o volume é positivamente relacionado aos preços das ações. Lamoureux e Lastrapes (1994) testam a hipótese de que os volumes são exógenos, avaliando a função de densidade conjunta dos retornos e volumes. Não conseguem separar a dependência. Alguns trabalhos vão além, e buscam estudar relações de causalidade. É o exemplo de Hiemstra e Jones (1994), Saatcioglu e Starks (1998), Zolontoy e Melenber (2007), e vários outros. As conclusões principais são de uma relação de causalidade mútua.

No Brasil muitos trabalhos seguem esta linha. De maneira geral, é possível perceber que com o passar dos anos e o desenvolvimento das tecnologias e da disponibilidade de informações, cada vez mais os pesquisadores estão se aprofundando nos micro dados. E os diferem consideravelmente, principalmente justificados nessa diferença de informações.

Em Sanvicente e Kerr (1989) foram adotados dados semanais para uma amostra de ações de 15 empresas, com inícios às quartas-feiras entre os anos de 1983 e 1985. Foram realizados testes “t” de Student para as diferenças das médias, em que não foi possível rejeitar

com significância estatística a hipótese de que existe diferença nos retornos das semanas com ou sem vencimento de opções.

Para evidenciar o efeito da dimensão dos dados, toma-se como exemplo Sanvicente e Monteiro (2005), em que avaliam a capacidade de formação de preços no mercado de ações em 14 de Dezembro de 2001, um pregão antes do vencimento de uma série de opções em que se verificou uma suposta guerra entre os comprados e vendidos em opções de compra da Telemar. O resultado é de que, de fato, existem indícios de que o desempenho das ações nessa data sofreu influência do volume, nesse caso principalmente das posições em opções dessas ações. De acordo com os autores, foi fundamental para essa conclusão a composição da amostra com dados intradiários.

No entanto, Costa Jr et al (2008) testam o modelo proposto em Sanvicente e Monteiro (2005) para avaliar o efeito do vencimento de opções da PETR4 dos meses de Agosto e Setembro de 2007, usando dados intradiários do no último pregão antecedente a essas datas. Não foi possível concluir que existe pressão do mercado de opções nos preços da ação. Propõe um novo modelo baseado em três equações simultâneas, fundamentado nas bases do modelo anterior. Assim, conseguem levantar tendências sobre a pressão de preços por meio da função de oferta, em que grandes investidores conseguiriam formar preços, entre preços de exercício convenientes às suas posições; mas, explicam que, em razão da elevada elasticidade da função de demanda, essa pressão é aliviada. Realiza, além desses, um terceiro teste para estimar um “probabilidade de informação privilegiada” para ações do IBRX, em que conclui que é um fator relevante no retorno.

Cunha e Costa Jr (2006) testam a influência e a causalidade entre o mercado de ações e o mercado de opções. Consideram na amostra os retornos diários entre Setembro de 1998 e Dezembro de 2001 das ações preferenciais da Telemar, Petrobrás e Telesp e de um conjunto de opções mais negociadas (não é apresentado o critério de seleção para as opções, nem quais foram incluídas). Os resultados revelam evidências de causalidade bilateral entre os retornos dos pares de mercados de ações e opções para praticamente todas as 9 séries testadas com o procedimento de causalidade de Granger, considerando até cinco pregões de defasagem. Além disso, avaliando os volumes, não houve evidência de causalidade entre os mercados das ações e opções estudadas.

Caetano (2012) faz uma abordagem da microestrutura de mercado, e usa dados “*tick by tick*”. Em um primeiro teste, avalia se operadores informados poderiam observar os volumes de ordens de compra e vendas, e conclui que conseguem assim estimações melhores. Em seguida,

estuda se o volume do mercado de opções reflete o mercado de ações; para isso utiliza opções da PETR4 e VALE5, e chega a conclusão de que não existe esse reflexo.

Em Melo e Da Silveira (2013), além do objetivo principal do trabalho de avaliar o efeito do vencimento de opções na volatilidade nos retornos da ação, que foi confirmado, os autores também utilizam o teste de causalidade de Granger e concluem, para a amostra que conta com as ações e opções de compra da VALE5 entre Janeiro e Março de 2013, que o volume negociado de opções causa a volatilidade de preços.

Em Maluf (2013) é adotado um processo de Hawkes para tentar explicar o livro de ofertas do fundo de índice ETD iShare Ibovespa, especificamente na diferença entre as ofertas de compra e venda. Foram testadas abordagens univariadas e multivariadas, e se verificou um bom ajuste do processo de Hawkes, indicando que os agentes apresentam comportamentos similares tanto na oferta quanto na demanda pelo ativo; no entanto, não foi possível formular estratégias que resultassem em ganhos além do mercado, indicando que o mercado seria eficiente na arbitragem do livro de ofertas.

3. METODOLOGIA

Dado objetivo geral, este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de caráter explicativo, pois é o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, tendo como preocupação central identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno estudado e avaliar as relações entre as variáveis, no caso o comportamento do valor extrínseco da opção ao longo do tempo. Foram realizados diferentes procedimentos, cada um para que fossem alcançados os objetivos específicos definidos. Nesta seção discute-se a metodologia científica adotada.

3.1 Informações, dados e amostra

Primeiramente, serão apresentadas informações do mercado de opções brasileiro, nos últimos anos. O gráfico seguinte apresenta o volume de opções negociado ao longo dos últimos anos. Para efeito de comparação, também é apresentado o volume do mercado à vista.

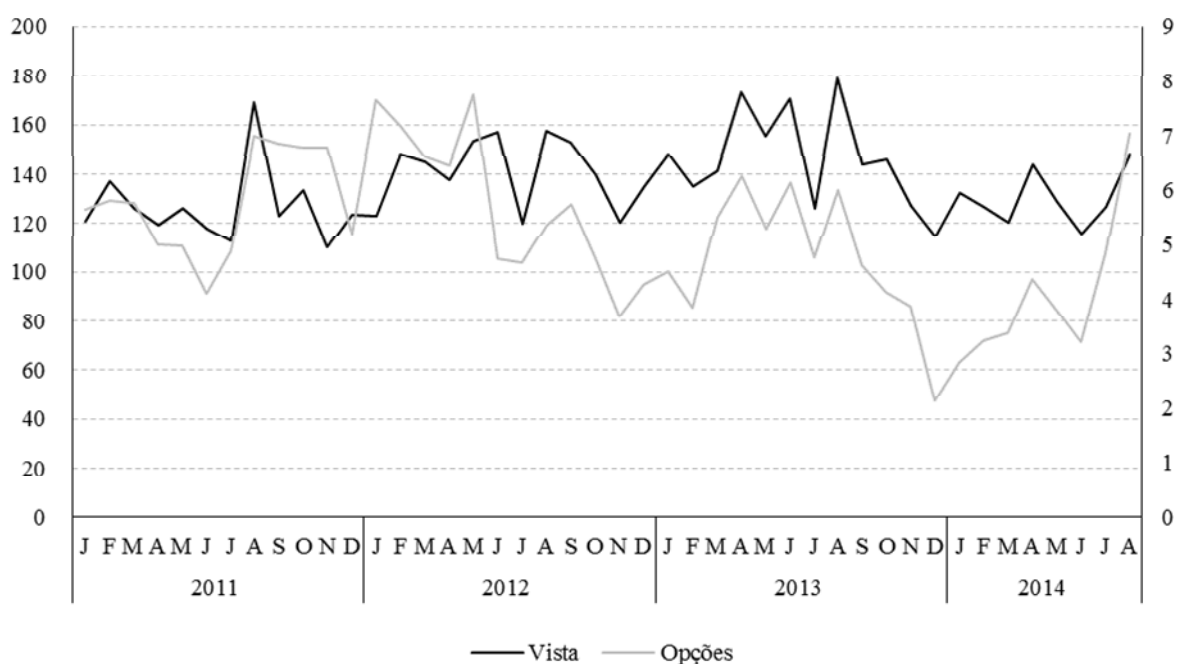


Gráfico 5 – Volume financeiro mensal em R\$ bilhões.

Mercado à vista no eixo à esquerda do gráfico e opções no eixo à direita do gráfico.

Fica evidente que o volume do mercado de opções acompanha o volume do mercado à vista, praticamente mantendo uma proporção constante do volume do mercado à vista na maior

parte do tempo. Além disso, em 2014 houve um crescimento consideravelmente maior no volume das opções.

Nos anos de 2011 e 2012, foram observados os volumes e negócios nos mercados de ações e opções de compra e de venda de ações conforme a tabela 1:

Tabela 1 – Volume e negócios nos mercados de ações e opções

mês-ano	Volume (em R\$)			Negócios		
	Ações	Opções		Ações	Opções	
		de compra	de venda		de compra	de venda
jan/11	115.822.178.139	5.211.735.766	208.369.420	727.584.400	1.706.176	3.758
fev/11	130.750.222.893	5.360.393.908	153.223.558	852.690.700	1.988.841	4.819
mar/11	120.713.457.923	5.131.806.768	224.385.810	827.046.500	1.762.766	7.443
abr/11	114.232.861.830	4.322.808.314	379.239.337	776.993.800	1.738.946	11.943
mai/11	115.296.938.654	4.327.997.204	302.177.555	899.810.800	1.787.331	15.128
jun/11	110.696.800.870	3.440.769.261	283.031.843	844.235.100	1.401.379	11.885
jul/11	108.514.139.779	4.071.944.463	324.706.295	901.851.500	1.571.317	15.197
ago/11	155.787.327.864	4.782.855.192	775.422.446	1.393.134.800	1.898.557	38.070
set/11	116.562.235.383	5.744.933.802	224.912.846	1.119.476.300	1.999.642	70.087
out/11	121.591.686.042	5.583.146.006	347.055.858	1.117.967.400	2.102.813	93.892
nov/11	103.333.574.925	5.968.507.205	231.048.265	977.010.300	2.132.965	94.608
dez/11	107.983.560.778	4.495.697.036	253.940.452	1.068.306.500	1.737.036	81.336
jan/12	116.778.481.240	6.705.657.363	256.811.332	1.208.021.000	2.223.555	105.381
fev/12	133.798.500.699	6.261.987.104	181.109.231	1.236.576.200	2.360.320	108.988
mar/12	135.612.024.054	5.452.688.344	284.765.570	1.306.823.200	2.655.111	127.437
abr/12	124.097.883.536	4.610.285.426	285.192.997	1.191.440.200	2.349.554	105.629
mai/12	145.986.448.327	4.601.845.150	384.685.499	1.606.656.100	2.963.397	159.269
jun/12	127.676.906.604	3.615.664.440	357.744.169	1.296.307.500	2.579.722	174.839
jul/12	113.184.650.964	3.754.282.701	294.812.507	1.265.075.900	2.542.574	202.693
ago/12	143.444.188.856	4.257.763.490	323.026.047	1.495.378.400	2.714.840	216.738
set/12	134.960.378.580	4.718.004.610	363.239.912	1.340.678.700	2.848.075	200.156
out/12	129.529.938.132	3.798.440.102	399.307.336	1.308.874.400	2.233.748	164.319
nov/12	114.445.790.309	2.869.002.586	326.518.937	1.208.287.200	1.786.998	145.318
dez/12	117.904.955.867	3.418.550.603	325.078.400	1.217.345.000	1.873.328	154.465

Assim, faz sentido concentrar este trabalho nas opções de compra, conforme foi a abordagem desta tese. Posteriormente, em estudos futuros, é possível que sejam analisadas, também, as opções de venda; vale ressaltar que, em razão da complementaridade desses conceitos, os resultados podem facilmente serem transportados para o contexto das opções de venda.

A maior parte dos trabalhos acadêmicos relacionados ao tema da precificação de opções adota como referência as cotações finais de dias (“*end of day*”, ou EOD). Nos últimos anos, conforme apresentado, os trabalhos estão migrando para uma análise mais aprofundada, no nível intradiário (“*intraday*”), em que o intervalo entre os eventos geralmente é de 60 minutos, 10 minutos, 5 minutos e até 1 minuto.

Com isso é possível extrair dados em quantidade e qualidade interessantes, uma vez que pouquíssima informação é perdida. É frequente, além das cotações de abertura, mínimo, máximo e fechamento, que sejam utilizadas outras informações como quantidade, volume, número de negócios, melhores ofertas de compra e venda, entre outros.

Existe, além desses, uma metodologia em que são coletados os dados ponto a ponto (“*tick by tick*”), por operação de compra e venda. Esse é um procedimento ainda complicado, em razão do volume de dados acumulados em um curto período de tempo. No Brasil, a BM&F Bovespa mantém esses dados em arquivo, e gentilmente disponibilizou para análise os dados por pregão, de Setembro de 2010 até Março de 2013, distribuídos em 23 DVDs carregados de arquivos de texto, cada um para um dia de negócios para o mercado à vista ou opções.

Em cada arquivo constam todos os negócios realizados, um a um, num nível de detalhamento de código do ativo, quantidade, preço e hora do negócio, além de algumas outras informações. São arquivos, em um dia típico, com 500 mil linhas para o mercado de ações e 50 mil para o mercado de opções, na média. Especificamente, cada negócio da tabela X representa uma linha no arquivo de seu respectivo dia; então, para evidenciar a dimensão da quantidade de informações esses negócios correspondem a 27.240.844.289 de registros (ou linhas). Vale ressaltar que além do mercado de ações e opções de ações existem outros mercados (como termos, obrigações, opções de índices etc).

Neste trabalho, foram avaliados cada dia de negócio entre de 1 de Janeiro de 2011 a 31 de Dezembro de 2012, num total de dias de negócio no intervalo de 495. Além disso, foram os quatro últimos dias de negócio de Dezembro de 2010, para que para toda a amostra pelo todas as opções tivessem pelo menos quinze dias de tempo até o vencimento. Então, deveriam ter sido analisados 998 arquivos, 499 para cada mercado (ações e opções). No entanto, em razão da indisponibilidade do mês de Julho de 2012 para o mercado à vista e do mês de Setembro de 2012 para o mercado de opções na base de dados fornecida pela BM&F Bovespa, o total de negócios incluído na amostra é um pouco menor do que o total efetivo, pois foram perdidos 40 dias. Adiante os dados são detalhados.

Foram observados, em cada dia, cada um dos negócios realizados com as opções de compra da VALE5, PETR4, OGXP3, BVMF3 e ITUB4. Para justificar essa escolha, na tabela 2 apresenta-se a representatividade das opções dessas ações durante o período analisado:

Tabela 2 – Negócios com opções de compra das ações selecionadas

mês-ano	Total de negócios de opções de compra (calls) por ação objeto					Total	% do total negociado
	VALE5	PETR4	OGXP3	BVMF3	ITUB4		
jan-11	975.128	614.872	75.271	21.808	647	1.687.726	98,92%
fev-11	1.114.024	702.359	129.491	28.172	903	1.974.949	99,30%
mar-11	1.042.221	551.004	123.714	24.717	1.489	1.743.145	98,89%
abr-11	931.979	466.581	286.291	37.093	1.340	1.723.284	99,10%
mai-11	988.538	503.275	251.508	25.928	1.979	1.771.228	99,10%
jun-11	720.075	468.497	174.387	23.636	2.035	1.388.630	99,09%
jul-11	894.897	452.534	188.281	19.854	2.549	1.558.115	99,16%
ago-11	1.037.122	621.688	199.217	22.138	4.983	1.885.148	99,29%
set-11	1.113.909	533.746	264.933	29.814	44.567	1.986.969	99,37%
out-11	1.020.361	654.706	312.607	32.823	68.190	2.088.687	99,33%
nov-11	991.538	822.441	229.522	35.780	41.072	2.120.353	99,41%
dez-11	714.830	712.846	195.073	33.897	62.380	1.719.026	98,96%
jan-12	936.512	874.415	286.921	32.184	57.515	2.187.547	98,38%
fev-12	897.909	947.422	368.796	43.123	40.671	2.297.921	97,36%
mar-12	1.241.760	923.913	285.693	46.522	64.335	2.562.223	96,50%
abr-12	1.313.197	622.743	265.755	32.657	44.980	2.279.332	97,01%
mai-12	1.452.266	1.018.837	339.638	25.496	49.703	2.885.940	97,39%
jun-12	1.190.774	948.508	298.212	33.073	39.814	2.510.381	97,31%
jul-12	1.179.319	952.495	210.417	46.237	53.599	2.442.067	96,05%
ago-12	1.111.484	1.139.646	252.325	53.535	46.855	2.603.845	95,91%
set-12	1.662.684	842.869	154.784	45.772	38.210	2.744.319	96,36%
out-12	1.216.121	724.793	175.962	38.236	17.662	2.172.774	97,27%
nov-12	921.982	631.294	103.284	40.363	21.241	1.718.164	96,15%
dez-12	1.042.350	596.600	100.863	41.359	22.806	1.803.978	96,30%
Total	25.710.980	17.328.084	5.272.945	814.217	729.525	49.855.751	97,84%

Percebe-se, então, que o percentual de negócios de opções de compra das ações selecionadas representou 97.84% do total de negócios realizados no total do mercado.

Para cada negócio no mercado de opções foram coletados a quantidade, o preço e também coletada a cotação da ação no mercado de ações no instante do negócio; de outra base de dados, também obtida junto à Bovespa, com os dados das transações de final de dia (EOD), foi possível extrair os dados da opção negociada, entre as quais a data de vencimento e o preço de exercício. Foram, então, organizadas assim as seguintes variáveis:

i. Valor intrínseco (VI). Calculado com base no preço da ação observado no momento da operação com a opção no mercado à vista e o preço de exercício da opção. Igual à

diferença entre esse preço da ação e o preço de exercício da opção, quando essa diferença for positiva; igual a zero em caso contrário.

ii. Valor extrínseco (VE). Calculado como a diferença entre a cotação observada da ação e o valor intrínseco (VI).

iii. “*Moneyness*”. Calculada com a razão entre o último preço da ação observado no mercado à vista e o preço de exercício da opção.

iv. Tempo para o vencimento, calculado como a diferença entre a data de vencimento da opção e a data da operação.

Na tabela 3, a seguir, é apresentado o resumo dos dados da amostra, considerando o exposto até aqui.

Tabela 3 – Resumo da amostra, dados e variáveis

Ação	VALE5	PETR4	OGXP3	BVMF3	ITUB4
Dias	459	459	459	459	459
Total de opções únicas	728	678	629	296	412
Total de negócios	22.960.156	15.631.760	4.918.099	724.211	637.764
<i>Moneyness (S/K)</i>					
Média	1,0037	0,9873	0,9457	0,9855	0,9761
Variância	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Valor extrínseco					
Média	0,5539	0,2939	0,2794	0,1769	0,6495
Variância	0,0031	0,0012	0,0011	0,0005	0,0031
Média de dias até o vencimento	29,36	31,93	26,51	23,15	28,11

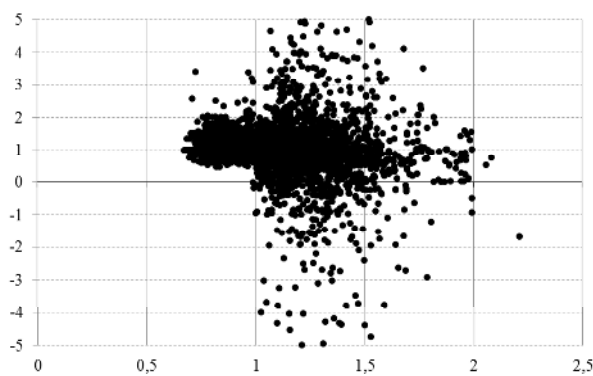
Com base nesse resumo, percebe-se que, exceto para as opções da VALE5, na média os preços de exercício são “fora do dinheiro”, ou seja, negociados sem valor intrínseco. Além disso, o valor extrínseco apresenta reduzida variância, mesmo considerando diferentes períodos, tempo até o exercício e *moneyness*.

Além disso, cada opção foi avaliada, em média, desde cinco ou seis semanas antes de seu vencimento. Isso mostra que os negócios se concentraram em opções com vencimento em até duas próximas séries. De fato, a maior parte dos negócios aconteceu principalmente nas três semanas (quinze dias) que antecedem.

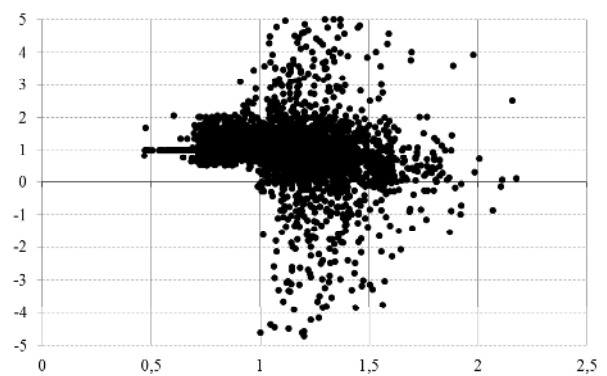
De posse desses dados para cada dia, para cada ação foi elaborada uma tabela, com três planilhas: uma das transações ocorridas em cada dia no mercado de opções, outra com cada uma das transações ocorridas com a ação no mercado de ações e a última com o resumo diário. A consolidação dessas terceiras planilhas é que foi utilizada para os testes explicados na seção

seguinte. Foram também calculadas as volatilidades dos retornos das cinco ações, representadas pelo desvio padrão anual dos retornos diários da ação (um dia com duzentos e cinquenta e dois dias), e junto ao Banco Central foi coletada a taxa Selic anualizada (com duzentos e cinquenta e dois dias), em periodicidade diária.

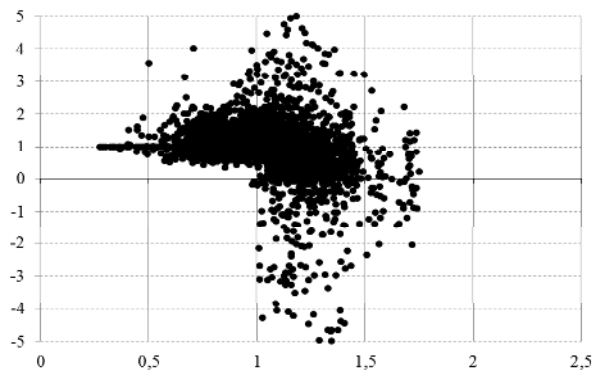
Para efeito de comparação, para cada opção foi calculada a razão entre o valor extrínseco médio mensurado com os dados intradiários (“*tick by tick*”) e o valor extrínseco calculado com as últimas cotações do dia (“*end of day*”). Os gráficos a seguir apresentam a relação dessas razões (no eixo vertical) com a *moneyness* (eixo horizontal):



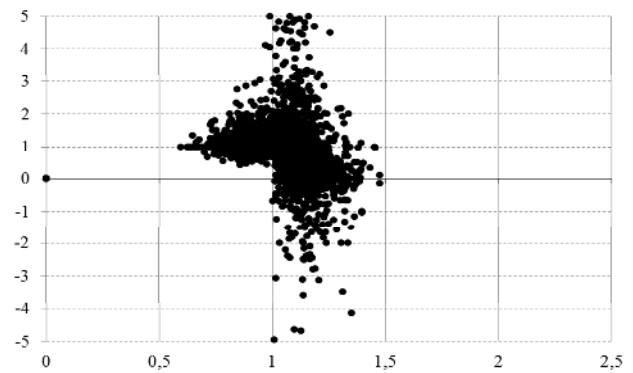
VALE5



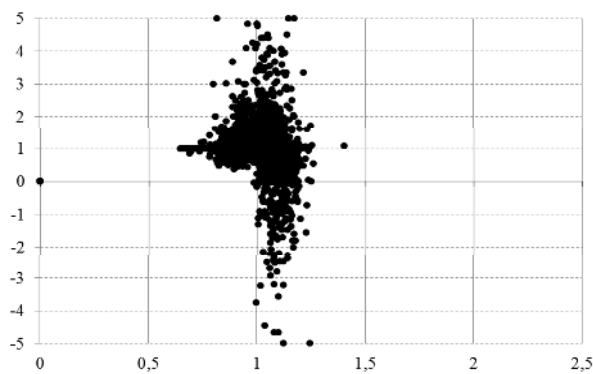
PETR4



OGXP3



BVMF3



ITUB4

Representação da diferença entre o VE médio mensurado “*tick by tick*” e do calculado com as últimas cotações

Os gráficos foram cortados no eixo vertical na razão entre -5 e +5 (que significa que o valor calculado com os dados de final de dia são cinco vezes menores ou maiores que os observados no intradiário); existem valores além desse intervalo, que foram omitidos para facilitar a representação.

Fica evidente uma semelhança entre as cinco ações e a diferença entre as opções dentro e fora do dinheiro. No caso das dentro do dinheiro ($M > 1$) a dispersão é consideravelmente maior. Além disso, nessas opções o valor extrínseco calculado pode ser negativo, o que não faz sentido.

3.2 Modelos testados

De posse dos dados, foram então realizados conjuntos de procedimentos. De maneira geral, o valor extrínseco foi considerado a variável explicada, e as variáveis explicativas foram selecionadas de acordo com os estudos de precificação de opções.

3.2.1 Painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas

Para avaliar o efeito das variáveis no Valor Extrínseco, foram realizados testes de dados em painel, ou seja, segundo Johnston e DiNardo (2000, p.421) “observações repetidas para o mesmo conjunto de unidades seccionais”, com a seguinte especificação:

$$VE_{it} = \alpha + S/K_{it}\beta_1 + (T - t)_{it}\beta_2 + \sigma^2_{it}\beta_3 + r_t\beta_4 + e_{it} \quad (14)$$

Em que o VE_{it} é o valor extrínseco da opção i no dia t . As variáveis explicativas são S/K_{it} , o quociente entre o preço da ação e o preço de exercício da opção i no dia t , $(T - t)$ que representa o número de dias até o vencimento da opção i no dia t , σ^2_{it} é a variância dos retornos da ação (igual para todas as opções, sendo possível que varie apenas ao longo do tempo) e a taxa Selic no dia t . O coeficiente α é o intercepto e e_{it} é um componente de erro.

Para a adoção da metodologia de dados em painel, é preciso analisar como é abordado o componente de erro; segundo Morettin (2003, p.437) “a forma da função de erro deve ser definida pelo pesquisador, em função do grau de conhecimento teórico que ele têm do fenômeno sob estudo”. Devem ser consideradas: (i) características específicas dos indivíduos, no caso as opções; (ii) características específicas dos períodos e (iii) características específicas

da opção e do trimestre. No contexto deste trabalho, é possível detalhar o componente de erro conforme a seguinte equação:

$$e_{it} = \mu_i + \lambda_t + v_{it} \quad (15)$$

Em que μ_i representa um efeito não observável (não incluído no modelo) específico da opção. O termo λ_t representa um efeito não observável específico do dia, e v_{it} representa o erro não sistemático (aleatório), independente ao longo do tempo e das opções.

Existem dois principais modelos para a análise de dados em painel, o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios, que variam de acordo com as suposições sobre o componente de erro. Segundo Johnston e DiNardo (2000), o pressuposto essencial que distingue o modelo de efeitos de aleatórios do modelo de efeitos fixos é que o efeito específico do indivíduo, invariante no tempo, não está relacionado com a variável explicativa.

A escolha entre os modelos de efeitos fixos e aleatórios pode ser conduzida com o procedimento de Hausman; estatisticamente, os efeitos fixos sempre apresentam resultados consistentes, mas nem sempre representam o modelo mais eficiente. O modelo de efeitos aleatórios proporciona maior confiabilidade nos testes referentes à significância dos parâmetros, e deve ser empregado quando estatisticamente justificado.

O teste de Hausman verifica a eficiência dos modelos; primeiro, estimam-se ambos os modelos, de efeitos fixos e aleatórios. Depois, comparam-se os resultados; assumindo a hipótese nula de que os coeficientes estimados com efeitos aleatórios sejam os mesmos dos estimados; se forem de fato estatisticamente iguais, é seguro considerar o modelo de efeitos aleatórios. Em caso contrário, deve-se optar pelo modelo de efeitos fixos.

Além disso, é importante verificar a correlação serial nas observações, o pode resultar na perda de eficiência do modelo, enviesando os erros padrão. Uma das metodologias é discutida por Wooldridge (2002), e implementada por Drukker (2003). Em caso de verificação de correlação serial, uma alternativa para correção do problema é estimar os painéis considerando correlação entre as os grupos de observações individuais; ou seja, as observações são independentes entre os grupos de observações individuais, mas não para um mesmo indivíduo. Com isso, a matriz de covariância e os erros padrão são corrigidos.

Os procedimentos foram realizados para cada conjunto de dados de opções das cinco ações, usando como variáveis duas fontes distintas para os mesmos dias: uma com os dados captados conforme explicado, e também utilizando os dados de final de dia. Além disso, em

seguida, para avaliar se existe diferença em razão da *moneyness*, as amostras foram também segmentadas em duas partes, dentro ou fora do dinheiro.

3.2.2 Painel do valor extrínseco defasado

Para avaliar o efeito do tempo, foi construído um modelo de dados em painel para análise de séries temporais simples. Trata-se de um em que uma sucessão cronológica em que o valor extrínseco é função de seus valores passados, um conjunto de variáveis explicativas e alguma perturbação:

$$VE_{it} = f(VE_{it-1}, VE_{it-2}, \dots, X, u_{it}) \quad (16)$$

Segundo Johnston e DiNardo (2000), para que a equação (17) se torne operacional, é preciso especificar: (i) a forma funcional de $f(VE)$, (ii) o número de defasagens que será incluído no modelo e (iii) a estrutura do termo de perturbação. A especificação (ii) representa a ordem do processo auto-regressivo, enquanto a especificação (iii) define a ordem do processo de médias móveis da perturbação u_t .

A modelagem desse processo, segundo Johnston e DiNardo (2000), segue três passos:

- (1) Verificar se a série é estacionária (e, em caso negativo, transformá-la em uma).
- (2) Usando as propriedades da auto-correlação da série definida escolher algumas especificações para estimação e diagnóstico.
- (3) Calcular previsões para um período relevante à especificação escolhida.

Foi então especificada a seguinte equação:

$$VE_{it} = \alpha + \beta_0 VE_{it-1} + (T - t)_{it} \beta_2 + e_{it} \quad (17)$$

O tempo até o vencimento foi incluído em razão de ser um componente de tendência cujo efeito já é esperado, do decaimento que provoca no valor extrínseco. Como entre as variáveis explicativas existe uma defasagem da variável explicada, é indicado o procedimento de Arellano e Bond (1991), para estimação de painéis dinâmicos.

Esse procedimento foi realizado para cada conjunto de dados de opções de cada ação. Além disso, em seguida, para avaliar se existe diferença em razão da *moneyness*, as amostras foram também segmentadas em duas partes, dentro ou fora do dinheiro.

3.2.3 Análise de regressão simples das sub-séries diárias de ativos

Foram realizadas regressões simples para cada sub-série de dados, dos negócios realizados de cada opção ao longo do dia. Então, foram construídas mini-séries, em que se buscou avaliar o efeito da variação do preço da ação no valor extrínseco da opção, conforme a seguir:

$$VE_i = \alpha + S/K_i\beta_i + e_i \quad (18)$$

Percebe-se que é uma segmentação da equação (14), realizada várias vezes ao longo do dia para cada ativo. Com isso, foram obtidos os coeficientes de correlação e os β de cada ativo, para comparar os efeitos de S/K .

A principal razão aqui é, uma vez que as demais variáveis explicativas (taxa de juros e volatilidade da ação), num dia, podem ser consideradas como dadas, estaríamos isolando o efeito de S/K .

Isso não foi possível para todas as opções, pois algumas apresentaram um único negócio no dia. E, para outras, a quantidade de negócios foi reduzida, o que compromete o resultado dos testes. No entanto, ainda assim, foi possível obter resultados consistentes para as opções mais negociadas.

A seguir, serão apresentados os resultados dos testes.

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados dos testes realizados.

4.1 Resultados das opções da VALE5

A VALE5 é a ação em que são observados os maiores números de negócios de opções, conforme já foi apresentado; além disso, se diferencia das demais ações estudadas em razão da *moneyness* de suas opções negociadas apresentarem a média “fora do dinheiro”. O gráfico 6 resume a distribuição da amostra:

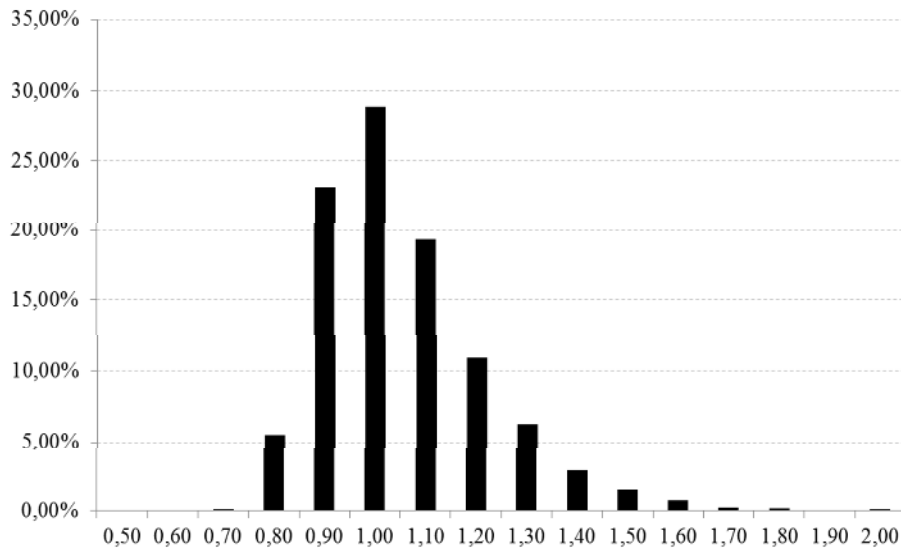


Gráfico 6 – Histograma de *moneyness* das opções de VALE5 da amostra

De fato, fica evidente que a frequência é consideravelmente maior perto do dinheiro (“*at the money*”, *ATM*), entre 10% dentro e fora do dinheiro. Agrupando as opções em 16 grupos, de 0,10 de *moneyness* cada entre 0,50 e 2,00, é possível avaliar o valor extrínseco médio de cada grupo, conforme o gráfico 7:

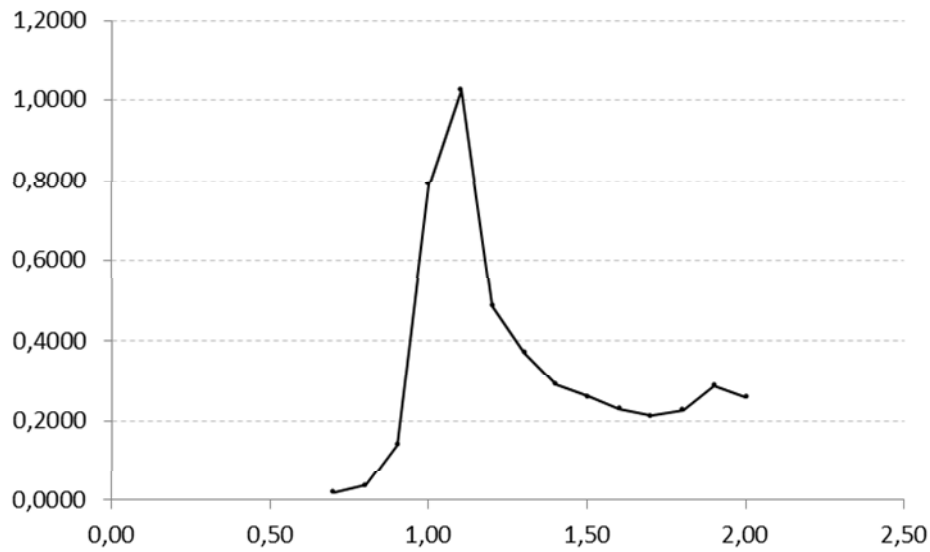


Gráfico 7 – Valor extrínseco médio observado por *moneyness* das opções de VALE5 da amostra

Primeiro, ressalta-se o formato muito parecido com o primeiro gráfico apresentado nesta tese, em que as opções no dinheiro apresentam maior valor extrínseco. Segundo, é possível perceber a assimetria, em que o valor extrínseco das opções dentro do dinheiro é maior em comparação às fora do dinheiro.

Outra observação interessante é a semelhança entre a distribuição dos negócios e o valor intrínseco, entre os diferentes níveis de *moneyness*. Isso pode significar uma relação de causalidade, em que as opções de maior valor extrínseco atraem mais negócios, e/ou que o valor extrínseco é maior justamente por existirem mais negócios.

Com base nas regressões realizadas dentro do dia, com os negócios de cada opção, é possível avaliar a relação entre essas variáveis. No gráfico 8, a seguir, são apresentados os coeficientes de correlação linear médio das regressões dentro de cada grupo:

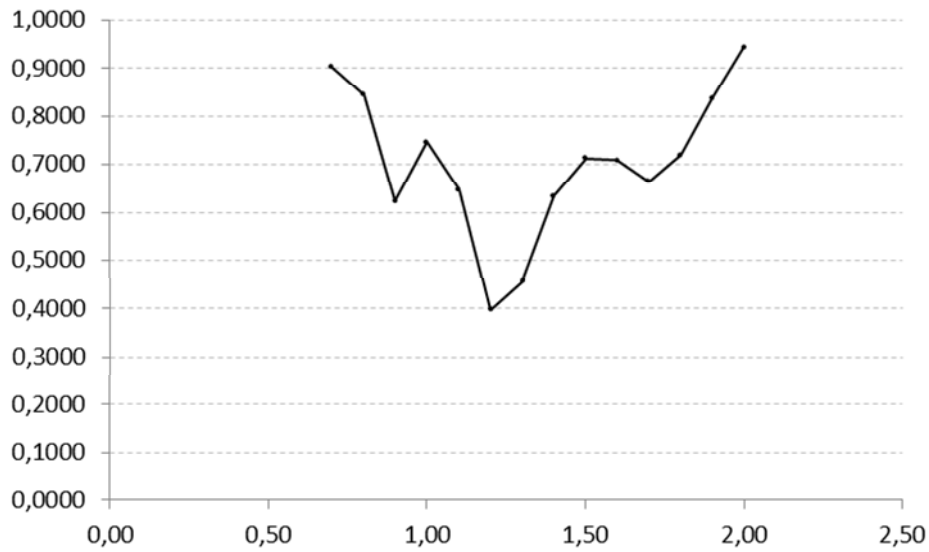


Gráfico 8 – Coeficiente de correlação linear por *moneyness* das opções de VALE5 da amostra

Percebe-se que os valores são maiores conforme as opções entram ou saem no dinheiro. Uma possível explicação para isso poderia ser novamente a quantidade de negócios, em que os coeficientes seriam maiores justamente nos casos em que existem menos negócios. No entanto, existem outros dois picos, bastante simétricos em torno da média, em que a frequência não é baixa (o que pode ser observado na comparação com o gráfico 6), enfraquecendo esse argumento. A tabela 4 detalha um pouco mais os demais parâmetros da regressão:

Tabela 4 – Resumo das regressões intra diárias para as opções da VALE5

<i>Moneyness</i>	$(S/K)_{me}$	VE_{me}	σVE	α_{me}	$\sigma(\alpha)$	β_{me}	$\sigma(\beta)$	n_{me}	R^2_{me}
0,50									
0,60									
0,70	0,6819	0,0202	0,0000	0,4505	0,1515229	-0,6374	0,2222	3,3226	0,9023
0,80	0,7705	0,0364	0,0006	-0,0714	0,3594697	0,1390	0,4638	3,3516	0,8431
0,90	0,8554	0,1410	0,0002	-0,9957	0,7047658	1,3063	0,8223	59,9975	0,6228
1,00	0,9487	0,7917	0,0034	-8,5407	1,8194669	9,7296	1,8991	1180,4534	0,7459
1,10	1,0445	1,0253	0,0047	11,9877	2,6711999	-10,5892	2,5491	1780,1741	0,6469
1,20	1,1456	0,4869	0,0046	4,3393	4,7108818	-3,3261	4,1283	280,1794	0,3973
1,30	1,2430	0,3711	0,0040	3,9822	5,6454067	-2,9336	4,5558	42,0932	0,4571
1,40	1,3434	0,2911	0,0069	-9,2550	5,9623738	6,8485	4,4619	13,3636	0,6337
1,50	1,4422	0,2617	0,0030	5,2288	4,8708901	-3,5289	3,3718	3,0117	0,7123
1,60	1,5390	0,2303	0,0025	4,0268	3,5534054	-2,4835	2,2973	6,0182	0,7089
1,70	1,6508	0,2128	0,0136	28,7392	33,256181	-17,3562	20,0659	4,4909	0,6648
1,80	1,7454	0,2270	0,0209	-50,1888	5,3522844	29,3951	3,0531	3,6571	0,7188
1,90	1,8505	0,2879	0,0016	16,4235	3,3536548	-8,8029	1,8016	1,7778	0,8357
2,00	1,9740	0,2592	0,0317	19,4475	1,5835459	-9,7681	0,8088	0,4375	0,9435

4.1.1 Painel do valor extrínseco da VALE5 com as variáveis explicativas selecionadas

Este teste refere-se ao modelo (14) apresentado para as opções de compra da VALE5. Os testes indicaram correlação serial, que foi corrigida com a estimação robusta dos erros padrão com *cluster* por opção. Foi realizada a estimação tanto do modelo de efeitos fixos como do modelo de efeitos aleatórios, e os resultados foram submetidos ao teste de Hausman, que para todos os casos indicou o modelo de efeitos fixos. Inclusive, esses resultados e procedimentos valem para as demais ações; então, daqui em diante, todos os resultados apresentados se referem a esses modelos.

Na tabela 5 são apresentados os resultados dos testes para os dados observados “*tick by tick*” e os dados observados no final do dia. Três asteriscos indicam que o valor-p é menor do que 0,01, dois asteriscos indicam que o valor-p é menor do que 0,05 e um asterisco indica que o valor-p é menor do que 0,10. Coeficientes sem essa identificação não foram considerados significantes.

Tabela 5 – Resultado do painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas para as opções da VALE5

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
T – t	<i>Coeficiente</i>	0,0214***	0,0251***	0,0162***	0,0214***	0,0248***	0,0164***
	<i>Erro padrão</i>	0,0007	0,0007	0,0008	0,0007	0,0007	0,0008
M	<i>Coeficiente</i>	1,0339***	-3,0541***	5,393***	0,9257***	-3,184***	5,291***
	<i>Erro padrão</i>	0,2735	0,2215	0,2689	0,2707	0,2377	0,2620
$\sigma^2 S_d$	<i>Coeficiente</i>	-0,2658	0,1379	2,0358	-0,3981	0,0577	1,7803
	<i>Erro padrão</i>	1,0995	0,9644	1,3061	1,0970	1,0029	1,2997
r	<i>Coeficiente</i>	-4,5316	-4,1006	5,5025	-5,1875	-5,2425**	5,0829
	<i>Erro padrão</i>	3,8544	2,5054	4,8932	3,9103	2,5162	4,8957
α	<i>Coeficiente</i>	-0,5646	3,9726***	-6,0167***	-0,366	4,2461***	-5,8182***
	<i>Erro padrão</i>	0,6481	0,4817	0,7614	0,6543	0,5050	0,7616
R²	<i>within</i>	0,6080	0,7884	0,6817	0,5729	0,6757	0,6769
	<i>between</i>	0,3656	0,7681	0,6765	0,3566	0,7425	0,6724
	<i>overall</i>	0,3925	0,6767	0,7113	0,3689	0,6105	0,7092
Variância	<i>sigma_u</i>	0,5512	0,4352	0,3780	0,5607	0,4667	0,3797
	<i>sigma_e</i>	0,3147	0,2022	0,2734	0,3380	0,2686	0,2774
	<i>rho</i>	0,7541	0,8224	0,6565	0,7335	0,7512	0,6519
Sargan-Hansen	χ^2	36,8750	57,9780	21,7980	37,0440	63,5540	21,0290
	<i>Prob. > χ^2</i>	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0003

Antes de especificamente avaliar os resultados, vale ressaltar que o procedimento foi realizado duas vezes; na primeira, todas as opções, ITM e OTM foram avaliadas em conjunto, e

os resultados são referidos como “Geral”. Em seguida, a amostra foi segmentada em duas, de acordo com a posição no dinheiro. Vale adiantar que os resultados melhoram bastante, justamente em razão do efeito contrário que algumas variáveis exercem de acordo com a *moneyness* da opção. Além disso, a intensidade das relações entre as variáveis também se altera. Vale ressaltar que como se trata de um modelo de efeitos fixos, existe uma constante específica estimada para cada opção, que não é apresentada nos resultados.

Primeiro, avaliando o tempo até o vencimento; verifica-se que os coeficientes no modelo geral, tanto com os dados dos valores extrínsecos instantâneos como nos dados de final de dia, a cada dia mais próximo do vencimento a opção perderia aproximadamente R\$0,02⁴. Porém, se for considerada a posição da opção no dinheiro, vale destacar a diferença entre as opções ITM e OTM, em que nas primeiras a perda diária se aproxima de R\$0,025 contra R\$0,016, respectivamente. Uma diferença de praticamente um centavo.

A *moneyness* exerce um efeito bastante relevante; os coeficientes estimados são negativos para as opções ITM e positivos para as opções OTM. Vale ressaltar então o papel da constante. Nota-se que os sinais são também contrários, e servem como balanço para o coeficiente de *moneyness*. Comparando os dados instantâneos com os dados de final de dia, os coeficientes de final de dia são cerca de dez centavos menores, porém as constantes são cerca de vinte centavos maiores.

Acerca das demais variáveis, vale destacar que a volatilidade (desvio padrão dos retornos diários) da ação não foi estatisticamente significativa. O efeito da taxa Selic nas opções ITM foi significativo com os dados de final de dia.

Comparando a capacidade de explicação, são avaliados os R^2 . O R^2 “*within*” representa o coeficiente de correlação sem considerar as diferenças entre as opções. No R^2 “*between*” primeiro são calculados os valores usando os parâmetros estimados e as médias “entre” os indivíduos das variáveis explicativas, e é então calculado o coeficiente de correlação entre esses valores e os originais. E no R^2 “*overall*” primeiro são calculados os valores usando os parâmetros estimados e os valores originais das variáveis explicativas, e então é calculado o coeficiente de correlação entre esses valores e os originais. Percebe-se que, em todos os casos, os valores são superiores quando são utilizados os valores extrínsecos instantaneamente observados, com destaque para as ITM.

Avaliando variância, no caso dos valores extrínsecos instantâneos, 75,41% da variância é explicada por características específicas da opção, enquanto com os dados de final de dia esse

⁴ Essa interpretação, ao contrário do sinal do coeficiente, decorre do fato de que a variável “tempo até o vencimento” diminui uma unidade a cada dia.

valor é de 71,14%. Esses valores são maiores para as opções ITM e menores para as OTM, e no caso dos valores extrínsecos instantâneos, os valores são também maiores em comparação aos de final de dia.

4.1.2 Painel do valor extrínseco defasado das opções da VALE5

Para avaliar o efeito do tempo no valor extrínseco, foi empregado o modelo 17. Os resultados são apresentados na tabela 6:

Tabela 6 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado para as opções da VALE5

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
VEt-1	<i>Coefficiente</i>	0,374***	0,2904***	0,3853***	0,0671***	-0,1137***	0,3098***
	<i>Erro padrão</i>	0,0083	0,0130	0,0102	0,0093	0,0141	0,0107
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0127***	0,0107***	0,0154***	0,0229***	0,029***	0,0166***
	<i>Erro padrão</i>	0,0008	0,0014	0,0010	0,0012	0,0023	0,0011
α	<i>Coefficiente</i>	-0,0232	0,214***	-0,2049***	-0,141***	0,0354	-0,2068***
	<i>Erro padrão</i>	0,0219	0,0322	0,0292	0,0322	0,0545	0,0337
R²		0,7485	0,8609	0,6592	0,3660	0,4766	0,5846

O primeiro parâmetro de interesse é o coeficiente do valor extrínseco defasado; no geral, 0,3740 do valor extrínseco do último período é absorvido no valor extrínseco do período. Além disso, ocorreria uma perda diária de R\$0,0127 por dia que se aproximasse do vencimento, e mais uma perda constante de R\$0,0232 (porém não significativa). Segmentando a amostra, percebe-se um comportamento diferente para as opções ITM: o coeficiente da variável defasada e a perda diária são menores, 0,2904 e 0,0107; além disso, verificou-se um ganho constante de R\$0,2140, estatisticamente significativo. No caso das opções OTM, o coeficiente da variável defasada e a perda diária são maiores, 0,3853 e 0,0154, mas a perda constante é de R\$0,2049 e estatisticamente significativa.

Comparando com os resultados dos dados de final de dia. A principal diferença reside no coeficiente da variável defasada das opções ITM, que além de inverter o sinal diminui para 0,1137. Pouca diferença se observa nas opções OTM.

No entanto, os coeficientes de correlação são consideravelmente maiores no caso dos valores extrínsecos instantâneos, especialmente no caso das opções ITM.

4.2 Resultados das opções da PETR4

Uma vez que os procedimentos realizados são semelhantes para todos os ativos, daqui em diante, para evitar repetições desnecessárias, muito do que foi comentado para a VALE5 será aproveitado, e a ênfase será dada nas diferenças observadas.

A primeira diferença observada no caso das opções da PETR4 incluídas na amostra consiste na distribuição dos negócios em torno da *moneyness*, conforme o gráfico 9:

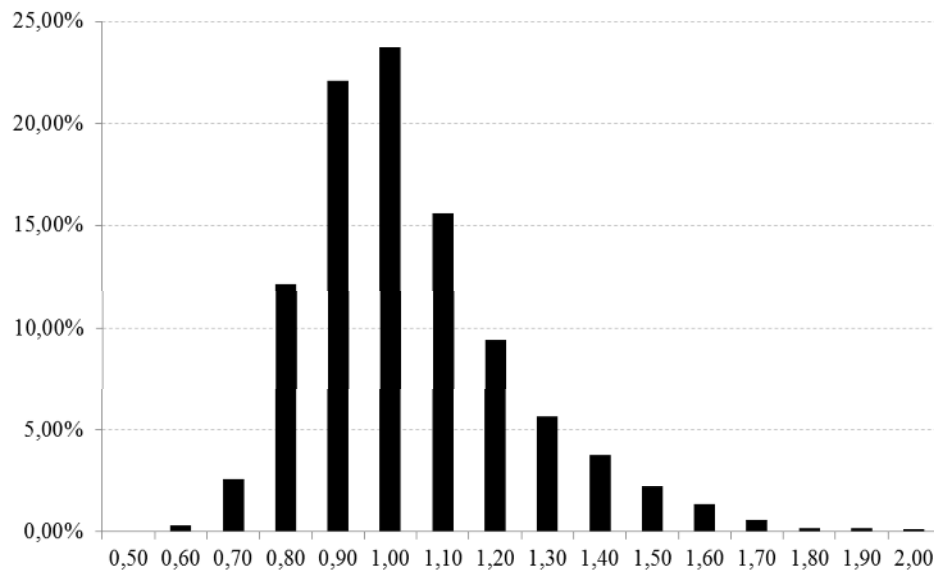


Gráfico 9 - Histograma de *moneyness* das opções de PETR4 da amostra

É possível perceber que também predominam os negócios “perto do dinheiro”, no entanto existe uma concentração maior de negócios dentro do dinheiro, em comparação à VALE5.

Em comparação ao valor extrínseco instantâneo, o formato da curva é também bastante parecido com o esperado, conforme o gráfico 10:

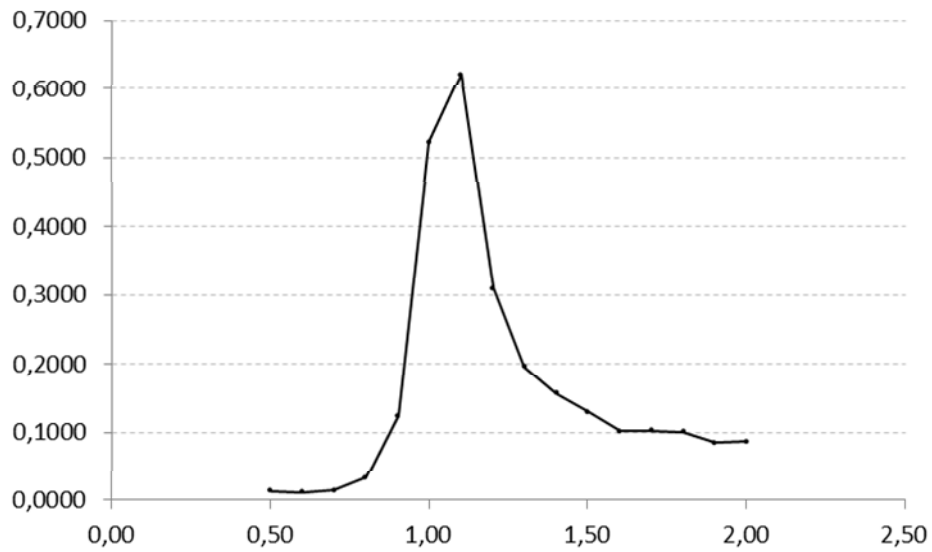


Gráfico 10 - Valor extrínseco médio observado por *moneyness* das opções de PETR4 da amostra

Percebe-se a mesma assimetria, em que as opções dentro do dinheiro apresentam um valor extrínseco maior do que as equivalentes fora do dinheiro.

O coeficiente de correlação das regressões é bastante parecido com o observado na VALE5, porém mais “linear” nas opções dentro do dinheiro (não há aquele pico), conforme pode ser observado no gráfico 11:

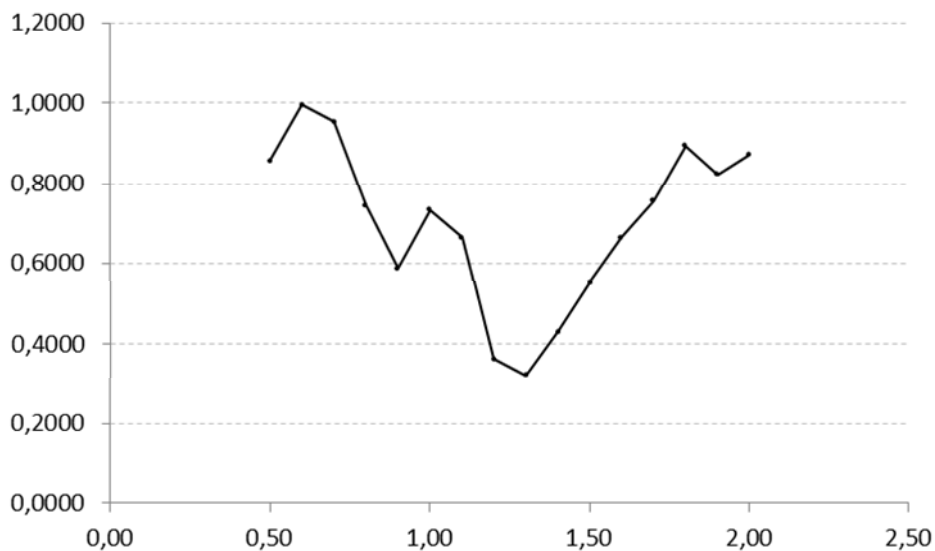


Gráfico 11 - Coeficiente de correlação linear por *moneyness* das opções de PETR4 da amostra

A tabela seguinte apresenta o resumo dos demais resultados das regressões intra diárias:

Tabela 7 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da PETR4

<i>Moneyness</i>	$(S/K)_{me}$	VE_{me}	σVE	α_{me}	$\sigma(\alpha)$	β_{me}	$\sigma(\beta)$	n_{me}	R^2_{me}
0,50	0,4812	0,0136	0,0000	0,1943	0,1545	-0,3821	0,3267	1,2222	0,8562
0,60	0,5685	0,0112	0,0002	-0,2885	0,1577	0,5419	0,2852	0,1765	0,9948
0,70	0,6661	0,0137	0,0000	-0,0946	0,0761	0,1608	0,1128	2,7199	0,9533
0,80	0,7592	0,0330	0,0000	-0,1168	0,4518	0,1920	0,5864	12,7504	0,7451
0,90	0,8513	0,1239	0,0001	-0,6631	0,6401	0,9059	0,7510	109,8747	0,5884
1,00	0,9480	0,5222	0,0013	-4,5095	1,1153	5,2478	1,1744	983,2791	0,7329
1,10	1,0441	0,6216	0,0020	6,9418	1,2035	-6,0958	1,1502	1748,3474	0,6654
1,20	1,1472	0,3094	0,0016	3,5948	1,8252	-2,8868	1,5867	594,8370	0,3639
1,30	1,2472	0,1965	0,0024	2,3706	2,5513	-1,7399	2,0448	201,9923	0,3240
1,40	1,3460	0,1571	0,0021	1,3188	3,3645	-0,8632	2,5103	46,6714	0,4303
1,50	1,4459	0,1296	0,0021	-0,2977	3,7135	0,2896	2,5375	20,4101	0,5520
1,60	1,5502	0,1019	0,0032	0,6777	3,6302	-0,3497	2,3395	9,1111	0,6645
1,70	1,6400	0,1028	0,0064	1,5245	4,9976	-0,8781	3,0499	7,1128	0,7561
1,80	1,7478	0,1009	0,0081	0,3226	14,7635	-0,1670	8,4624	0,4186	0,8940
1,90	1,8429	0,0848	0,0020	0,8134	1,1110	-0,3944	0,6052	0,8537	0,8236
2,00	2,0085	0,0871	0,0021	0,7304	1,2136	-0,3054	0,5892	1,2917	0,8708

É possível perceber uma mudança de inclinação conforme aumenta a *moneyness*, o que pode ser percebido com os sinais dos coeficientes angulares. Além disso, tendem a ser menores em módulo nos extremos, e mais estatisticamente significativos quanto maior a *moneyness*, o que pode ser percebido com o aumento do desvio padrão dos coeficientes.

4.2.1 Painel do valor extrínseco da PETR4 com as variáveis explicativas selecionadas

Os resultados verificados com as opções da PETR4 apresentam um comportamento bastante parecido aos estimados para a VALE5, na questão do balanceamento dos sinais. No entanto são consideravelmente menores; por exemplo, as perdas com a aproximação do vencimento são cerca de um centavo.

A principal diferença é na significância da volatilidade da ação nas opções OTM.

Tabela 8 - Resultado do painel do valor extrínseco com as variáveis explicativas selecionadas para as opções da PETR4

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
T - t	<i>Coeficiente</i>	0,0112***	0,013***	0,0077***	0,0113***	0,013***	0,0078***
	<i>Erro padrão</i>	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005
M	<i>Coeficiente</i>	0,5682***	-1,3294***	2,5072***	0,4757***	-1,5297***	2,4355***
	<i>Erro padrão</i>	0,1498	0,1248	0,1359	0,1489	0,1335	0,1323
$\sigma^2 S_d$	<i>Coeficiente</i>	1,4128**	0,4639	1,7667**	1,2496*	0,1953	1,6117**
	<i>Erro padrão</i>	0,6668	0,7191	0,8209	0,6649	0,6885	0,8153
r	<i>Coeficiente</i>	-3,6863	-6,228**	0,2638	-3,9342	-6,749**	0,0336
	<i>Erro padrão</i>	2,5554	2,5498	2,8955	2,5759	2,7286	2,8916
a	<i>Coeficiente</i>	-0,6203	2,1495***	-2,6744***	-0,4637	2,5153***	-2,5504***
	<i>Erro padrão</i>	0,3855	0,3975	0,4373	0,3877	0,4183	0,4323
R²	<i>within</i>	0,5643	0,7075	0,6336	0,5204	0,5627	0,6285
	<i>between</i>	0,4234	0,7307	0,6929	0,4224	0,7008	0,6954
	<i>overall</i>	0,3244	0,6252	0,6621	0,3057	0,5436	0,6598
Variância	<i>sigma_u</i>	0,2705	0,2735	0,2139	0,2709	0,3076	0,2117
	<i>sigma_e</i>	0,1889	0,1258	0,1651	0,2063	0,1760	0,1661
	<i>rho</i>	0,6722	0,8253	0,6267	0,6330	0,7534	0,6189
Sargan-Hansen	χ^2	23,7680	54,5310	16,1550	22,6830	72,4850	14,0510
	<i>Prob. > χ^2</i>	0,0001	0,0000	0,0028	0,0001	0,0000	0,0071

Vale ressaltar que, nesse caso, os valores estimados com os dados de final de dia são próximos e os sinais se mantêm. No entanto, a capacidade de explicação com os valores intrínsecos instantâneos também é maior em todos os casos (com destaque para as ITM), assim como a variância atribuída aos fatores específicos das opções.

4.2.2 Painel do valor extrínseco defasado das opções da PETR4

Avaliando o comportamento do valor extrínseco defasado no tempo, o padrão é praticamente o mesmo do observado com a VALE5, conforme a tabela 9:

Tabela 9 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da PETR4

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
VEt-1	<i>Coefficiente</i>	0,3187***	0,2302***	0,3634***	0,0474***	-0,0756***	0,2303***
	<i>Erro padrão</i>	0,0090	0,0162	0,0102	0,0102	0,0165	0,0114
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0063***	0,0053***	0,0073***	0,0097***	0,0108***	0,0079***
	<i>Erro padrão</i>	0,0005	0,0009	0,0005	0,0008	0,0016	0,0007
α	<i>Coefficiente</i>	0,0049	0,1464***	-0,0954***	-0,019	0,1273***	-0,083***
	<i>Erro padrão</i>	0,0143	0,0225	0,0174	0,0227	0,0407	0,0213
R²		0,6979	0,8353	0,6501	0,3032	0,4500	0,5111

As diferenças consistem nos coeficientes do tempo até o vencimento e da constante, em que no caso das opções da PETR4 são bem menores.

Vale destacar que no caso da estimação com os dados de final de dia houve a mesma diferença considerável nos parâmetros, assim como no coeficiente de correlação linear.

4.3 Resultados das opções da OGXP3

No caso da OGXP3 a distribuição dos negócios das opções de compra ainda são concentrados perto do dinheiro, porém existe uma maior frequência de negócios dentro do dinheiro, em comparação aos casos anteriores. O gráfico 12 evidencia isso:

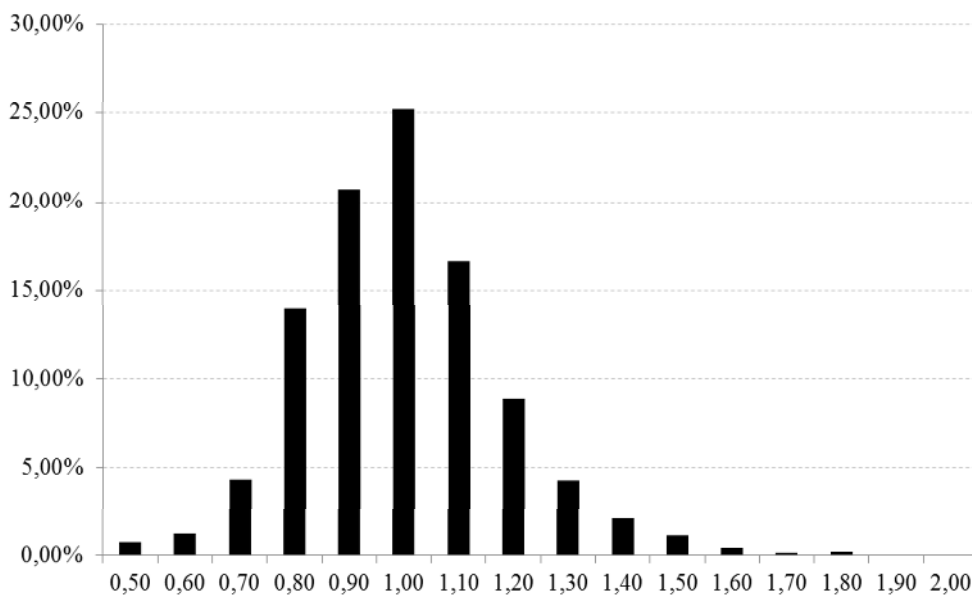


Gráfico 12 - Histograma de *moneyness* das opções de OGXP3 da amostra

No caso do valor extrínseco, é possível perceber uma menor variância e assimetria, talvez justamente pela distribuição dos negócios, conforme o gráfico 13:

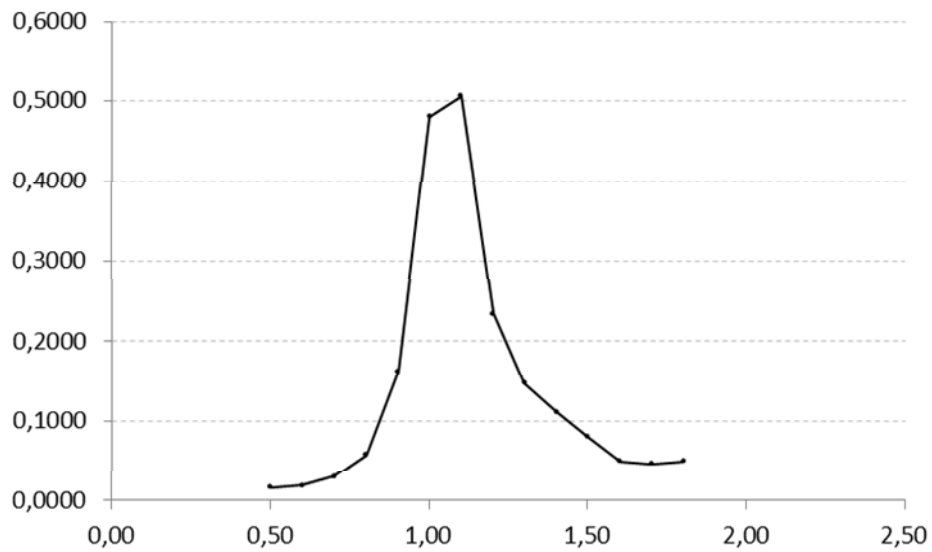


Gráfico 13 - Valor extrínseco médio observado por *moneyness* das opções de OGXP3 da amostra

Já o coeficiente de correlação das regressões difere do observado nos casos anteriores, menor nas opções fora do dinheiro (ainda que há um pico), conforme pode ser observado no gráfico 14:

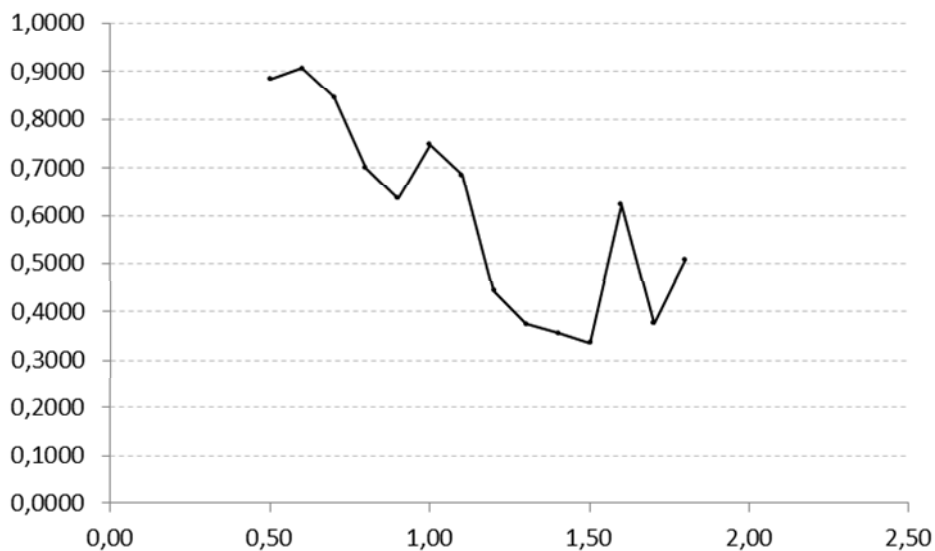


Gráfico 14 - Coeficiente de correlação linear por *moneyness* das opções de OGXP3 da amostra

Uma possível justificativa para isso é que os negócios com opções muito fora do dinheiro são praticamente inexistentes, conforme fica evidente na tabela 10, a seguir:

Tabela 10 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da OGXP3

<i>Moneyiness</i>	$(S/K)_{me}$	VE_{me}	σVE	α_{me}	$\sigma(\alpha)$	β_{me}	$\sigma(\beta)$	n_{me}	R^2_{me}
0,50	0,3884	0,0164	0,0000	-0,2364	0,2053	0,6037	0,5011	2,5914	0,8839
0,60	0,5633	0,0186	0,0001	-0,1888	0,0904	0,3465	0,1696	23,5592	0,9066
0,70	0,6599	0,0295	0,0000	-0,0038	0,0655	0,0490	0,0981	16,6821	0,8446
0,80	0,7561	0,0577	0,0011	-0,1558	0,2382	0,2741	0,3154	36,3183	0,6995
0,90	0,8516	0,1624	0,0004	-0,7826	0,3281	1,0975	0,3842	148,0413	0,6352
1,00	0,9507	0,4803	0,0014	-2,7218	0,4449	3,3470	0,4680	534,1878	0,7474
1,10	1,0450	0,5064	0,0016	4,6235	0,6944	-3,9589	0,6606	634,1340	0,6845
1,20	1,1461	0,2349	0,0014	2,1302	2,0921	-1,6762	1,8025	250,8163	0,4431
1,30	1,2421	0,1473	0,0014	2,6987	1,5482	-2,0517	1,2422	118,6259	0,3746
1,40	1,3433	0,1111	0,0016	2,4229	1,6293	-1,7163	1,2219	79,0352	0,3560
1,50	1,4360	0,0803	0,0010	0,4658	1,5524	-0,2515	1,0821	52,5845	0,3369
1,60	1,5552	0,0496	0,0013	-0,6419	2,9182	0,4243	1,8525	5,7308	0,6225
1,70	1,6556	0,0463	0,0037	-0,4440	3,0654	0,2873	1,8406	7,5263	0,3769
1,80	1,7201	0,0495	0,0006	1,3734	2,2029	-0,7568	1,2723	14,1739	0,5091
1,90									
2,00									

Percebe-se que o número de negócios médio é bastante reduzido nas *moneyiness* maiores, ou seja, dentro do dinheiro.

4.3.1 Painel do valor extrínseco da OGXP3 com as variáveis explicativas selecionadas

Os resultados do modelo com as variáveis explicativas selecionadas diferem, principalmente no tamanho dos coeficientes, em comparação aos anteriores, conforme a tabela 11:

Tabela 11 – Resultado do painel do valor extrínseco da OGXP3 com as variáveis explicativas selecionadas

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
T – t	<i>Coeficiente</i>	0,0114***	0,0131***	0,0088***	0,0115***	0,0135***	0,0088***
	<i>Erro padrão</i>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
M	<i>Coeficiente</i>	0,561***	-1,2548***	1,9072***	0,5279***	-1,3938***	1,8413***
	<i>Erro padrão</i>	0,1140	0,1120	0,0853	0,1120	0,1209	0,0823
$\sigma^2 S_d$	<i>Coeficiente</i>	0,2498	1,572***	2,298***	0,264	1,9903***	2,2242***
	<i>Erro padrão</i>	0,4274	0,5396	0,3783	0,4301	0,6725	0,3779
r	<i>Coeficiente</i>	-3,3655	-6,6772***	-5,2569**	-3,2752	-6,061***	-5,9404**
	<i>Erro padrão</i>	2,6145	2,2321	2,3530	2,6590	2,2949	2,4435
a	<i>Coeficiente</i>	-0,3401	1,3725***	-2,2321***	-0,3284	1,2573***	-2,0702***
	<i>Erro padrão</i>	0,3927	0,3241	0,3308	0,3981	0,3375	0,3395
R²	<i>within</i>	0,5803	0,7570	0,6981	0,5468	0,6459	0,6873
	<i>between</i>	0,2206	0,3758	0,1642	0,2144	0,3615	0,1598
	<i>overall</i>	0,3404	0,2892	0,2307	0,3286	0,2548	0,2193
Variância	<i>sigma_u</i>	0,2965	0,4062	0,3941	0,3019	0,4360	0,3970
	<i>sigma_e</i>	0,1711	0,1050	0,1357	0,1842	0,1445	0,1375
	<i>rho</i>	0,7502	0,9374	0,8939	0,7287	0,9011	0,8929
Sargan-Hansen	χ^2	107,0040	36,9140	52,4330	104,7410	34,0360	52,1630
	<i>Prob. > χ^2</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Percebe-se que os sinais foram mantidos, e os coeficientes do tempo até o vencimento, da *moneyness* e as constantes são próximos aos da PETR4. Em contrapartida, os coeficientes da volatilidade da ação e da Selic aumentaram, e, principalmente, são estatisticamente significantes quando realizada a segmentação em ITM e OTM.

Comparando os valores de acordo com a forma de mensuração do valor extrínseco, os coeficientes do tempo até o vencimento, da *moneyness* e as constantes são próximos. Os demais são um pouco menores no caso do final de dia.

O poder de explicação geral é melhor usando o valor extrínseco instantâneo, no entanto a diferença é menor que nos casos anteriores.

Para a segmentação ITM e OTM, variância é respectivamente explicada por 93,74% e 89,39% por fatores específicos às opções, quando avaliado o valor extrínseco instantâneo. Avaliando os dados de final de dia, são menores, 90,11% e 89,29% respectivamente.

4.3.2 Painel do valor extrínseco defasado das opções da OGXP3

No caso do valor extrínseco ao longo do tempo, o resultado é bastante semelhante ao caso da PETR4, conforme a tabela 12:

Tabela 12 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da OGXP3

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
VEt-1	<i>Coefficiente</i>	0,3553***	0,2139***	0,4089***	0,0665***	-0,116***	0,2372***
	<i>Erro padrão</i>	0,0105	0,0186	0,0125	0,0115	0,0200	0,0130
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0083***	0,0089***	0,0085***	0,0151***	0,02***	0,0112***
	<i>Erro padrão</i>	0,0006	0,0011	0,0008	0,0009	0,0019	0,0009
α	<i>Coefficiente</i>	-0,0332**	0,0657***	-0,0841***	-0,1175***	-0,0573	-0,1124***
	<i>Erro padrão</i>	0,0148	0,0241	0,0188	0,0206	0,0406	0,0211
R²		0,7082	0,7343	0,7043	0,3855	0,4447	0,5278

Ressaltando que a constante apresenta valores menores nas opções ITM, além de não estatisticamente significativa no cálculo de final de dia. Destaca-se a mesma diferença considerável nos coeficientes de correlação linear.

4.4 Resultados das opções da BVMF3

A distribuição dos negócios da BVMF também é concentrada perto do dinheiro; no entanto, existe uma leve assimetria para as frequências fora do dinheiro, conforme o gráfico 15 a seguir:

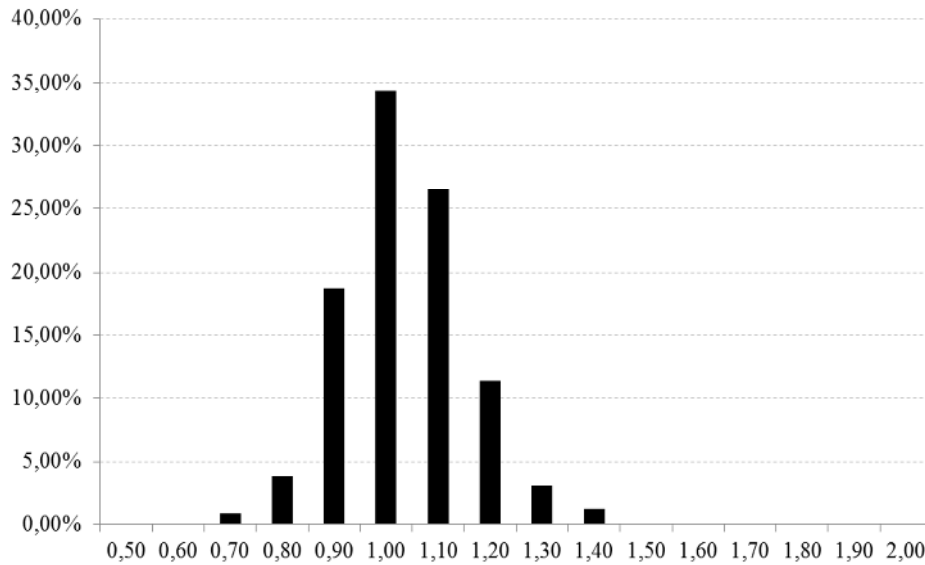


Gráfico 15 - Histograma de *moneyness* das opções de BVMF3 da amostra

Com isso, volta a ficar mais evidente aquela assimetria no valor extrínseco das opções dentro do dinheiro; no entanto, percebe-se que a variância é menor, observando o gráfico 16:

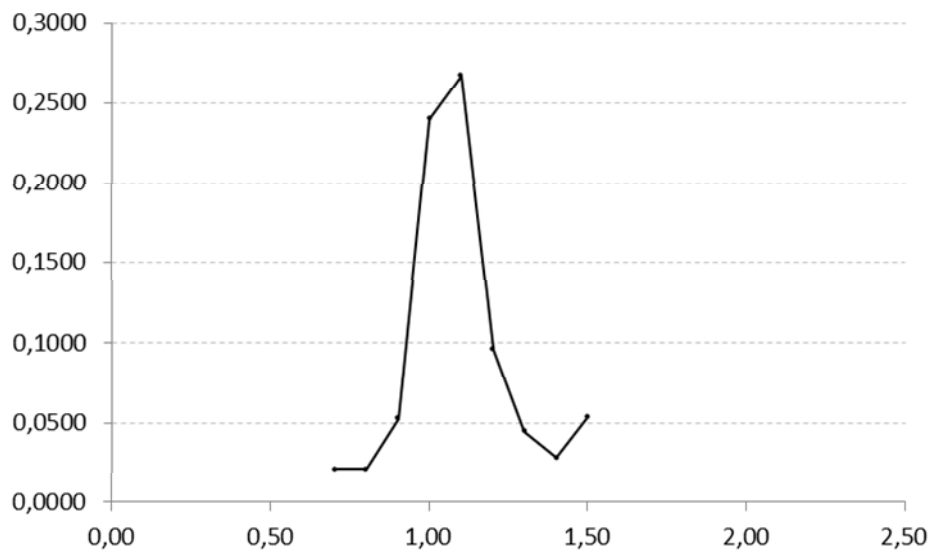


Gráfico 16 - Valor extrínseco médio observado por *moneyness* das opções de BVMF3 da amostra

O coeficiente de correlação das regressões é bastante parecido com o da OGXP3, conforme pode ser observado no gráfico 17:

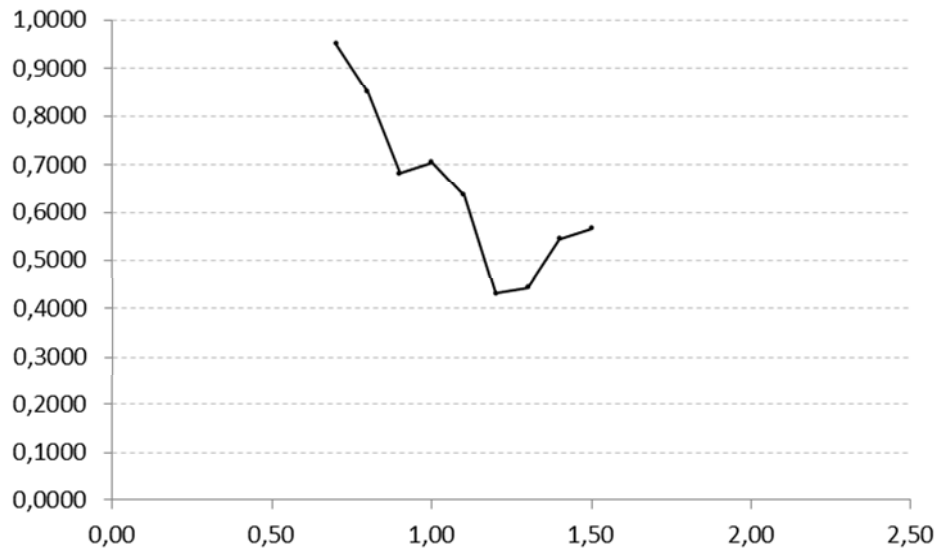


Gráfico 17 - Coeficiente de correlação linear por *moneyness* das opções de BVMF3 da amostra

Novamente, uma justificativa para isso é a falta de observações muito dentro do dinheiro, que pode ser observada na tabela 13:

Tabela 13 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da BVMF3

<i>Moneyness</i>	$(S/K)_{me}$	VE_{me}	σVE	α_{me}	$\sigma(\alpha)$	β_{me}	$\sigma(\beta)$	n_{me}	R^2_{me}
0,50									
0,60									
0,70	0,6719	0,0211	0,0006	-1,0369	0,0207	1,5205	0,0313	1,9259	0,9509
0,80	0,7659	0,0211	0,0000	0,3195	0,1202	-0,3844	0,1576	2,7764	0,8487
0,90	0,8607	0,0528	0,0001	-0,3712	0,2896	0,4878	0,3341	17,4525	0,6814
1,00	0,9519	0,2401	0,0005	-2,1499	0,5504	2,4884	0,5733	112,6193	0,7042
1,10	1,0445	0,2673	0,0007	3,5731	0,8149	-3,1686	0,7713	147,8931	0,6359
1,20	1,1423	0,0961	0,0006	1,5630	1,3886	-1,2809	1,2212	74,4162	0,4314
1,30	1,2409	0,0450	0,0005	1,8703	1,9169	-1,4724	1,5506	42,9351	0,4430
1,40	1,3383	0,0285	0,0002	1,4611	1,2285	-1,0944	0,9196	13,8684	0,5443
1,50	1,4480	0,0539	0,0004	15,8064	17,7717	-10,8251	12,2865	11,1667	0,5660
1,60									
1,70									
1,80									
1,90									
2,00									

Dado número menor de observações, os valores extremos da distribuição são bem diferentes dos intermediários. Por exemplo, nas médias dos coeficientes α e β , e no número de negócios.

4.4.1 Painel do valor extrínseco da BVMF3 com as variáveis explicativas selecionadas

Os resultados novamente mantêm o padrão de sinais verificado nos demais casos, no com valores próximos aos observados para a OGXP3, conforme a tabela 14:

Tabela 14 – Resultado do painel do valor extrínseco da BVMF3 com as variáveis explicativas selecionadas

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0073***	0,0072***	0,0059***	0,0075***	0,0073***	0,0059***
	<i>Erro padrão</i>	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0003	0,0004
M	<i>Coefficiente</i>	0,2108*	-1,1949***	1,5701***	0,1179	-1,4446***	1,5204***
	<i>Erro padrão</i>	0,1128	0,1059	0,1071	0,1193	0,1066	0,1021
$\sigma^2 S_d$	<i>Coefficiente</i>	0,4146	-0,7653	0,9892	0,7109	-0,0655	0,9639
	<i>Erro padrão</i>	0,5450	0,5708	0,6150	0,5345	0,6220	0,5923
r	<i>Coefficiente</i>	-2,5153	-1,2207	-0,7633	-2,2029	-0,4473	-0,8509
	<i>Erro padrão</i>	1,6514	1,6865	1,6326	1,6680	1,7519	1,6339
α	<i>Coefficiente</i>	-0,0943	1,7463***	-1,6796***	-0,1427	1,6955***	-1,6168***
	<i>Erro padrão</i>	0,3202	0,3187	0,3222	0,3175	0,3384	0,3123
R²	<i>within</i>	0,5979	0,7453	0,7526	0,5288	0,6014	0,7317
	<i>between</i>	0,2924	0,8291	0,7346	0,2555	0,8156	0,7413
	<i>overall</i>	0,4267	0,7730	0,7317	0,3874	0,6768	0,7246
Variância	<i>sigma_u</i>	0,1242	0,0802	0,0880	0,1298	0,0904	0,0848
	<i>sigma_e</i>	0,0880	0,0621	0,0646	0,1027	0,0937	0,0673
	<i>rho</i>	0,6659	0,6250	0,6501	0,6147	0,4821	0,6135
Sargan-Hansen	χ^2	19,3270	24,4660	3,0550	21,2630	33,3280	3,5630
	<i>Prob. > χ^2</i>	0,0007	0,0001	0,5486	0,0003	0,0000	0,4684

Os resultados dos parâmetros são muito parecidos para ambas as formas de mensuração, no entanto a capacidade de explicação dos valores intrínsecos instantâneos é maior, principalmente para as opções ITM.

4.4.2 Painel do valor extrínseco defasado das opções da BVMF3

Os resultados dos testes para o valor extrínseco ao longo do tempo se assemelham aos casos anteriores, conforme a tabela 15:

Tabela 15 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da BVMF3

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
VEt-1	<i>Coefficiente</i>	0,2984***	0,181***	0,3007***	-0,0707***	-0,2514***	0,1799***
	<i>Erro padrão</i>	0,0173	0,0276	0,0212	0,0183	0,0285	0,0206
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0057***	0,0074***	0,0064***	0,0092***	0,0093***	0,0087***
	<i>Erro padrão</i>	0,0006	0,0010	0,0008	0,0010	0,0019	0,0009
α	<i>Coefficiente</i>	-0,0045	0,0148	-0,0427**	-0,0165	0,0621*	-0,0792***
	<i>Erro padrão</i>	0,0135	0,0183	0,0196	0,0211	0,0356	0,0216
R²		0,6751	0,7182	0,6155	0,2962	0,2813	0,4763

Vale novamente ressaltar que o poder de explicação empregando os valores extrínsecos instantâneos é consideravelmente maior.

4.5 Resultados das opções da ITUB4

Por fim, os negócios com opções de ações da ITUB4 foram os de menor quantidade, e praticamente todos concentrados no dinheiro, com uma leve assimetria para fora do dinheiro, conforme o gráfico 18:

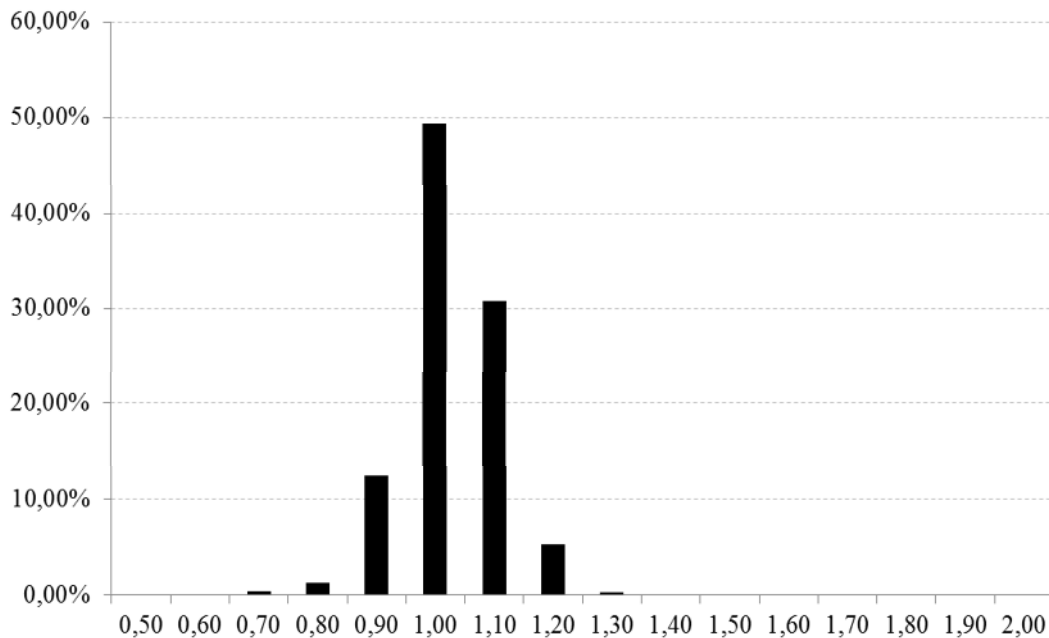


Gráfico 18 - Histograma de moneyness das opções de ITUB4 da amostra

Essa reduzida quantidade de negócios resultou nos seguintes valores extrínsecos médios:

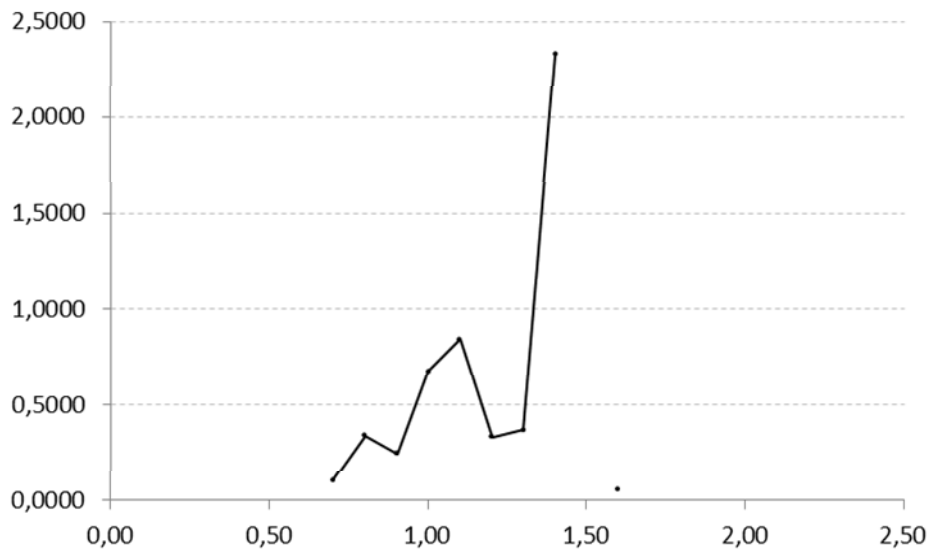


Gráfico 19 - Valor extrínseco médio observado por *moneyness* das opções de ITUB4 da amostra

Nota-se que o máximo valor observado não passa de 1,60 de *moneyness*, e existe uma faixa em que não foram observados negócios. O gráfico 20, do coeficiente de correlação é bastante comprometido, mas fica evidente que a essência é a mesma dos casos anteriores:

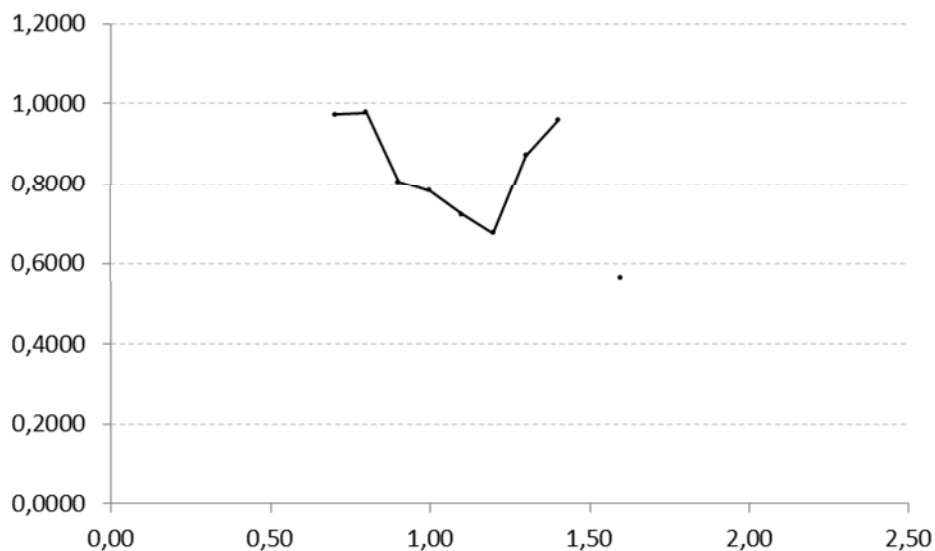


Gráfico 20 - Coeficiente de correlação linear por *moneyness* das opções de ITUB4 da amostra

Com mais detalhes a tabela 16 resume os resultados das regressões intra diárias:

Tabela 16 - Resumo das regressões intra diárias para as opções da ITUB4

<i>Moneyness</i>	$(S/K)_{me}$	VE_{me}	σVE	α_{me}	$\sigma(\alpha)$	β_{me}	$\sigma(\beta)$	n_{me}	R^2_{me}
0,50									
0,60									
0,70	0,6739	0,1041	0,0000	0,3320	0,1360	-0,3296	0,1973	0,2609	0,9715
0,80	0,7641	0,3399	0,0001	0,2225	0,2920	0,1521	0,3740	0,2911	0,9767
0,90	0,8656	0,2470	0,0005	-0,9072	0,9099	1,3174	1,0464	12,4043	0,8062
1,00	0,9534	0,6779	0,0032	-6,4043	1,9945	7,3504	2,0832	83,2929	0,7812
1,10	1,0385	0,8438	0,0038	12,0658	3,5110	-10,8308	3,3544	135,2376	0,7223
1,20	1,1360	0,3326	0,0045	0,9157	7,0083	-0,5846	6,1713	14,8256	0,6756
1,30	1,2286	0,3714	0,0150	39,2401	1,5072	-31,3976	1,2242	3,6000	0,8720
1,40	1,4024	2,3329	0,0004	35,3305	3,0788	-23,5294	2,1954	5,0000	0,9583
1,50									
1,60	1,4480	0,0539	0,0004	15,8064	17,7717	-10,8251	12,2865	11,1667	0,5660
1,70									
1,80									
1,90									
2,00									

Vale ressaltar que, mesmo com o restrito número de informações, é possível verificar o padrão da inversão nos sinais do coeficiente angular conforme a *moneyness* aumenta.

4.5.1 Painel do valor extrínseco da ITUB4 com as variáveis explicativas selecionadas

Mantido o padrão nos sinais dos coeficientes, no caso das opções de compra da ITUB4 houve uma diferença nos valores dos coeficientes da *moneyness* para as opções OTM e o aumento da constante no caso das opções ITM.

O coeficiente da volatilidade para as opções OTM, além de estatisticamente significativo, também é consideravelmente maior, assim como o da taxa Selic é estatisticamente significativo, porém consideravelmente menor. Os efeitos são bastante parecidos independentemente da forma em que é observado o valor extrínseco, conforme a tabela 17:

Tabela 17 – Resultado do painel do valor extrínseco da ITUB4 com as variáveis explicativas selecionadas

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0221***	0,0243***	0,017***	0,0225***	0,0249***	0,017***
	<i>Erro padrão</i>	0,0008	0,0009	0,0008	0,0008	0,0009	0,0008
M	<i>Coefficiente</i>	1,571***	-6,0813***	5,3619***	1,3197***	-6,6967***	5,1768***
	<i>Erro padrão</i>	0,3382	0,3743	0,3073	0,3414	0,3896	0,2929
$\sigma^2 S_d$	<i>Coefficiente</i>	2,8876*	1,738	5,9809***	2,6234	0,3785	5,4636***
	<i>Erro padrão</i>	1,7268	1,9251	1,4191	1,7425	2,1084	1,4092
r	<i>Coefficiente</i>	-8,0377	-8,8409	-11,3951***	-10,1169**	-15,2786***	-11,904***
	<i>Erro padrão</i>	5,1453	5,5339	4,3488	5,1304	5,5288	4,3125
α	<i>Coefficiente</i>	-1,5341	6,9728***	-5,5043***	-1,0256	8,6351***	-5,1335***
	<i>Erro padrão</i>	0,9484	1,0903	0,7355	0,9439	1,0843	0,7142
R²	<i>within</i>	0,6185	0,8887	0,7451	0,5918	0,8295	0,7342
	<i>between</i>	0,3818	0,8070	0,4824	0,3639	0,7481	0,4857
	<i>overall</i>	0,4260	0,7689	0,5201	0,3832	0,6257	0,5125
Variância	<i>sigma_u</i>	0,8640	0,3523	0,6344	0,9040	0,4258	0,6343
	<i>sigma_e</i>	0,3026	0,1582	0,2090	0,3226	0,2102	0,2143
	<i>rho</i>	0,8908	0,8323	0,9021	0,8871	0,8041	0,8976
Sargan-Hansen	χ^2	156,1200	11,3760	66,1980	154,9190	16,2970	70,1290
	<i>Prob. > χ^2</i>	0,0000	0,0226	0,0000	0,0000	0,0026	0,0000

Novamente a capacidade de explicação do modelo estimado com os valores extrínsecos instantâneos é maior.

4.5.2 Painel do valor extrínseco defasado das opções da ITUB4

Os resultados dos testes para o valor extrínseco ao longo do tempo se assemelham aos casos anteriores, conforme a tabela 18:

Tabela 18 – Resultado do painel do valor extrínseco defasado das opções da ITUB4

		VE "tick-by-tick"			VE EOD último preço		
		Geral	ITM	OTM	Geral	ITM	OTM
VEt-1	<i>Coefficiente</i>	0,3752***	0,2233***	0,4061***	0,1895***	0,0579*	0,2219***
	<i>Erro padrão</i>	0,0172	0,0284	0,0213	0,0186	0,0328	0,0215
T – t	<i>Coefficiente</i>	0,0194***	0,0433***	0,0106***	0,0278***	0,0539***	0,017***
	<i>Erro padrão</i>	0,0020	0,0034	0,0025	0,0026	0,0051	0,0028
α	<i>Coefficiente</i>	-0,0816*	-0,3656***	0,0463	-0,1694***	-0,497***	-0,0079
	<i>Erro padrão</i>	0,0430	0,0676	0,0572	0,0568	0,1048	0,0654
R²		0,6951	0,8105	0,7441	0,5339	0,6997	0,5456

Vale novamente ressaltar que o poder de explicação empregando os valores extrínsecos instantâneos é consideravelmente maior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo geral desta tese de "estudar o comportamento do valor extrínseco das opções de compra de ações no mercado de capitais brasileiro ao longo do tempo, do instante em que é gerado até sua extinção", podem ser compilados vários resultados, explicados na sequência.

As variáveis que amplamente a literatura identifica como determinantes do valor de uma opção explicam a maior parcela do valor extrínseco de uma opção, sustentando um coeficiente de correlação linear de mais de 0,75. Na maior parte dos casos estudados, todas as variáveis incluídas na análise foram estatisticamente significantes num nível de pelo menos 10%. Às exceções, vale ressaltar que em nenhuma das vezes o tempo até o vencimento ou a *moneyness* deixaram de apresentar significância estatística; na maior parte dos casos, isso aconteceu com a volatilidade da ação objeto, e/ou com a taxa de juros (Selic).

Foi possível confirmar que o valor extrínseco é maior para as opções "no dinheiro" (ATM); e isso é um resultado combinado das variáveis, não somente um efeito da *moneyness*. Tanto que, para opções dentro do dinheiro (ITM) o efeito da *moneyness* é negativo, porém nas demais variáveis existe uma compensação. Nas opções fora o dinheiro (OTM) o efeito é positivo, e a compensação ocorre ao contrário. Além disso, a análise segmentada por *moneyness* resulta em estatísticas mais significativas, e maiores coeficientes de correlação linear principalmente nas ITM.

Conforme esperado, o valor extrínseco diminui conforme o vencimento se aproxima (ou seja, o tempo até o vencimento decai). Um importante resultado consiste em que foi possível identificar uma perda contínua e constante de valor, da ordem média de dois centavos para as opções ITM e um centavo para as opções OTM, mais uma perda média entre 10% e 20% por dia, sendo que nas opções OTM essa perda é de 5% a 10% maior que nas ITM. Além disso, os elevados coeficientes de correlação linear demonstram que considerar esse decaimento como linear é bastante razoável.

Complementando esse resultado, avaliando os negócios de uma mesma opção dentro de um mesmo dia, foi possível observar indícios de uma correlação linear de média para forte quando as opções estão muito dentro ("*deep in the money*") ou muito fora do dinheiro ("*deep out of the money*"), e que seria positiva para ITM e negativa para as OTM.

A capacidade de explicação das variáveis observadas nas opções ITM foi maior que nas opções OTM entre ("*between*") as diferentes opções; e na maior parte dos casos foi ao contrário na capacidade de explicação de uma mesma opção ao longo do tempo ("*within*"), resultando

que em alguns casos a capacidade de explicação entre diferentes opções e períodos de tempo (“*overall*”) é maior para as ITM, e em outros é maior para as OTM.

A análise da explicação da variância, no entanto, revela que uma considerável parcela da variação do valor extrínseco das opções está relacionada a efeitos específicos das opções, e não dessas variáveis explicativas. Com isso, pode-se voltar à discussão do quanto o mercado de ações influencia o mercado de opções; isso, pois, as formas em que se espera que exista essa influência é por meio do preço da ação (que foi incluída na análise por meio da *moneyness*) e da volatilidade dos retornos dessa ação (que foi diretamente incluída na análise). Se os resultados indicam que outros fatores, específicos às opções, estão sendo responsáveis pela variações, de certa forma contesta-se esse reflexo do mercado de ações.

Esse é certamente um tópico que pode ser estudado; na verdade, uma forma de testar uma hipótese que já vem sendo amplamente discutida na literatura. Além disso, deve-se considerar a limitação de todos os modelos adotados, principalmente no que se refere à restrição a relações lineares; conforme apresentado, teoricamente é evidente que para muitas dessas variáveis a relação não é linear. No entanto os resultados demonstram que, ainda assim, o ajuste linear é bastante eficiente.

Vale destacar o objetivo secundário estabelecido para esta tese, de “comparar a eficiência nos resultados do uso dos dados por negócio (“*tick by tick*”) com os dados de final de dia (“*end of day*”); talvez, um dos principais resultados obtidos. Trouxe à tona, em trabalho acadêmico, as deficiências das análises de final de dia; fato que é amplamente adotado pelos profissionais no mercado financeiro e poderia ser mais frequente nas discussões financeiras acadêmicas.

Foi possível demonstrar que com o uso dos dados “*end of day*” o valor extrínseco calculado difere bastante do real; no caso das opções OTM, existe uma concentração entre 0,5 e 2 vezes o valor extrínseco real. No caso das opções ITM a dispersão entre o erro de medida é bem maior, e, além disso, existe um erro de medida grave que pode resultar em valor extrínseco negativo. Foram computados também os dados com os valores médios (mas que não foram apresentados); os resultados obtidos são bem próximos dos “*end of day*” apresentados, demonstrando que os dados reais, mensurados “*tick by tick*”, podem conduzir a resultados bastante distintos da realidade.

E, como a capacidade de explicação das variáveis foi maior quando explicavam o valor extrínseco captado com as cotações “*tick by tick*” do que com as cotações “*end of day*”, é razoável supor que esse valor extrínseco instantâneo reflete melhor sua composição no valor

real da opção. E isso é relevante principalmente para as opções OTM, uma vez que seu valor é composto só de valor extrínseco.

Além disso, fica a sugestão de que sejam investigados tanto o efeito desse valor extrínseco no valor das opções como também o efeito das cotações “*tick by tick*” nos modelos de precificação mais utilizados. Existem indícios de que essas variações de comportamento, mesmo que mínimas, façam a diferença quando acumuladas.

REFERÊNCIAS

AMIN, Kaushik; JARROW, Robert. **Pricing options on risky assets in a stochastic interest rate economy**, *Mathematical Finance* 2, 217-237. 1992.

AMIN, Kaushik; NG, Victor. **Option valuation with systematic stochastic volatility**, *Journal of Finance* 48, 881-910. 1993.

ARAÚJO, Gustavo; BARBEDO, Claudio; FIGUEIREDO, Antonio; LEMGRUBER, Eduardo. **Contornando os Pressupostos de Black & Scholes: Aplicação do Modelo de Precificação de Opções de Duan no Mercado Brasileiro**. Working Papers Series n. 78. Working Papers Series, Central Bank of Brazil, Research Department. 2003.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**. v 58. P. 277–297. 1991.

BAKSHI, Gurdip; CHEN, Zhiwu. **An alternative valuation model for contingent claims**, *Journal of Financial Economics* 44, 123-165. 1997.

BATES, David. **Jumps and stochastic volatility: Exchange rate processes implicit in Deutschemark options**, *Review of Financial Studies* 9, 69-108. 1996

BATES, David. **The crash of 87: Was it expected? The evidence from options markets**, *Journal of Finance* 46, 1009-1044. 1991.

BAYLEY, Warren; STULZ, René Stulz. **The pricing of stock index options in a general equilibrium model**, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 24, 1-12. 1989.

BLACK, Fisher., Fact and Fantasy in the use of Options. **Financial Analysis Journal**, v. 31, p. 36-41 e 61-72. 1975.

BLACK, Fisher; SCHOLES, Myron. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, v. 81 n.3 p. 637-59, 1973.

BOVESPA; **Como atuar no Mercado de Opções**, São Paulo, jul.2000. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br/publicacoes/>>. Acesso em: 25 jan 2010.

CAETANO, Fábio Massaú. **Ensaio sobre microestrutura de Mercado**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Econômica da UFRGS. 2012.

COX, John. C.; ROSS, Stephen. A.; RUBINSTEIN, Mark. Option pricing: A simplified Approach. **Journal of Financial Economics**. v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

COX, John; ROSS, Stephen. **The valuation of options for alternative stochastic processes**, *Journal of Financial Economics* 3, 145-166. 1976.

CUNHA, Jefferson da; COSTA JR., Newton C. A. da. **Influência e causalidade entre o mercado de ações e o mercado de opções: revisão de literatura e novos resultados.** Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 10, n. 1, Mar. 2006.

DA COSTA JR, Newton. CARNEIRO Affonso. BIAGE, Milton; FERREIRA, Waldemar; GOULART, Marcos. **O efeito dia de vencimento de opções na Bovespa revisitado.** Anpec, 2008.

DRUKKER, David. M. Testig for serial correlation in linear panel-data models. **The Stata Journal.** v. 3, n. 2, pp 168-177. 2003.

FORTUNA, Eduardo; **Mercado Financeiro: Produtos e Serviços.** 16. ed. São Paulo: Qualitymark, 2005.

GUTELKIN, B.; R. ROGALSKI; TINIC, S. Option Pricing Option Estimates: Some Empirical Results. **Financial Management**, v. 11, p. 58-69. 1982.

HAUG, Espen Gaarder (2003), "**Know Your Weapon, Part 1**", Wilmott Magazine (May 2003): 49-57

HIEMSTRA, Craig. JONES, Jonathan D. **Testing for Linear and Nonlinear Granger Causality in the Stock Price-Volume Relation.** The Journal of Finance, Vol. 49, No. 5 (Dec., 1994), pp. 1639-1664.

HULL, John; WHITE, Allan **The pricing of options with stochastic volatilities**, Journal of Finance 42, 281-300. 1997.

HULL. John C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções.** 4. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.

JOHNSTON, Jack; DINARDO, John. **Métodos Econométricos.** Lisboa: McGraw Hill, 2000.

KARPOV, Jonathan M. **The Relation Between Price Changes and Trading Volume: A Survey.** The Journal of Financial and Quantitative Analysis Vol. 22, No. 1 (Mar., 1987), pp. 109-126.

LAMOUREUX, Christopher G. LASTRAPES, William D. **Endogenous Trading Volume and Momentum in Stock-Return Volatility.** Journal of Business & Economic Statistics, Vol. 12, No. 2 (Apr., 1994), pp. 253-260

MADAN, Dilip; CHANG, Eric. **The VG option pricing model**, Working paper, University of Maryland and Georgia Institute of Technology. 1996.

MALUF, Yuri Sampaio. **Processos de Hawkes: uma modelagem dos books de ofertas no mercado acionário brasileiro.** 2013. 74 f., il. Monografia (Bacharelado em Estatística)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MELO, Bruna de Castro; DA SILVEIRA, Rodrigo Lanna Franco. **Negociação de opções e impacto na volatilidade dos preços a vista: uma análise das ações da Vale SA.**XVI SemeAd. Out de 2013.

MERTON, Robert. **Option pricing when the underlying stock returns are discontinuous**, Journal of Financial Economics 4, 125-144. 1976.

MERTON, Robert. **Theory of rational option pricing**, Bell Journal of Economics 4, 141-183. 1973.

RUBINSTEIN, Mark, **Nonparametric tests of alternative option pricing models using all reported trades and quotes on the 30 most active CBOE options classes from August 23, 1976 through August 31, 1978**, Journal of Finance 40, 455-480. 1995.

SAATCIOGLU, Kemal., STARKS, Laura T. **The stock price–volume relationship in emerging stock markets: the case of Latin America**. International Journal of Forecasting. Volume 14, Issue 2, 1 June 1998, Pages 215–225

SANVICENTE, A. Z.; MONTEIRO, R. **Avaliação de opções de compra de ações em condições de incerteza sobre a taxa de juros de mercado aberto**. 1983. 77 f. Tese (Livre docência) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. 1983.

SANVICENTE, A. Z.; MONTEIRO, R. **A guerra entre comprados e vendidos no mercado de opções de compra da bolsa de valores de São Paulo**. Revista de Administração (RAUSP), vol. 40 (1), p. 34-43, 2005.

SANVICENTE, A.Z.; KERR, Roberto Borges. **O mercado de ações e o vencimento de opções de compra**. Revista de Administração da Universidade de São Paulo (RAUSP), São Paulo, v.24, n.1,p.23-32, jan./mar. 1989.

SCOTT, Louis, **Pricing stock options in a jump-diffusion model with stochastic volatility and interest rates: Application of Fourier inversion methods**, Mathematical Finance 9, 413-426. 1997.

SIMS, Christopher A. Macroeconomics and Reality. **Econometrica**, v. 48, n. 1, p. 1-48, 1980.

WHALEY, R. Valuation of American Call Options on Dividend-Paying Stocks. **Journal of Financial Economics**, v.10, p. 29-58. 1982.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Cambridge, MA: MIT Press. 2002.

ZOLOTOY, Leon. MELENBERG, Bertrand. 2009. **Trading Volume, Volatility, and the Serial Correlation of Stock Market Returns**. Não publicado. Disponível em http://works.bepress.com/leon_zolotoy/2