

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Luciano Wagner Kalisewski

**O Impacto dos Indicadores Econômicos sobre a
Volatilidade dos Ativos: Um Estudo sobre o
Mercado Brasileiro e Mercados Artificiais**

Porto Alegre RS, Brasil

JUNHO/2011

Luciano Wagner Kalisewski

**O Impacto dos Indicadores Econômicos sobre a
Volatilidade dos Ativos: Um Estudo sobre o
Mercado Brasileiro e Mercados Artificiais**

Monografia submetida do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador:

Prof. Dr. Fabrício Tourrucôo

Porto Alegre RS, Brasil

JUNHO/2011

Monografia de Projeto Final de Graduação sob o título “*O Impacto dos Indicadores Econômicos sobre a Volatilidade dos Ativos: Um Estudo sobre o Mercado Brasileiro e Mercados Artificiais*”, defendida por Luciano Wagner Kalisewski e aprovada em JUNHO/2011, em Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Fabricio Tourrucôo
Orientador

Prof. Dr. Ronald Otto Hillbrecht
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Sabino Porto Junior
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedicatória

Dedico este trabalho a toda minha família.

Agradecimentos

Agradeço à Gisele, que me incentivou sempre a estudar e concluir o curso. Agora já estive comigo durante a conclusão de duas graduações e ainda assim mantém a o ânimo para casar-se uma semana depois da formatura de Ciências Econômicas.

Lista de Figuras

4.1	Medidas de Volatilidade	p. 32
4.2	Proporção Eventos Significativos PETR4	p. 38
4.3	Proporção Eventos Significativos VALE5	p. 38
4.4	PETR4	p. 38
4.5	VALE5	p. 38
5.1	Variação em relação a preço histórico	p. 47
5.2	Preços negociados mercado aleatório	p. 48
5.3	Evolução do Capital dos Agentes	p. 49
5.4	Resultados CPI x Black-Scholes	p. 57

Lista de Tabelas

3.1	Eventos Econômicos	p. 27
4.1	Varição Absoluta F_i representa fechamento de referência	p. 33
4.2	Quadrado da Variação F_i representa fechamento de referência	p. 33
4.3	Diferença dos Logaritmos F_i representa fechamento de referência	p. 34
4.4	Variáveis Dependentes	p. 36
4.5	Eventos Relevantes	p. 40
4.6	Sumário Experimento de Controle	p. 41
5.2	Ofertas e Preços	p. 45
5.1	Comandos para Definição de Estratégias	p. 45
5.3	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real PETR4	p. 50
5.4	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real PETR4	p. 51
5.5	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real PETR4	p. 52
5.6	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real VALE5	p. 53
5.7	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real VALE5	p. 54
5.8	Resultados Agentes Econométricos Mercado Real VALE5	p. 55
5.9	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4	p. 58
5.10	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4	p. 59
5.11	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4	p. 60
5.12	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5	p. 61
5.13	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5	p. 62
5.14	Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5	p. 63
6.1	Regressões Eventos Brasileiros PETR4	p. 79

6.2	Regressões Eventos Brasileiros VALE5	p. 80
6.3	Regressões Eventos Americanos PETR4	p. 81
6.4	Regressões Eventos Americanos VALE5	p. 82
6.5	Eventos Aleatórios	p. 83

Sumário

Resumo	p. 11
Abstract	p. 12
1 INTRODUÇÃO	p. 14
2 REVISÃO DA LITERATURA: UMA VISÃO GERAL	p. 17
2.1 Derivativos Financeiros	p. 17
2.1.1 Contratos Futuros	p. 17
2.1.2 Opções	p. 18
2.2 Volatilidade	p. 19
2.2.1 Volatilidade Estatística	p. 20
2.2.2 Volatilidade Implícita	p. 20
2.2.3 Modelos Empíricos de Volatilidade	p. 21
2.3 Precificação de Derivativos Financeiros	p. 21
2.3.1 Mercados Eficientes	p. 21
2.3.2 Modelo de Black-Scholes	p. 22
2.4 Sistemas Multiagentes para Simulação de Mercados Financeiros	p. 23
2.4.1 Sistemas Multiagentes	p. 23
2.4.2 Vantagens de Modelagem	p. 24
2.5 Situação Atual da Teoria	p. 24
2.6 Trabalhos Empíricos Realizados	p. 25

3	METODOLOGIA	p. 26
3.1	Modelos Utilizados na Literatura	p. 26
3.2	Modelo Proposto e Especificação de Variáveis	p. 26
3.3	Fonte dos Dados	p. 28
4	Modelo Econométrico	p. 30
4.1	Pré Processamento dos dados	p. 30
4.2	Medida de Volatilidade	p. 31
4.3	Modelo Estatístico	p. 34
4.3.1	Variáveis Independentes	p. 35
4.3.2	Variáveis Dependentes	p. 35
4.3.3	Resultados Gerais	p. 37
4.4	Eventos Relevantes	p. 39
4.5	Experimento de Controle	p. 39
5	Modelo Multiagentes	p. 42
5.1	Agentes	p. 43
5.2	Modelo de Leilão	p. 45
5.3	Composição de Mercado	p. 46
5.4	Resultados	p. 47
5.4.1	Composição Aleatória	p. 47
5.4.2	Operação Eventos	p. 49
5.4.3	Agentes Econométricos e Agentes Black-Scholes	p. 56
6	Conclusões	p. 64
	Referências	p. 66
	Anexos	p. 67

Caracterização das Variáveis Dependentes	p.67
PETR4	p.67
Variação Absoluta	p.67
Quadrado da Variação	p.71
Diferença dos Logaritmos	p.75
Regressões Significativas PETR4 e VALE5	p.78
Eventos Aleatórios	p.78

Resumo

A volatilidade dos ativos financeiros é tema de crescente interesse na economia. O presente trabalho procura analisar o impacto de eventos econômicos repetitivos sobre a volatilidade dos ativos negociados no Brasil representados pelos dois ativos mais líquidos no período analisado: Petrobras e Vale. Faz também uma exploração interação entre diferentes agentes dentro de mercados artificiais quando alguns destes usam as informações disponíveis sobre os indicadores econômicos. Observa-se que é possível obter informação útil da divulgação dos indicadores e obter resultados superiores aos dos agentes que não as usam.

Abstract

Financial markets' volatility is an area that draws growing interest in economics research. This work aims to analyse the impact of repeating economic events on brasilian assets' volatility represented by the two most liquid stocks: Petrobras and Vale. Also, it explores the emerging behaviour from the interaction of agents in artificial markets when some agents can use the information on economic indicators. The results show that useful information can be obtained from the announcements and agents that use this information present superior results.

“On two occasions I have been asked, ‘Pray, Mr. Babbage, if you put into the machine wrong figures, will the right answers come out?’ I am not able rightly to apprehend the kind of confusion of ideas that could provoke such a question. “

Charles Babbage

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho centra-se na análise da volatilidade dentro do referencial teórico da ciência econômica e como fenômeno observável dentro de experimentos desenvolvidos. Como linhas condutoras do estudo estão duas perguntas a que procurar-se-á responder. A primeira questão é verificar se existe uma relação observável entre eventos econômicos periódicos e volatilidade nos mercados financeiros. Em caso positivo, será investigado se é possível modelar esta relação e obter informação útil a partir dessa modelagem. Trata-se, portanto, de um trabalho experimental, onde em diversos momentos descobertas surpreendentes foram realizadas.

A relação entre os eventos econômicos é realizada através de modelagem econométrica. Para a verificar a possibilidade de uso das informações econométricas descobertas, foi desenvolvido um software de simulação de mercados artificiais que permite a investigação adequada dos efeitos de interesse, sendo essa uma contribuição original do trabalho.

A hipótese principal do trabalho é de que eventos econômicos periódicos têm efeitos sobre os participantes do mercado financeiro e que estes efeitos são observáveis. Uma hipótese secundária (mas também fundamental) é de que a volatilidade dos ativos financeiros pode ser usada como uma proxy adequada para medir o efeito de interesse. O uso de eventos econômicos que repetem-se no tempo possibilita uma análise diferenciada em relação ao estudo de eventos com grande impacto como desastres naturais ou anúncios surpreendentes de política econômica. Estes dificilmente podem ser sistematizados depois que ocorrem e não podem em geral ser antecipados pelos agentes econômicos em seu planejamento para o futuro.

Ao contrário de outros parâmetros e índices de uma economia, a volatilidade não pode ser diretamente observada nos dados, existe apenas quando em conjunto com um modelo. O mercado financeiro brasileiro foi usado para o estudo por fornecer as informações necessárias e ser diretamente relacionado com os eventos estudados. Os mercados financeiros são reconhecidamente um elemento fundamental para o desenvolvimento de uma economia. Segundo (CAVALCANTE; MISUMI; RUDGE, 2005)

O aumento da competitividade global acelerou a importância do mercado de capitais para a economia em geral e, assim, para os agentes que nele atuam: as empresas ... e os indivíduos por terem presenciado a falência dos mecanismos públicos de previdência social e precisarem

formar poupança de longo prazo num mundo de juros declinantes. Já as instituições financeiras, neste contexto, necessitam se manter no estado da arte na análise e gerenciamento das carteiras de seus clientes, sob o risco de perdê-los e estas serem absorvidas por outras mais eficientes.

Já segundo (BERNANKE, 2000),

Over the past twenty years the world's major central banks have been largely successful at bringing inflation under control. While it is premature to suggest that inflation is no longer an issue of great concern, it is quite conceivable that the next battles facing central bankers will lie on a different front. One development that has already concentrated the minds of policy-makers is an apparent increase in financial instability, of which one important dimension is increased volatility of asset prices.

Portanto a volatilidade dos ativos financeiros é relevante e tema de pesquisa atual. Este trabalho procura estabelecer uma contribuição sobre um certo tipo de causas para a volatilidade, bem como apresentar alguns resultados sobre o impacto que estas causas podem gerar. Além do impacto diretamente observável, é analisado o resultado do uso desse impacto sobre os interesses de participantes do mercado.

O trabalho está dividido em quatro capítulos além desta introdução. No segundo capítulo é exposta uma revisão da literatura sobre derivativos financeiros, volatilidade de ativos e sobre sistemas multiagentes. A exposição foi dirigida para os pontos mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho, levando em conta também as particularidades do mercado brasileiro, que não possui toda a variedade de derivativos disponíveis em outros mercados do mundo.

O terceiro capítulo apresenta uma breve descrição da metodologia adotada, especialmente sobre as escolhas que tiveram de ser feitas em relação a quais dados usar e como tratá-los. Também são apresentados os eventos escolhidos para modelagem, que serão a base do desenvolvimento do trabalho.

O quarto capítulo apresenta os resultados da análise econométrica da volatilidade dos ativos em função da divulgação dos eventos econômicos estudados. São apresentados o modo como as volatilidades foram calculadas, a descrição dos modelos usados e as considerações sobre a presença de eventos relevantes para a determinação da volatilidade dos ativos estudados. Também é apresentado o resultado de um experimento de controle, feito para que haja uma base de comparação dos resultados de eventos reais com eventos puramente aleatórios.

O quinto capítulo apresenta o sistema multiagentes desenvolvido e os resultados obtidos através de sua utilização. São descritas as limitações do sistema, seu modo de funcionamento no grau de detalhe relevante e os experimentos realizados. Assim como para o modelo econométrico do quarto capítulo, foi realizado um experimento com agentes aleatórios. Foram

também obtidos os resultados da participação nos mercados artificiais de agentes que usam as informações sobre a volatilidade dos ativos obtidas no capítulo anterior tanto quando os preços seguem exatamente os valores históricos quanto quando os preços seguem os valores teóricos dados pelo modelo Black-Scholes. Nas simulações com os preços conforme o modelo teórico, há uma competição entre os agentes econométricos e agentes Black-Scholes.

2

REVISÃO DA LITERATURA: UMA VISÃO GERAL

2.1 Derivativos Financeiros

Segundo (CAVALCANTE; MISUMI; RUDGE, 2005), “futuros e opções são valores mobiliários derivativos, isto é, são títulos que derivam seu valor de um ativo-objeto”. Eles permitem que os diversos participantes do mercado (hedgers, arbitradores e especuladores) assumam posições para proteção ou aproveitar oportunidades em um ativo onde normalmente atuariam apenas pessoas diretamente ligadas à produção e comercialização deste.

Um exemplo natural é com um contrato para negociação de soja para entrega em algum mês do próximo ano. Em geral, o volume financeiro total negociado é muitas vezes superior à produção anual, mas quase todas posições são desfeitas antes do momento da entrega.

2.1.1 Contratos Futuros

Um contrato futuro é aquele onde as partes acordam a troca de um determinado bem a um determinado preço com determinada qualidade em determinado tempo no futuro. Esta definição serve perfeitamente para contratos de bens reais, como soja ou café, mas os contratos futuros podem também aplicar-se a bens que não podem de modo algum ter sua entrega física realizada e.g. contratos de Inflação, Taxa de Juros ou Clima.

Um contrato futuro confere o direito e dever de efetuar o negócio conforme contratado a cada um dos participantes. Em geral adota-se o padrão de ajustes diários, onde cada participante paga ou recebe dinheiro conforme o valor do contrato negociado oscila em relação ao preço em que o negócio foi realizado. Ainda, a bolsa em que são executados os negócios terá uma exigência de margem tanto para o comprador como para o vendedor. Esta varia para cada ativo financeiro, além de variar ao longo do tempo. Especificamente, ela foi aumentada consideravelmente em consequência dos eventos de 2008.

Dado que a liquidação física de um contrato futuro representa apenas uma pequena fração do volume total de negócios, fica claro que há pelo menos uma outra forma de liquidação das obrigações assumidas por uma parte. Um contrato pode ser liquidado financeiramente, onde uma parte paga à outra a diferença de preço entre o valor acordado e o valor atualmente praticado no mercado, assim podem ser liquidados contratos em que não há um bem físico, como para contratos de inflação. Também um participante que assumiu uma posição comprada em 100 contratos de soja pode a qualquer momento vender 100 contratos de soja para qualquer participante do mercado, neste caso ele ficará com saldo zero em contratos de soja e não terá mais qualquer obrigação ou direito neste mercado.

Uma característica importante dos contratos futuros é que quando ocorrem dentro de um ambiente regulado, há a presença de um intermediário financeiro que atua como contraparte dos dois agentes que realizam o contrato, provendo garantias adequadas e segurança de que o negócio será realizado mesmo que uma das partes enfrente dificuldades financeiras.

Conforme aproxima-se a data de vencimento do contrato, o preço do contrato futuro tende a aproximar-se do preço do mercado à vista, sendo esta diferença aproximadamente proporcional ao custo de carregamento do contrato (dependente da taxa de juros).

2.1.2 Opções

Uma opção é um derivativo financeiro porque tem seu valor associado ao valor de um outro ativo financeiro (ativo-objeto). Ela confere ao comprador o direito (mas não o dever) de comprar ou vender o ativo-objeto pelo preço definido na opção (strike), em algum momento de tempo definido pelas propriedades da opção.

As opções de compra são chamadas calls e as de vendas são chamadas puts¹. No mercado brasileiro apenas as calls possuem liquidez apreciável e fazer modelagens usando puts traz sérios problemas devido às grandes distorções de preço que a baixa liquidez acarreta.

Outra característica do mercado brasileiro é que poucas ações apresentam a possibilidade de negociação de opções e dentre as que permitem negociação, poucas apresentam liquidez, mesmo para as calls. Neste momento, observamos liquidez apreciável para opções de Petrobras (PETR4) e Vale (VALE5); para outros ativos, o uso de suas opções traria problemas a qualquer modelagem executada pelo mesmo motivo do uso de puts.

¹Estas são as opções chamada vanilla, as mais simples. As opções não-vanilla são chamadas exóticas e apresentam diversas características diferentes, como ser válidas apenas se o ativo-objeto chegar a determinado preço, ou dão o direito de comprar o ativo-objeto ao preço mínimo alcançado no período. Não possuem liquidez no mercado brasileiro.

O comprador (titular) de uma opção não é obrigado depositar margem, uma vez que o prêmio que pagou para adquirir a opção é o valor máximo que pode perder, independente do que aconteça com o valor do ativo-objeto. O vendedor (lançador), por outro lado, terá de depositar margem de garantia para iniciar a operação e poderá ter de depositar garantias adicionais caso o valor do ativo-objeto mova-se em direção contrária à sua posição.

Um vendedor de uma call, por exemplo, possui um ganho limitado ao prêmio recebido quando fez a venda da opção, mas possui um risco ilimitado, visto que o valor do ativo-objeto pode subir sem limite e o vendedor deverá honrar seu compromisso independentemente da magnitude desta valorização. Um vendedor de uma put tem um ganho máximo limitado ao prêmio recebido assim como o vendedor de uma call, mas por outro lado tem um risco também limitado, uma vez que nunca um ativo financeiro pode ter um valor negativo. No caso em que o valor do ativo-objeto caia a zero, o vendedor de uma put deverá pagar ao comprador o valor do strike da opção.

Espera-se que o valor de uma opção, *coeteris paribus*, decaia com o tempo. Como o futuro é incerto, um direito com validade pelos próximos dois anos tende a ter mais valor que um direito com validade apenas para hoje, por exemplo. Este fator é muito importante para a determinação do preço de um derivativo e será estudado com mais detalhes no capítulo 2.3.

2.2 Volatilidade

No estudo do comportamento de preços de ativos financeiros, uma área que recebe especial atenção é a que trata da volatilidade destes. Caracterização, previsão, comparação, ajuste e até mesmo a própria definição de volatilidade são temas constantes na literatura econômica.

A volatilidade é usada como uma medida do risco associado a um determinado ativo financeiro. Há grande controvérsia sobre a adequação de medir risco desta forma, algumas das mais importantes são a respeito da assimetria de percepção entre ganho e perda de magnitudes semelhantes². Como usa-se em geral apenas o segundo momento central da distribuição (variância), esta diferença acaba escondida, se fosse usado o terceiro momento central (obliquidade - *skewness*) esta diferença se faria notar.

²Poucas pessoas teriam o mesmo sentimento tendo uma derrota seguida de vitória ou uma vitória seguida de derrota, como nas competições onde o terceiro colocado está alegre e o segundo, triste

2.2.1 Volatilidade Estatística

Também chamada Volatilidade Histórica, é uma medida de volatilidade obtida a partir dos preços do ativo nos instantes de tempo anteriores. Segundo (FORTUNA, 2008), ela é uma boa referência para calcular o preço de uma opção. De fato, para obter um preço de um derivativo, o que os agentes econômicos dispõem de informação está limitado às informações disponíveis em tempos anteriores.

O uso que se faz dessas informações entretanto, não é uniforme entre os agentes. Isto se mostra de forma clara na quantidade de variações do modelo GARCH que existem, onde há para cada variação uma percepção diferente de como as variações dos preços devem ser interpretadas. A volatilidade, portanto, é algo que existe dentro de cada modelo em particular, sendo restrita sua interpretação aos conceitos comportados pelo modelo em questão.

Uma medida comum da volatilidade de um ativo é o desvio-padrão ($\sigma = \sqrt{E(X_i - \bar{X})^2}$). Muitos modelos são baseados em que a volatilidade seja constante durante todo o período ou ainda que seja possível alterar os dados de modo que a volatilidade dos dados alterados seja constante.

2.2.2 Volatilidade Implícita

Conforme veremos no capítulo 2.3, caso um modelo de precificação de ativos utilize como principal determinante do preço de um derivativo (dado que o preço spot é estático num determinado instante), cada preço do derivativo implica em uma volatilidade diferente. Daí o nome de volatilidade implícita, visto que está contida indiretamente em um preço de um derivativo.

A volatilidade implícita representa um refinamento em relação à volatilidade histórica, na medida em que para um mesmo modelo de volatilidade histórica observa-se diferentes volatilidades implícitas, conforme varia-se o strike de uma opção ou o tempo para exercício da série. É possível sempre obter a volatilidade implícita a partir de um conjunto de preços de uma opção e de um ativo-objeto visto que os demais parâmetros de precificação são conhecidos. Um ponto frequente de estudos empíricos econômicos é verificar se determinado mercado para determinados ativos tem seus preços próximos dos preços teóricos dados pelo modelo de precificação adotado.

2.2.3 Modelos Empíricos de Volatilidade

Em sua dissertação de mestrado, (GABE, 2003) faz um estudo sobre quais modelos de volatilidade possuíam melhor capacidade preditiva da volatilidade futura no mercado brasileiro. Como o estudo foi realizado em 2003, o ativo mais líquido da época era a Telemar, e esta possuía as opções mais líquidas também, que foram utilizadas no estudo. O estudo conclui que a volatilidade implícita não é o melhor previsor para a volatilidade futura, é incompatível com a hipótese de mercados eficientes para as opções da Telemar na época.

O melhor previsor encontrado foi através do uso de FIGARCH.

(SUZUKI; MISAWA, 2009) apresenta um modelo onde num mercado artificial observa-se a ocorrência de efeitos refinados como o sorriso de volatilidade a partir de interações simples entre agentes artificiais bastante simples.

2.3 Precificação de Derivativos Financeiros

Apesar da negociação de derivativos financeiros existir há séculos (vale lembrar que o famoso caso da bolha das tulipas holandesas no século XVII envolveu o uso de calls e puts sobre os vegetais), um modelo amplamente aceito sem uso de constantes arbitrárias para sua precificação surgiu apenas em (BLACK; SCHOLES, 1973). Neste artigo amplamente citado, os autores apresentam um modelo para precificação de opções e debêntures onde a medida de volatilidade do ativo-objeto é fundamental para determinação do preço do derivativo.

Um ativo com histórico de volatilidade baixo terá opções com preço menor que um ativo de mesmo preço mas com histórico de grandes variações de preço. Outros fatores que influem sobre o preço do derivativo terão efeito comum sobre as opções dos dois ativos, como taxa de juros. A presença ou expectativa de pagamento de dividendos em geral é tratada por extensões do modelo que aumentam sua complexidade mas não invalidam o argumento principal.

2.3.1 Mercados Eficientes

Um aspecto fundamental para os modelos de precificação de derivativos funcionem é que os mercados sejam eficientes, no sentido de que as informações que podem ter influência nos preços são imediatamente absorvidas nos preços. São três as classificações de eficiência, conforme apresentado em (FAMA, 1970):

- Fraca: As informações disponíveis são os preços anteriores dos ativos (não se pode prever

o comportamento futuro dos preços a partir do comportamento passado destes).

- Semi-Forte: As informações disponíveis são todas informações públicas - inclusive preços anteriores.
- Forte: Mesmo um participante do mercado com informações privilegiadas e.g. *insider trader* não pode obter retornos sistematicamente superiores aos do mercado em geral.

Argumenta-se que, sendo válida a hipótese de eficiência fraca, a chamada análise técnica não pode produzir retornos sistematicamente superiores aos obtidos pelo mercado em geral. Caso a hipótese semi-forte seja válida, nem a análise técnica nem a fundamentalista podem produzir ganhos superiores aos do mercado.

2.3.2 Modelo de Black-Scholes

O modelo proposto em (BLACK; SCHOLES, 1973) aprimora os modelos anteriores ao propor que num mercado eficiente, o retorno obtido por uma posição comprada num ativo e hedgeada por uma posição de tamanho adequado vendida em calls neste ativo deve produzir o mesmo retorno que o capital investido num ativo sem risco. A principal inovação introduzida no artigo foi, portanto, a percepção de que a hipótese de um mercado eficiente (sem possibilidades de arbitragem sem risco) permite a construção de um modelo de precificação de derivativos que depende exclusivamente de parâmetros observáveis e da volatilidade do ativos - determinística dentro de um modelo.

Os autores apresentam no artigo uma série de condições que devem ser válidas para que as conclusões obtidas também o sejam. Algumas delas servem apenas para tornar a derivação dos resultados mais simples e podem ser facilmente eliminadas enquanto outras têm caráter mais profundo e prejudicam a aderência do modelo à realidade observada no mercado. Diversos artigos foram escritos apontando estes problemas mais graves e sempre deve-se tê-los em mente quando utiliza-se o modelo. As condições são as seguintes:

1. Taxa de juros de curto prazo constante.
2. Preço do ativo segue um *random walk* em tempo contínuo com variância constante.
3. Inexistência de dividendos.
4. A opção pode ser exercida apenas no dia de exercício (opções europeias).
5. Não há custos de transação (e.g. corretagem, registro, emolumentos, *slippage*).

6. É possível obter empréstimo de qualquer montante a qualquer tempo, pela taxa de juros de curto prazo.
7. Não há restrições quanto a *short-selling*.

As fórmulas fechadas a que chega o modelo Black-Scholes são as seguintes:

$$c = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \quad (1)$$

$$p = Ke^{-rt}N(-d_1) - SN(-d_1) \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{K} + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (4)$$

2.4 Sistemas Multiagentes para Simulação de Mercados Financeiros

Sistemas multiagentes podem ser usados (RUSSEL; NORVIG, 2003) ”para resolver problemas complexos de modo distribuído sem que qualquer agente tenha de possuir conhecimento completo sobre o problema sendo resolvido”.

2.4.1 Sistemas Multiagentes

Segundo (VIDAL, 2010),

The goal of multiagent systems’ research is to find methods that allow us to build complex systems composed of autonomous agents who, while operating on local knowledge and possessing only limited abilities, are nonetheless capable of enacting the desired global behaviors. We want to know how to take a description of what a system of agents should do and break it down into individual agent behaviors. At its most ambitious, multiagent systems aims at reverse-engineering emergent phenomena as typified by ant colonies, the economy, and the immune system. Multiagent systems approaches the problem using the well proven tools from game theory, Economics, and Biology. It supplements these with ideas and algorithms from artificial intelligence research, namely planning, reasoning methods, search methods, and machine learning.

De modo que trata-se de uma ferramenta adequada para a modelagem de interações complexas entre indivíduos e especialmente adequada para modelos onde a relação entre indivíduos e seus interesses tenha um critério objetivo de modelagem como o mercado financeiro.

2.4.2 Vantagens de Modelagem

Para a simulação de mercados, um sistema multiagentes destaca-se por oferecer as seguintes propriedades:

- Pode-se repetir os experimentos sem limite obtendo uma estatística dos resultados tão apurada quanto se queira.
- Como cada agente pode ser tão similar ou diverso dos demais quanto se queira, é possível alterar suas propriedades até que se descubra qual propriedade é determinante para produção de um efeito de interesse.
- Interação entre agentes, obtendo resultados difíceis de se produzir por meio analítico, além da possibilidade de resultados surpreendentes mesmo para o pesquisador que criou o sistema.

2.5 Situação Atual da Teoria

O uso de sistemas multiagentes encontra um uso natural para a simulação de mercados financeiros. (PEREIRA, 2004) e (WALTER, 2006) criaram modelos computacionais que simulam ambientes de negociação de energia elétrica, sujeitos a diversas restrições sobre as negociações conforme são as regras dos leilões de energia elétrica. Ambos utilizaram técnicas de inteligência artificial para criar modelos de comportamento para os agentes, que puderam obter bons resultados quando expostos a mercados competitivos.

(CAO; ZHANG, 2007) propõem um sistema multiagentes onde a decisão de cada agente é baseada em *data mining*, também provendo um ambiente onde trades podem ser realizados pelos agentes em resposta a dados em tempo real.

A pesquisa de resposta a eventos possui seu nicho com uma área do JEL dedicada ao tema: G14 *Information and Market Efficiency; Event Studies*. O foco da área entretanto, é voltado a análise direcional dos movimentos do mercado, além de muitos estudos relativos ao impacto de choques econômicos devido a notícias, especialmente desastres (e.g. onze de setembro de 2001, insolvência de instituições financeiras em 2008) ou notícias inesperadas (e.g. corte de taxas básicas de juros, intervenção do governo no mercado financeiro). Neste trabalho, entretanto, o foco é diverso, busca-se estudar efeitos de eventos repetitivos não direcionais recorrentes que são de conhecimento geral muito antes de seu acontecimento.

2.6 Trabalhos Empíricos Realizados

Embora a natureza do trabalho com mercados financeiros, onde uma descoberta relevante possui valor econômico direto para o pesquisador, faça com que grande parte da pesquisa de ponta fique restrita às instituições que as desenvolvem, onde é tratada como um segredo de negócio, há abundante volume de trabalhos empíricos publicados. Em especial, há mais de uma competição internacional realizada regularmente onde mercados artificiais são expostos a agentes de negociação automática que competem entre si.

O *Automated Trading Championship* é uma competição internacional patrocinada por uma desenvolvedora de software para trading realizada anualmente desde 2006³ onde prêmios em dinheiro são pagos aos agentes que obtiverem maior lucro. Em 2010 houve 1726 inscritos.

A *TAC - Trading Agent Competition* é uma competição onde os agentes automáticos devem competir em ambientes onde não há apenas leilões de ativos, mas também outras regras. Dois modos de competição são oferecidos: *TAC Classic* e *TAC SCM*. No primeiro, a competição busca simular o comportamento de um agente de viagens que deve submeter-se a leilões de hotéis, voos e atividades de entretenimento, buscando maximizar uma função utilidade (arbitrária) dos clientes. Na segunda forma, o problema a ser resolvido é o de *Supply Chain Management* onde um produtor de computadores deve obter componentes, negociar manufatura e executar vendas a clientes.

³Em 2009 não houve competição por restrições técnicas da empresa.

3 METODOLOGIA

3.1 Modelos Utilizados na Literatura

O estudo de volatilidade de ativos conta com ampla literatura conforme apresentado no capítulo 2, onde diversas formas de modelagem da volatilidade dos ativos são apresentadas. O estudo específico sobre volatilidade relacionada a eventos, entretanto, é mais limitado. Há um ramo de estudo apresentado em (MILLER, 1991) sobre a volatilidade associada a eventos específicos, como grandes desvalorizações de ativos em um único dia (e.g. crash 1987) e sobre os mecanismos usados para procurar conter estas oscilações, especialmente com o uso de Circuit Breakers. Trata-se, portanto, do estudo de eventos isolados, que embora sejam observados no mercado, não apresentam a regularidade periódica que é estudada neste trabalho.

O uso de sistemas multiagentes para modelagem de mercados produz resultados relevantes. (SUZUKI; MISAWA, 2009) apresenta um modelo em que fatos estilizados (smile de volatilidade e prêmio de obliquidade) importantes emergem de simulações com agentes relativamente simples.

3.2 Modelo Proposto e Especificação de Variáveis

Para a modelagem do efeito de eventos periódicos economicamente relevantes sobre a volatilidade de ativos financeiros, são usados dois modelos neste trabalho. O primeiro utiliza métodos econométricos para atribuir um peso a cada evento. O segundo modelo usa um sistema multiagentes para simular o uso de informação adicional sobre eventos periódicos para operar no mercado.

O conjunto de eventos que será analisado é dado na tabela 3.1.

Como o modelo proposto não procura fazer a regressão dos dados com relação à variação dos preços ¹, mas sim em relação à volatilidade, os trades executados não devem ser

¹Diversos trabalhos usam esta abordagem para estimar efeitos de anúncios macroeconômicos sobre séries financeiras, especialmente os classificados em JEL G14.

Tabela 3.1: Eventos Econômicos

(a) Norte Americanos		(b) Brasileiros	
Indicador Econômico	Ocorrências	Indicador Econômico	Ocorrências
Consumer Price Index	46	Arrecadação	46
County Employment and Wages	8	Ata do Copom	43
Employer Costs for Employee Compensation	7	Balança Comercial	63
Employment Cost Index	16	CMN	6
Employment Situation	42	CNI Índices Industriais	20
Extended Mass Layoffs (Quarterly)	7	Conta Corrente	7
Job Openings and Labor Turnover Survey	22	Copom	43
Mass Layoffs (Monthly)	20	Desemprego	63
Metropolitan Area Employment and Unemployment	47	Governo Central	63
Producer Price Index	46	Investimento Externo Direto	62
Productivity and Costs	28	Ifécap	61
Real Earnings	46	IGP10	64
Regional and State Employment and Unemployment	43	IGPDI	62
U.S. Import and Export Price Indexes	47	IGPM	64
Usual Weekly Earnings of Wage and Salary Workers	8	IGPM1Previa	124
		IPCA	63
		IPCA15	64
		IPC FIPE	64
		IPC FIPE 1	64
		IPC FIPE 2	64
		IPC FIPE 3	65
		IPCS	63
		IPCS 1	63
		IPCS 2	64
		IPCS 3	63
		PIB	22
		Produção Industrial	64
		Relatório Trimestral Inflação	19
		Setor Público	54
		Transações Correntes	56
		Vendas Varejo	64

direcionais. Idealmente, o derivativo a ser operado seria um swap de volatilidade, mas este não está disponível no mercado brasileiro nas condições necessárias a este estudo.

Serão usados, portanto, trades de compra e venda sintéticos de volatilidade, usando composição de compra e venda de ativo-objeto e opções de modo a criar posições delta-hedgeadas. Os agentes que usam modelagem constroem portanto suas posições buscando exposição em gama, teta e vega, em princípio nesta ordem de importância.

3.3 Fonte dos Dados

Os dados sobre operações realizados no mercado brasileiro estão disponíveis no site da BMFBovespa (www.bovespa.com.br) em formato texto consolidado por dia. Estão disponíveis dados de todos ativos² negociados desde antes do início do uso do Real como moeda.

Os dados utilizados neste trabalho serão aqueles a partir de abril de 1998. Antes desse período o nome dos ativos seguia uma regra diferente de construção e a conversão para o formato atual gera um custo superior ao benefício que a adição dos dados traria.

Para a análise de eventos, foram usados dados a partir de 2006, devido a duas restrições importantes. A primeira é o volume de negociação dos ativos de interesse (PETR4 e VALE5), que antes tinha pouca liquidez, de modo que as cotações dos ativos eram mais suscetíveis a variações pontuais devido a compras ou vendas esporádicas de uma agente isolado. Com maior liquidez, esse efeito torna-se menos pronunciado e melhores conclusões podem ser obtidas. O segundo ponto é a grande dificuldade de obter dados sobre anúncios de eventos econômicos com a data em que foram divulgados antes de 2006. Para diversos indicadores a série histórica está disponível, mas apenas com referência ao ano e mês de divulgação, portanto sendo inadequadas para o objetivo deste trabalho, para o qual é preciso dispor do dia em que a divulgação foi feita.

Idealmente, o horário da divulgação seria também levado em conta para que um indicador divulgado após o fechamento do pregão tivesse impacto considerado apenas no pregão seguinte. Os dados com horário de divulgação são ainda mais restritos e não foi possível incluir número significativo de indicadores com o horário para modelar este aspecto. Todos eventos são considerados então como divulgados durante a atividade do pregão. No capítulo 4 é explicado o modo como as possibilidades de horário de divulgação são tratadas.

Adicionalmente, a execução do modelo multiagentes gera ela própria a base de dados

²inclusive opções

de negócios para análise posterior.

4

Modelo Econométrico

O modelo econométrico é a base para este trabalho, provendo um conjunto de dados que podem ser usados pelos agentes na segunda parte do trabalho. Permite ainda que se obtenha avaliações sobre a relevância de cada indicador econômico estudado, assim como a pertinência da própria questão a ser investigada.

4.1 Pré Processamento dos dados

Os dados dos ativos são obtidos da Bovespa, que fornece essa informação gratuitamente mediante cadastro. Os dados fornecidos têm periodicidade diária e possuem para cada ativo negociado todas as informações relevantes sobre preço (abertura, fechamento, mínimo, máximo e médio), volume de negócios e volume financeiro. Para os derivativos, informa ainda o preço de exercício e o vencimento da série.

Os dados têm então que ser ajustados para levar em conta os desdobramentos ocorridos no período analisado. Como as opções no mercado brasileiro são protegidas para dividendos, a base de dados não foi ajustada para pagamento de dividendos em nenhum dos ativos. O período de dados usado foi de 2/1/2006 a 28/4/2011, com 1311 dias de negociação.

A seguir, foi levantado o conjunto de dados de divulgação de indicadores econômicos. A partir da coleta em diversos organismos de pesquisa ¹ que realizam e divulgam indicadores econômicos amplamente conhecidos, foi produzida uma tabela com todos eventos e para cada evento, a data de divulgação de cada pesquisa. Alguns indicadores são colineares com outros por terem todas datas de divulgação idênticas (e.g. CPI e Real Earnings), tendo que ser excluído um deles para que possa ser calculada a regressão sobre os dados. Caso isso não fosse feito, os indicadores gerariam uma matriz singular e seria impossível calcular os coeficientes de cada indicador.

O horário de divulgação de um indicador influencia quais cotações poderão ser afetadas por ele. Por exemplo, um indicador divulgado após a abertura e antes do fechamento de um

¹DIEESE, FIPE, US, FGV

pregão pode não ter efeito sobre negócios realizados no pregão seguinte. A situação é oposta quando um indicador é divulgado após o fechamento do pregão, quando seus efeitos não podem se refletir no pregão do dia em que é anunciado, mas apenas a partir do pregão seguinte.

Há ainda a possibilidade de um indicador ser divulgado antes da abertura do pregão, ou que um indicador americano seja divulgado num feriado brasileiro ou na cidade de São Paulo. Para estes casos, a divulgação da notícia pode ter efeito imediato assim que o mercado iniciar negociações.

Para que estes casos horário de divulgação fossem contemplados, foram usadas medidas de volatilidade alcançando mais de um pregão como descrito em 4.2.

Mesmo para o período considerado, alguns derivativos com strike muito dentro ou muito fora do dinheiro, ou ainda com vencimento muito distante podem tornar-se ilíquidas e apresentar variações espúrias. Foram desconsideradas todos derivativos com menos de dez(10) negócios em um dia. Também foram incluídas apenas as opções de compra (calls) visto que no mercado brasileiro as opções de venda (puts) ainda são pouco negociadas e mesmo que apresentem mais de dez negociações em um dia, em geral não são adequadas para este estudo.

4.2 Medida de Volatilidade

As medidas de volatilidade apresentadas em 2.2 são realizadas sobre um período de tempo composto de diversas observações. Dessa forma, tornam-se medidas que, quando da ocorrência de aumento brusco da volatilidade do ativo, aumentarão gradualmente em relação a seu valor anterior visto que consideram observações onde a volatilidade anterior era mais baixa. Apenas se e quando todo o período considerado apresentar alta volatilidade em todas observações a medida de volatilidade estará de acordo com a observação real.

Conforme salientado, esta é uma característica desejável numa medida de volatilidade para uso no mercado. Este trabalho, entretanto, investiga o efeito imediato de eventos sobre a volatilidade de ativos, de modo que uma convergência gradual do valor medido não é a medida mais útil. Na figura 4.1 podem ser observados os tempos de reação de medidas de volatilidade em com prazos mais comuns no mercado e mesmo com prazos mais curtos. Mesmo as medidas de reação mais rápida tradicionais demoram a refletir as variações que este trabalho procura modelar.

Foram usadas então medidas de volatilidade que reflitam imediatamente o possível efeito de um anúncio econômico. Como não se sabia de antemão qual seria a melhor medida

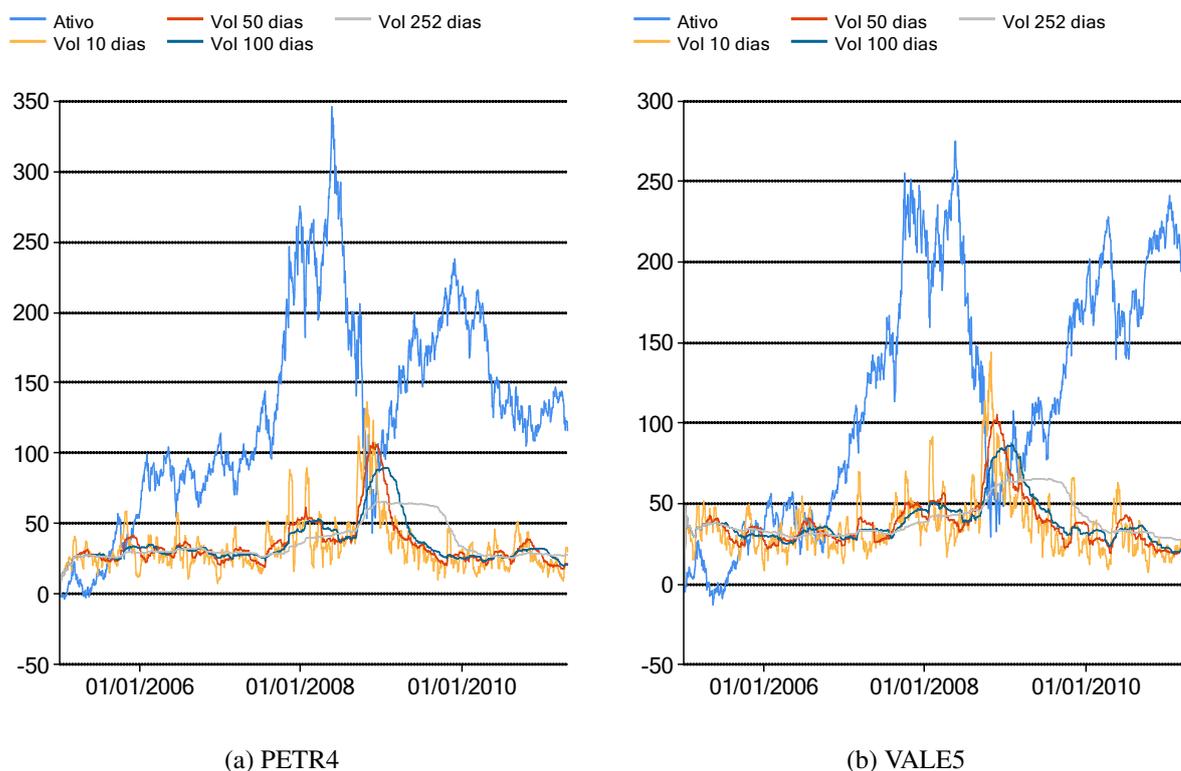


Figura 4.1: Medidas de Volatilidade

de volatilidade a ser adotada, foram realizados todos os testes com três diferentes modelos de volatilidade, cada um procurando medir de forma diferente: módulo da variação, quadrado da variação e módulo da diferença entre os logaritmos dos preços.

- 1. Variação Absoluta

Para cada período de negociação, computa-se a diferença percentual absoluta entre dois fechamentos. A tabela 4.1 apresenta as variações usadas.

- 2. Quadrado da Variação

Também foi modelado o resultado quando a regressão usa o quadrado das variações calculado conforme a tabela 4.2.

- 3. Diferença dos Logaritmos

Também foi modelado o resultado quando a regressão usa a diferença entre os logaritmos dos preços. A tabela 4.3 indica as fórmulas de cálculo e variações usadas.

Descrição	Código	Fórmula
Dia anterior	Ant4	$(F_i - F_{i-1})$
Dois dias anteriores	Ant3	$(F_i - F_{i-2})$
Três dias anteriores	Ant2	$(F_i - F_{i-3})$
Quatro dias Anteriores	Ant1	$(F_i - F_{i-4})$
Há quatro dias	Pre4	$(F_{i-3} - F_{i-4})$
Há três dias	Pre3	$(F_{i-2} - F_{i-3})$
Há dois dias	Pre2	$(F_{i-1} - F_{i-2})$
Dois dias após	Pos2	$(F_{i+1} - F_{i+2})$
Três dias após	Pos3	$(F_{i+2} - F_{i+3})$
Quatro dias após	Pos4	$(F_{i+3} - F_{i+4})$
Até dia seguinte	Prox1	$(F_{i+1} - F_i)$
Até dois dias após	Prox2	$(F_{i+2} - F_i)$
Até três dias após	Prox3	$(F_{i+3} - F_i)$
Até quatro dias após	Prox4	$(F_{i+4} - F_i)$

Tabela 4.1: Variação Absoluta F_i representa fechamento de referência

Descrição	Código	Fórmula
Dia anterior	Ant4	$(F_i - F_{i-1})^2$
Dois dias anteriores	Ant3	$(F_i - F_{i-2})^2$
Três dias anteriores	Ant2	$(F_i - F_{i-3})^2$
Quatro dias Anteriores	Ant1	$(F_i - F_{i-4})^2$
Há quatro dias	Pre4	$(F_{i-3} - F_{i-4})^2$
Há três dias	Pre3	$(F_{i-2} - F_{i-3})^2$
Há dois dias	Pre2	$(F_{i-1} - F_{i-2})^2$
Dois dias após	Pos2	$(F_{i+1} - F_{i+2})^2$
Três dias após	Pos3	$(F_{i+2} - F_{i+3})^2$
Quatro dias após	Pos4	$(F_{i+3} - F_{i+4})^2$
Até dia seguinte	Prox1	$(F_{i+1} - F_i)^2$
Até dois dias após	Prox2	$(F_{i+2} - F_i)^2$
Até três dias após	Prox3	$(F_{i+3} - F_i)^2$
Até quatro dias após	Prox4	$(F_{i+4} - F_i)^2$

Tabela 4.2: Quadrado da Variação F_i representa fechamento de referência

Descrição	Código	Fórmula
Dia anterior	Ant4	$\ln(F_i) - \ln(F_{i-1})$
Dois dias anteriores	Ant3	$\ln(F_i) - \ln(F_{i-2})$
Três dias anteriores	Ant2	$\ln(F_i) - \ln(F_{i-3})$
Quatro dias Anteriores	Ant1	$\ln(F_i) - \ln(F_{i-4})$
Há quatro dias	Pre4	$\ln(F_{i-3}) - \ln(F_{i-4})$
Há três dias	Pre3	$\ln(F_{i-2}) - \ln(F_{i-3})$
Há dois dias	Pre2	$\ln(F_{i-1}) - \ln(F_{i-2})$
Dois dias após	Pos2	$\ln(F_{i+1}) - \ln(F_{i+2})$
Três dias após	Pos3	$\ln(F_{i+2}) - \ln(F_{i+3})$
Quatro dias após	Pos4	$\ln(F_{i+3}) - \ln(F_{i+4})$
Até dia seguinte	Prox1	$\ln(F_{i+1}) - \ln(F_i)$
Até dois dias após	Prox2	$\ln(F_{i+2}) - \ln(F_i)$
Até três dias após	Prox3	$\ln(F_{i+3}) - \ln(F_i)$
Até quatro dias após	Prox4	$\ln(F_{i+4}) - \ln(F_i)$

Tabela 4.3: Diferença dos Logaritmos F_i representa fechamento de referência

4.3 Modelo Estatístico

Os dados obtidos permitiram a construção de dezesseis modelos econométricos, levando em conta cada uma das oito defasagens de interesse e as duas medidas de volatilidade consideradas. Foram ainda feitas as regressões tanto do conjunto completo de indicadores quanto dos indicadores americanos separados dos brasileiros.

A modelagem foi feita usando-se variáveis dummies para cada indicador estudado. Seu valor é um (1) para dias onde o indicador é divulgado e zero(0) para todos demais períodos. Mesmo os indicadores mais frequentes não estão presentes nem em 10% dos períodos analisados.

Foi usado o software R versão 2.13.0 para todas as regressões.

Os modelos considerados usam como variáveis dependentes as diversas medidas de volatilidade e como variáveis independentes uma constante (intercepto) e as séries de variáveis representando cada dia onde ocorreu um evento, com uma variável para cada evento. O intercepto foi usado para que as datas dos eventos procurassem modelar a variação da volatilidade em relação à volatilidade média da série: se não fosse usado intercepto, não seria clara a contribuição de cada evento para a volatilidade. Além disso, o uso do intercepto permite que seja estabelecida uma abordagem direta para comparação da eficiência do modelo presente com o modelo Black-Scholes, apresentado na seção 5.4.3.

4.3.1 Variáveis Independentes

As variáveis independentes são os eventos de divulgação dos indicadores estudados, caracterizados por variáveis dummy. Cada variável dummy possui valor um nos períodos em que o indicador é divulgado e zero em todos demais períodos.

Para os indicadores que possuem mais de uma divulgação por mês como IPC FIPE, que possui divulgação de quatro prévias mensais, cada prévia é considerada um evento distinto. Quando mais de um indicador possui as mesmas datas de divulgação que outro, não é possível calcular a regressão pois geram uma matriz singular. O mesmo foi feito para o IPCA e IPCA 15.

Os eventos selecionados para o estudo foram aqueles sobre os quais há comentários sistemáticos no mercado quando são anunciados, são reconhecidos por grande número de participantes do mercado e ainda para os quais foi possível estabelecer as datas de divulgação com precisão. Outros indicadores considerados inicialmente tiveram de ser excluídos principalmente devido ao terceiro fator de seleção; embora a série histórica dos dados estivesse disponível foi impossível coletar as datas de divulgação com precisão.

4.3.2 Variáveis Dependentes

As variáveis dependentes, conforme descrito em 4.2, apresentam dois tipos de medida, variação absoluta e quadrado da variação. O valor absoluto da variação foi usado em detrimento do valor nominal para que o modelo não procurasse prever a direção dos movimentos.

Para cada tipo de medida de volatilidade, foram usadas 14 combinações de observações relativas a cada período. O objetivo de incluir medidas de diversos períodos é contemplar diferenças nos horários de divulgação dos dados assim como uma reação do mercado ao longo de mais de um período de observação.

Os dados foram considerados em sua totalidade mas também divididos em indicadores relativos à economia dos Estados Unidos da América e à economia do Brasil.

O conjunto completo de variáveis dependentes está na tabela 4.4.

Absoluta	Quadrado	Absoluta	Quadrado
usa_abs_ant4	usa_quad_ant4	bra_abs_ant4	bra_quad_ant4
usa_abs_ant3	usa_quad_ant3	bra_abs_ant3	bra_quad_ant3
usa_abs_ant2	usa_quad_ant2	bra_abs_ant2	bra_quad_ant2
usa_abs_ant1	usa_quad_ant1	bra_abs_ant1	bra_quad_ant1
usa_abs_pre4	usa_quad_pre4	bra_abs_pre4	bra_quad_pre4
usa_abs_pre3	usa_quad_pre3	bra_abs_pre3	bra_quad_pre3
usa_abs_pre2	usa_quad_pre2	bra_abs_pre2	bra_quad_pre2
usa_abs_Pos2	usa_quad_Pos2	bra_abs_Pos2	bra_quad_Pos2
usa_abs_pos3	usa_quad_pos3	bra_abs_pos3	bra_quad_pos3
usa_abs_pos4	usa_quad_pos4	bra_abs_pos4	bra_quad_pos4
usa_abs_prox1	usa_quad_prox1	bra_abs_prox1	bra_quad_prox1
usa_abs_prox2	usa_quad_prox2	bra_abs_prox2	bra_quad_prox2
usa_abs_prox3	usa_quad_prox3	bra_abs_prox3	bra_quad_prox3
usa_abs_prox4	usa_quad_prox4	bra_abs_prox4	bra_quad_prox4

(a) EUA

(b) Brasil

Absoluta	Quadrado
todos_abs_ant4	todos_quad_ant4
todos_abs_ant3	todos_quad_ant3
todos_abs_ant2	todos_quad_ant2
todos_abs_ant1	todos_quad_ant1
todos_abs_pre4	todos_quad_pre4
todos_abs_pre3	todos_quad_pre3
todos_abs_pre2	todos_quad_pre2
todos_abs_Pos2	todos_quad_Pos2
todos_abs_pos3	todos_quad_pos3
todos_abs_pos4	todos_quad_pos4
todos_abs_prox1	todos_quad_prox1
todos_abs_prox2	todos_quad_prox2
todos_abs_prox3	todos_quad_prox3
todos_abs_prox4	todos_quad_prox4

(c) Todos

Tabela 4.4: Variáveis Dependentes

4.3.3 Resultados Gerais

Os eventos americanos resultaram mais significativos que os brasileiros, especialmente para os períodos seguintes à divulgação dos indicadores, com p-valores para os modelos menores que 0,01. Independentemente do p-valor dos modelos, o R^2 foi para todos sempre baixo, de modo que os eventos estudados explicam pouco da volatilidade total dos ativos estudados.

Como o objetivo deste estudo não é modelar toda a volatilidade dos ativos, o baixo R^2 dos modelos não é um problema como seria em um estudo com outro foco, sendo observado frequentemente a presença de baixos R^2 com baixos p-valores para o modelo. Há que se considerar que embora a maior parte dos dias (77%) possua um indicador associado, não há uma integração entre eles, de modo que a volatilidade não é nem poderia ser explicada pelo modelo.

A figura 4.2 apresenta a quantidade de eventos (proporcional ao número de eventos total em cada grupo) com p-valor significativo a 1%, 5% e 10% para o ativo PETR4. A figura 4.3 apresenta o mesmo para o ativo VALE5. Nelas estão apresentados os resultados das regressões para Indicadores brasileiros(BRA), americanos (USA), brasileiros e americanos (TODOS) e também para o grupo de controle (CONTROLE), este apresentado na seção 4.5. As subfiguras (a) apresentam os valores diretamente observados enquanto as subfiguras (b) apresentam os resultados proporcionalmente.

Os dados usados foram as médias para cada grupo de todas as regressões realizadas - os dados exatos podem ser verificados nas tabelas 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 . Elas estão representadas como M90, M95 e M99 para 10%, 5% e 1% de significância, respectivamente. Um dado relevante é que em todos os modelos o intercepto teve p-valor muito menor que 0,01. Devido a isso, a comparação proporcional para modelos onde houve menos eventos relevantes poderia parecer artificialmente menor proporcionalmente. Para eliminar este viés, foram calculados os valores M90Aj, M95Aj e M99Aj, que têm o valor de seus correspondentes menos 1, o que evita que o intercepto seja considerado um evento relevante.

Os eventos americanos claramente são mais significativos proporcionalmente que os brasileiros. Houve pouca mudança neste ponto quando a medida de volatilidade foi alterada para quadrado ou logaritmo, conforme pode ser visto nas figuras 4.4 e 4.5.

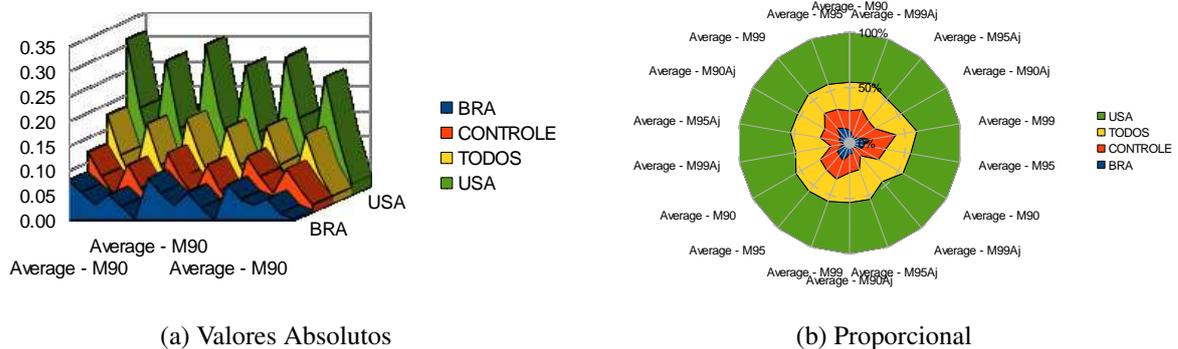


Figura 4.2: Proporção Eventos Significativos PETR4

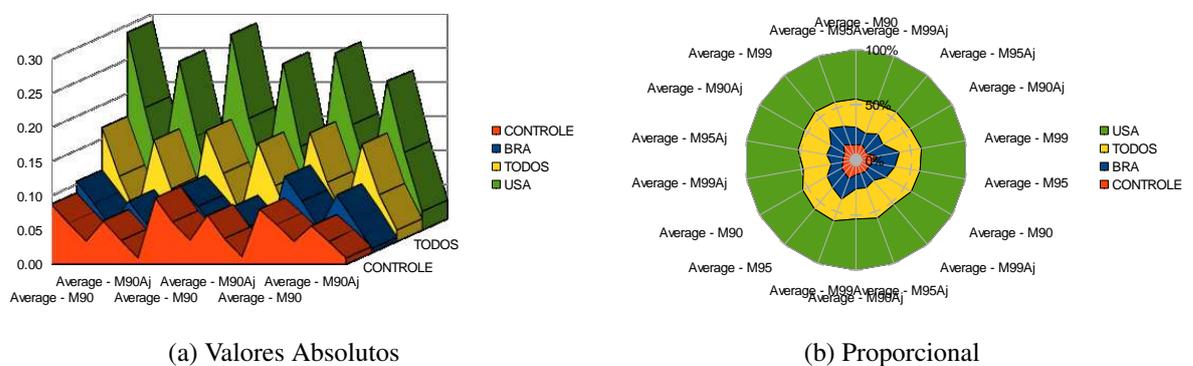


Figura 4.3: Proporção Eventos Significativos VALE5

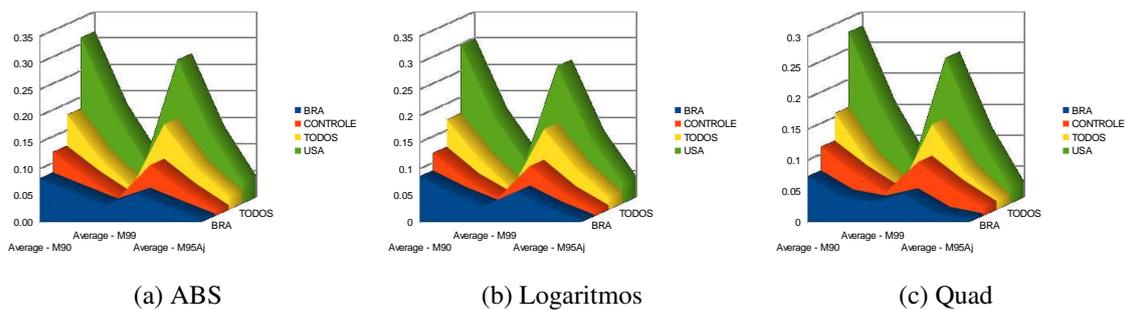


Figura 4.4: PETR4

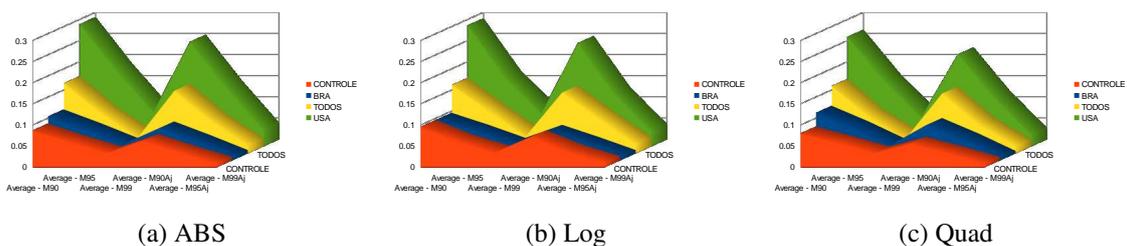


Figura 4.5: VALE5

4.4 Eventos Relevantes

A modelagem revelou que alguns eventos possuem influência significativa sobre a volatilidade modelada dos ativos. Surpreendentemente, muitos dos eventos mais relevantes apresentam contribuição negativa à volatilidade do ativo (quando o indicador é divulgado o mercado varia menos que em outros dias). Ela apresenta os eventos mais comumente considerados significativos a 10, 5 e 1%. Estes eventos serão usados no sistema multiagentes no capítulo 5.

4.5 Experimento de Controle

Devido ao grande número de Indicadores econômicos utilizados, a possibilidade de que os resultados obtidos sejam espúrios deve ser considerada.

Para endereçar este potencial problema foi realizado um experimento de controle, onde foram criadas quarenta eventos aleatórios. Para cada evento aleatório gerado, foram gerados 5% de períodos com a variável dummy com valor um (1). Os demais períodos receberam valor zero (0). A distribuição dos dias onde o evento aleatório também é aleatória e independente para cada evento. Cada período possui a probabilidade 0,05 de ser conter o valor 1.

A distribuição dos eventos aleatórios é conforme a tabela 6.5.

A avaliação dos eventos aleatórios foi feita do mesmo modo que a avaliação dos eventos reais, através de script R. Alguns eventos aleatórios apresentaram significância a 5%, o que é esperado, já que há 40 eventos considerados. A tabela 4.6 mostra a média dos eventos significativos nos modelos de cada tipo (Absoluta, Quadrado, Logaritmo). Os valores ficam sempre próximos do que seria esperado para eventos aleatórios, sendo que na média dos dados ajustados para corrigir o viés do intercepto como evento relevante é obtido exatamente o valor esperado, exceto para M90Aj, que fica 0,01 abaixo do esperado.

A comparação com a significância dos eventos reais, entretanto, demonstra que há mais eventos significantes entre os eventos reais que entre os eventos aleatórios. Os gráficos 4.2 e 4.3 demonstra a proporção de eventos significantes a 10%, 5% e 1% entre os grupos de eventos americanos, brasileiros, brasileiros e americanos e por fim os eventos de controle (aleatórios).

Como em todas regressões o componente do intercepto é o mais significativo, aumenta a diferença de significância entre os grupos de controle e de eventos reais.

Ordem	Evento	Ordem	Evento	Ordem	Evento
1	ES	21	IPCA	41	SETOR PUBLICO
2	MAEU	22	ECEC	42	CMN
3	CPI	23	EUABALANCA	43	DESEMPREGO
4	EUAPAYROLL	24	IGPM	44	UWEWSW
5	USIEPI	25	IPCFIPE3	45	VENDASVAREJO
6	EUAPRODUCAOINDUSTRIAL	26	IGPDI	46	IFECAP
7	CNI	27	BALANCACOMERCIAL	47	EUAPPI
8	PPI	28	IED	48	IPCS2QUADRI
9	JOLTS	29	TRANSACOESCORRENTES	49	QDSBED
10	ECI	30	CONTA CORRENTE	50	IPCFIPE
11	ML	31	IPCFIPE1		
12	PC	32	PIB		
13	RSEU	33	IGP10		
14	EUAPCE	34	TRIMESTRALINFLACAO		
15	COPOM	35	ATACOPOM		
16	CEW	36	EUALIVROBEGE		
17	IPCA15	37	IGPM1PREVIA		
18	EUAPIB	38	IPCFIPE2		
19	ARRECADACAO	39	GOVERNO CENTRAL		
20	EUAFOMC	40	IPCS		

Tabela 4.5: Eventos Relevantes

Subgrupo	Data	CONTROLE
ABS	Média - M90	0.12
	Média- M95	0.07
	Média- M99	0.03
	Média- M90Aj	0.10
	Média- M95Aj	0.05
	Média- M99Aj	0.01
LOG	Média- M90	0.12
	Média- M95	0.07
	Média- M99	0.03
	Média- M90Aj	0.09
	Média- M95Aj	0.04
	Média- M99Aj	0.01
QUAD	Média- M90	0.11
	Média- M95	0.07
	Média- M99	0.04
	Média- M90Aj	0.09
	Média- M95Aj	0.05
	Média- M99Aj	0.01
Média Geral - M90		0.12
Média Geral - M95		0.07
Média Geral - M99		0.03
Média Geral - M90Aj		0.09
Média Geral - M95Aj		0.05
Média Geral - M99Aj		0.01

Tabela 4.6: Sumário Experimento de Controle

5

Modelo Multiagentes

Para avaliar a possibilidade de exploração do conhecimento obtido no capítulo 4, foi desenvolvido pelo autor software que implementa um mercado artificial.

O uso de sistemas multiagentes para modelagem de mercados financeiros é um caso especial da abordagem de modelos multiagentes, um campo que é foco crescente de pesquisa e engloba diversas áreas. Em especial, a abordagem multiagentes é útil quando mais de uma área de conhecimento está envolvida na pesquisa, uma vez que o modelo pode ser construído com os conhecimentos teóricos de cada área e a interação entre elas emerge a partir do comportamento dos agentes.

O mercado artificial desenvolvido procura seguir o modelo de funcionamento do mercado Bovespa em todos aspectos relevantes para o estudo do comportamento dos preços. Para tanto foi desenvolvido para permitir a interação entre os agentes com as seguintes características:

- Podem ser negociados apenas um ativo e seus derivativos a cada execução do mercado artificial.
- Agentes submetem ordens de compra ou venda de ativos com quantidade desejada e preço máximo a ser pago para compra ou preço mínimo a ser recebido para venda.
- Há apenas um leilão de negociação por dia, que considera todas ordens submetidas pelos agentes.
- Antes de cada leilão, os agentes têm suas carteiras zeradas ao preço de fechamento negociado na Bovespa para aquele dia tanto nos ativos quanto nos derivativos.
- Não há cobrança de quaisquer taxas dos agentes, seu lucro ou prejuízo com uma operação depende unicamente dos preços de compra e venda.
- Cada execução do mercado artificial usa o mesmo conjunto de agentes do início ao fim e cada agente aumenta ou diminui seu capital conforme as operações que executa.

- Caso um agente perca mais de 90% do capital inicial, será considerado falido e não executará mais operações, mas a simulação continuará com os demais agentes.
- No caso de operações delta-hedgeadas com derivativos, a operação com o ativo objeto é permitida para cada agente apenas quando a operação com o derivativo ocorrer no mesmo pregão. Isso evita que os resultados de agentes que operam apenas operações delta-hedgeadas possam ter seus resultados corrompidos quando não houver ofertas de outros agentes que permitam a execução da oferta do derivativo, evitando a execução do trade apenas com o ativo-objeto.

5.1 Agentes

Cada mercado artificial é composto de um conjunto de agentes configurados inicialmente.

Há diversas classes de agentes possíveis, cada uma com características de operação distintas:

Aleatório - agente compra ou vende sem estratégia definida (usado para incluir ruído nas simulações) .

Histórico - agente compra ou vende de acordo com preços históricos dos ativos (usado para ajustar o impacto possível aos demais agentes sobre o mercado).

Black & Scholes- agente compra ou vende buscando os preços do modelo Black-Scholes de precificação de opções

Viesado - agente possui um viés de operar sempre comprado ou vendido (usado para simular operação de instituições como fundos de pensão).

Econométrico - agente usa os conhecimentos obtidos no capítulo 4 para operar apenas nos dias em que um evento considerado relevante lhe permite uma vantagem.

Além de seguir um dos comportamentos acima, cada agente é definido por um conjunto de propriedades:

1. Nome - Identificação do agente.
2. Capital Inicial - Recursos disponíveis para o agente.

Algoritmo 1 Exemplo de Agente

```

1 <agente >
2     <nome>Fundo de Pensão </nome>
3     <tipo>Viesado </tipo >
4     <capital >100000</capital >
5     <risco >1</risco >
6     <estrategia >
7         Compra( Ativo , 100);
8     </estrategia >
9 </agente >

```

3. Risco - Quanto do seu capital o agente comprará ou venderá em cada operação.

4. Tipo - Classificação do Agente .

5. Estratégia - O que e a que preço o agente compra ou vende.

Um agente completo com viés de compra que procura a cada pregão comprar mais do ativo simulado pagando no máximo R\$100,00 pode ser definido como em 1.

A estratégia de um agente é definida através de dois comandos, Compra ou Vende.

Os comandos de compra e venda possuem cinco parâmetros: ativo, preço, deslocamento, gatilho e hedge.

1. O ativo pode ser “Ativo” para que seja comprado o ativo atual do mercado artificial ou “Call(moneyness)” para que seja comprada uma opção de compra do ativo corrente, onde moneyness indica qual o strike desejado em relação ao preço atual ao ativo. Moneyness com valor 10 indica a opção com strike 10% acima do preço de fechamento atual.
2. O gatilho é usado apenas pelos agentes econométricos, indica qual indicador econômico o agente usa para enviar ordens ao mercado. Um agente econométrico com estratégia “Compra(Ativo, 10, 0, IPCA)” enviará ordens de compra do ativo simulado ao preço máximo de dez reais a cada pregão onde for divulgado um novo IPCA.
3. O deslocamento é usado para que o comando seja executado antes ou depois dos dias designados pelo gatilho. “Compra(Ativo, 10, -2, IPCA)” enviará ordens de compra do ativo simulado ao preço máximo de dez reais dois pregões antes de cada pregão onde for divulgado um novo IPCA. “Compra(Ativo, 10, 3, IPCA)” fará o mesmo, exceto que três pregões depois da divulgação do IPCA. É importante notar que não basta somar ou subtrair dias à data dos eventos, uma vez que assim seria comum que a data para disparo

Quantidade Compra	Preço	Preço	Quantidade Venda	Preço	Volume
1000	10,00	6,00	1000	6,00	1000
2000	9,00	7,00	2000	7,00	3000
3000	8,00	8,00	3000	8,00	6000
1000	7,00	9,00	1000	9,00	3000
10000	6,00	10,00	10000	10,00	1000

(a) Livro de Ofertas

(b) Preços e Negócios

Tabela 5.2: Ofertas e Preços

da ordem fosse em um final de semana ou feriado, sendo portanto impossível que fosse executada.

4. Hedge indica a quantidade desejada de hedge de uma call, que será feita por uma operação oposta com o ativo-objeto.

As estratégias podem ainda contar com comandos especiais para que sejam implementadas operações com derivativos:

Comando	Parâmetros	Função
PrecoBS	moneyness, horizonte volatilidade	Valor teórico Black Scholes call
QuantBS	moneyness, horizonte volatilidade	Delta Black Scholes
Random	valor máximo	valor aleatório entre 0 e máximo
PrecoHistorico	deslocamento	Preço fechamento real na data

Tabela 5.1: Comandos para Definição de Estratégias

5.2 Modelo de Leilão

Após a submissão das ordens de compra e venda dos agentes ao mercado, é preciso determinar qual o preço de fechamento das negociações. O modo como o valor é encontrado tem influência forte sobre a dinâmica do comportamento dos agentes, podendo inviabilizar estratégias válidas e gerar resultados positivos para os agentes que procurem obter vantagem do sistema de leilão e não do comportamento dos preços dos ativos.

Por exemplo, caso o livro de ofertas tenha a configuração em 5.2 quando da realização do leilão.

O modelo de leilão usado pelo mercado artificial é o mesmo usado pela Bovespa para determinar o preço de fechamento. Usa-se o preço que maximiza o volume negociado. Quando há mais de um preço que maximiza o volume negociado, é calculada a média dos valores centrais.

5.3 Composição de Mercado

Devido ao sistema de leilão adotado, os preços dos negócios são todos determinados pelas interações entre os agentes, sem que as simulações estejam atreladas diretamente aos preços históricos dos ativos. Para que os preços sigam o comportamento ocorrido no mercado real, é preciso incluir no mercado artificial agentes que façam ofertas de compra e venda com preços próximos ou idênticos aos históricos.

A composição do mercado tem papel determinante nos resultados que cada agente obtém. Para simular o resultado de um agente usar sua estratégia num mercado com preços exatamente iguais aos históricos, a seguinte configuração é usada: Dois agentes históricos que façam ofertas de compra e venda com os valores históricos são incluídos com um capital inicial muito superior ao capital do agente cujo resultado se deseja verificar. A figura 5.1 mostra a variação do preço realizado num mercado artificial com os seguintes agentes:

Agente	Capital Inicial	Preço Compra	Preço Venda
Comprador	100.000.000	Preço Histórico * 0,999	-
Vendedor	100.000.000	-	Preço Histórico * 1,001
Viesado 1	100.000	100	-
Viesado 2	100.000	-	0,01

Os agentes aleatórios têm suas ordens executadas, pois estão dispostos a comprar mais caro e vender mais barato, respectivamente. Ainda assim, o preço negociado é idêntico ou muito próximo do preço histórico dado que o tamanho de suas ordens de compra e venda é muito menor que as ordens dos agentes Comprador e Vendedor. Estes não podem negociar entre si, visto que um trade entre eles teria necessariamente que ocorrer a preço superior ao que o comprador está disposto a pagar e inferior ao qual o vendedor está disposto a vender. A figura 5.1 mostra ainda que no início da simulação a variação em relação ao preço histórico parece mais significativa, mas isso ocorre apenas porque neste período o preço do ativo era menor, conforme pode ser visto na figura 4.1. Quando o preço é menor, uma variação de um centavo é maior proporcionalmente.

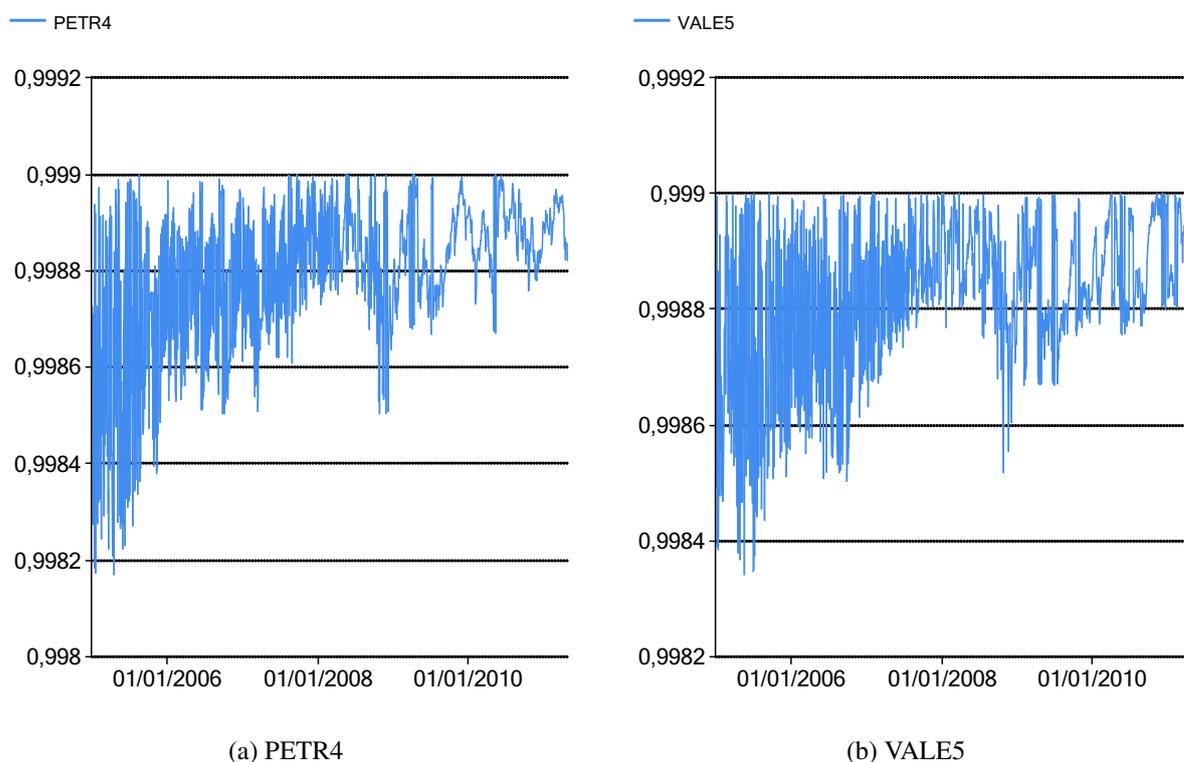


Figura 5.1: Variação em relação a preço histórico

5.4 Resultados

Através do sistema multiagentes, foram modeladas diversas composições de mercado, onde diferentes agentes fazem ofertas dadas por suas estratégias e observa-se o resultado final e a dinâmica da interação entre eles. Foram simulados mercados com os modelos econométricos obtidos no capítulo 4 em conjunto com agentes históricos para observar que resultado as operações teriam no mercado real. Mas também em outras configurações onde o preço poderia se descolar do preço histórico para observar o resultado da competição entre eles.

Em especial foram feitas simulações com agentes dispostos a negociar pelos preços teóricos dados pelo modelo Black-Scholes.

5.4.1 Composição Aleatória

Durante a validação do sistema um efeito interessante da forma como as posições são zeradas no dia seguinte a sua abertura apareceu quando foram analisados mercados artificiais com composição de agentes aleatórios. Usando um número variável de agentes dispostos a comprar e vender por preços aleatórios, quanto maior o número de agentes presentes, mais

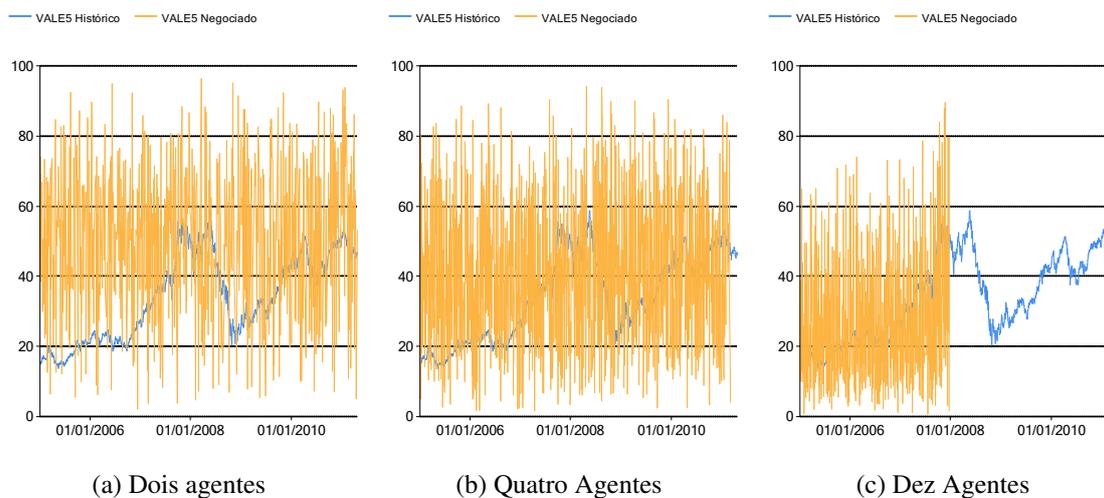


Figura 5.2: Preços negociados mercado aleatório

rapidamente o sistema converge para um estado onde os agentes que operam vendidos perdem todo seu capital e devem parar de negociar e os agentes que operam comprados em média dobrar seu capital inicial.

Embora os preços das ofertas sejam aleatórios, os agentes pertencem a um de dois grupos: ou operam sempre comprados (agentes com números ímpares) ou operam sempre vendidos (agentes com números pares).

Como os trades são sempre fechados pelo preço do mercado real no dia seguinte a sua abertura, na medida que o preço de fechamento real do ativo fica acima do preço médio realizado no mercado artificial para abertura das posições, os agentes vendidos passam a ter perdas sistemáticas. Esse comportamento leva mais rapidamente à quebra dos agentes vendidos quando o número de agentes total no sistema aumenta, visto que cada agente faz ofertas com tamanho dependente do volume de capital de que dispõe. Passa a ser maior a chance de que uma ordem de compra com preço mais baixo atenda múltiplas ordens de venda, o que leva o preço de abertura das posições para mais próximo de zero, intensificando a perda dos agentes vendidos.

A figura 5.2 mostra a evolução dos preços no mercados artificiais com 2, 4 e 10 agentes. Os preços negociados, como esperado não apresentam nenhum padrão, aproximando-se de um ruído branco.

A figura 5.3 mostra a evolução do capital dos agentes nos mesmos mercados da figura 5.2.

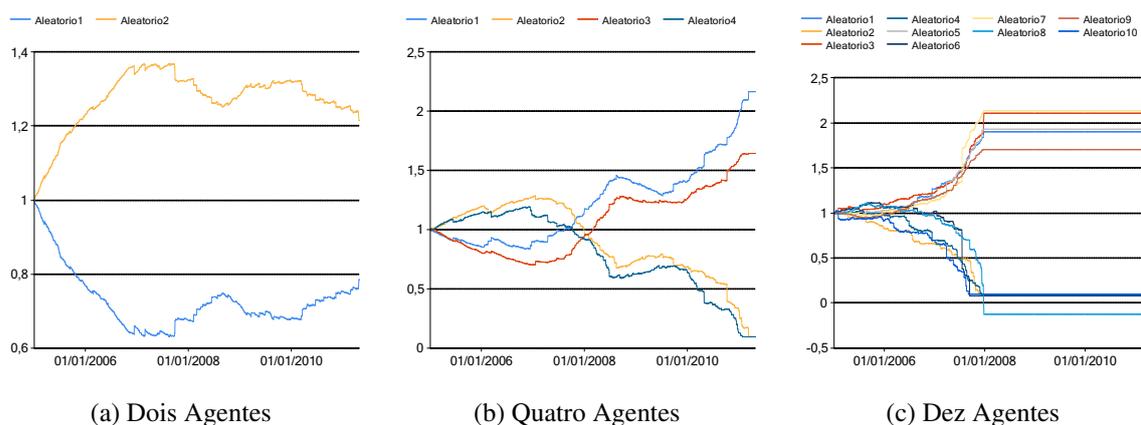


Figura 5.3: Evolução do Capital dos Agentes

5.4.2 Operação Eventos

Para avaliar o resultado da operação dos agentes econométricos com base nos resultados obtidos no capítulo 4, foram modelados mercados artificiais usando o recurso de incluir, além dos agentes econométricos, um agente comprador e um vendedor com capital muito maior e sempre dispostos a negociar pelo preço histórico. Assim foi possível avaliar qual impacto teria a operação das estratégias no mercado real, caso tivesse sido executada na Bovespa.

Para as simulações, foram usadas operações delta-hedgeadas com a compra de uma call e venda do ativo objeto conforme o delta dado pelo modelo Black-Scholes. Tal operação é a aposta à que seria feita normalmente com base no modelo, mas justifica-se para que possa ser usada na comparação com o modelo Black-Scholes na seção 5.4.3. Como não são considerados custos operacionais na operação dos mercados artificiais, para obter o resultado da operação de venda de call e compra do ativo objeto, basta inverter os resultados finais.

As tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam o ganho obtido pelos agentes econométricos ao seguir a estratégia de negociar em cada dia de divulgação dos indicadores ou nos dias com os deslocamentos apresentados em relação ao anúncio dos indicadores usando Petrobras. As tabelas 5.6, 5.7 e 5.8 indicam os resultados operando Vale. Um resultado de 100 indica que não houve perda nem ganho, 90 indica perda de 10% do capital e 110 indica ganho de 10% sobre o capital inicial. Em todas as tabelas os resultados são apresentados em ordem decrescente de valor médio.

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
IGPM1Previa	119	132	131	129	139	135	138	148	123	132,67
IPCS2Quadri	100	105	111	116	130	133	132	133	131	121,22
Vendas Varejo	105	118	120	124	118	127	129	127	119	120,78
IPCFIPE1	123	131	131	135	127	118	116	106	97	120,44
IGPI0	101	104	111	117	126	131	130	128	135	120,33
U.S. Import and Export Price Indexes	108	113	121	125	126	119	121	114	112	117,67
IPCA0	127	137	131	125	118	105	103	104	101	116,78
EUACPI	99	106	111	122	116	117	128	124	123	116,22
EUAPPI	107	109	116	116	113	129	125	117	114	116,22
IPCFIPE2	101	101	102	107	113	124	131	130	133	115,78
IPCSI	131	135	129	120	114	115	96	99	100	115,44
Producer Price Index	107	107	112	113	113	124	125	116	116	114,78
Consumer Price Index	100	107	109	117	116	115	127	125	116	114,67
Real Earnings	100	107	109	117	116	115	127	125	116	114,67
EUABalanca	113	116	120	121	117	116	109	105	103	113,33
IGPDI	138	128	119	115	112	102	100	97	102	112,56
EUA Produção Industrial	98	104	103	108	108	110	114	117	110	108,00
Regional State Employment Unemployment	103	103	103	110	106	111	109	109	117	107,89
EUAPayroll	116	116	112	114	112	99	98	102	101	107,78
Ifecap	127	126	103	103	104	103	101	99	101	107,44

Tabela 5.3: Resultados Agentes Econômicos Mercado Real PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
Copom	105	110	105	103	105	105	112	110	111	107,33
Employment Situation	115	112	112	114	110	101	99	103	100	107,33
Arrecadação	101	96	103	104	103	112	110	116	119	107,11
Produção Industrial	123	118	109	106	102	101	99	102	99	106,56
Ata do Copom	107	103	108	109	103	101	106	111	104	105,78
EUALivroBege	106	112	110	104	103	105	105	105	101	105,67
Desemprego	100	103	99	100	98	100	105	122	121	105,33
EUAFOMC	105	107	106	102	102	108	107	104	107	105,33
IED	103	101	100	102	101	104	104	111	120	105,11
IPCFIPE0	120	116	112	99	99	100	99	100	101	105,11
IPCS3Quadri	99	102	100	100	100	103	104	113	121	104,67
IPCA15	101	101	101	96	100	102	104	114	121	104,44
Productivity and Costs	110	106	105	107	104	102	103	99	99	103,89
Job Openings Labor Turnover Survey	105	110	106	104	104	103	103	100	99	103,78
PIB	102	105	101	104	108	105	104	101	101	103,44
Transa coes Correntes	102	101	99	101	100	102	102	107	116	103,33
EUAAta FOMC	101	106	102	102	101	102	104	106	104	103,11
Metropolitan Employment Unemployment	105	104	105	101	102	103	102	103	101	102,89
CNI Indices Industriais	108	108	102	103	99	100	100	100	102	102,44
Balança Comercial	116	103	98	100	99	102	100	102	101	102,33

Tabela 5.4: Resultados Agentes Econômicos Mercado Real PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
IPCS0	118	102	98	99	99	101	100	103	101	102,33
Extended Mass Layoffs (Quarterly)	100	103	102	102	102	101	102	101	100	101,44
IPCIFE3	103	98	103	101	101	99	101	104	102	101,33
Conta Corrente	100	99	100	100	101	101	102	103	104	101,11
Usual Weekly Earnings Wage Salary Workers	100	99	101	100	101	100	102	102	104	101,00
EUAPIB	102	100	101	101	100	103	101	101	99	100,89
EUAPCE	103	102	97	101	100	99	101	103	101	100,78
Governo Central	98	99	100	102	104	103	100	100	100	100,67
IGPM0	98	100	98	102	99	102	101	101	104	100,56
Mass Layoffs (Monthly)	100	99	99	99	99	100	100	102	107	100,56
Setor Publico	100	99	98	100	101	105	100	102	100	100,56
County Employment and Wages	100	101	101	99	100	100	101	100	102	100,44
Employer Costs Employee Compensation	101	101	102	100	100	99	100	100	100	100,33
Employment Cost Index	105	99	101	99	101	99	100	99	100	100,33
IGPM2Previa	100	99	100	101	100	100	101	101	101	100,33
Relatório Trimestral Inflação	100	99	99	101	101	99	100	100	102	100,11
CMN	99	99	99	99	100	100	101	101	100	99,78
Quarterly Business Employment Dynamics	99	99	99	99	99	99	101	101	102	99,78
Independence Day	100	99	99	99	99	99	100	99	99	99,22

Tabela 5.5: Resultados Agentes Econométricos Mercado Real PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
Consumer Price Index	100	107	110	119	121	121	129	131	120	117,56
County Employment and Wages	100	102	101	100	101	101	103	102	100	101,11
Employer Costs Employee Compensation	100	103	103	101	100	100	100	100	100	100,78
Employment Cost Index	103	100	102	99	102	99	100	98	99	100,22
Employment Situation	119	115	113	111	1544	101	101	101	101	267,33
Extended Mass Layoffs (Quarterly)	100	101	102	101	103	101	102	102	100	101,33
Job Openings Labor Turnover Survey	110	110	104	104	106	103	104	102	100	104,78
Mass Layoffs (Monthly)	102	100	99	99	100	101	101	102	109	101,44
Metropolitan Employment Unemployment	108	104	108	100	104	104	104	103	103	104,22
Producer Price Index	106	108	116	119	118	121	131	122	121	118,00
Productivity and Costs	107	109	105	1443	101	104	105	100	100	252,67
Quarterly Business Employment Dynamics	100	99	99	100	100	99	100	100	101	99,78
Real Earnings	100	107	110	119	121	121	129	131	120	117,56
Regional State Employment Unemployment	105	103	102	107	108	115	110	113	117	108,89
Thanksgiving Day	99	100	100	99	99	99	100	99	100	99,44
U.S. Import and Export Price Indexes	112	115	126	129	129	128	122	118	112	121,22
Usual Week Earnings Wage Salary Workers	99	99	100	101	102	102	104	104	103	101,56
Arrecadação	101	95	104	103	106	110	115	124	125	109,22
Ata do Copom	109	105	111	111	104	103	104	109	110	107,33
Balança Comercial	116	101	98	101	101	105	100	101	102	102,78

Tabela 5.6: Resultados Agentes Econômicos Mercado Real VALE5

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
CMN	98	99	100	99	100	100	100	100	101	99,67
CNI Índices Industriais	110	109	106	104	100	99	100	99	104	103,44
Conta Corrente	100	99	101	100	101	102	101	102	104	101,11
Copom	103	109	107	104	105	105	115	112	108	107,56
Desemprego	102	104	101	100	98	101	103	118	127	106,00
EUA Produção Industrial	100	102	104	107	108	114	112	115	113	108,33
EUAAta FOMC	101	106	104	103	102	103	106	107	105	104,11
EUABalanca	119	118	124	127	120	115	112	108	103	116,22
EUACPI	100	105	114	125	119	122	126	128	123	118,00
EUAFOMC	104	105	107	103	99	109	110	105	108	105,56
EUALivroBege	106	109	110	104	106	105	105	108	102	106,11
EUAPayroll	117	119	116	115	114	98	100	100	104	109,22
EUAPCE	103	99	96	100	102	99	101	104	101	100,56
EUAPIB	100	99	101	103	99	103	101	101	101	100,89
EUAPPI	106	111	117	118	117	122	128	126	120	118,33
Governo Central	100	101	101	102	103	102	99	102	104	101,56
IED	102	102	101	100	102	104	104	113	126	106,00
Ifécap	131	129	103	103	102	105	106	101	101	109,00
IGP10	101	103	111	121	132	135	133	137	133	122,89
IGPDI	138	134	124	118	111	103	101	100	106	115,00

Tabela 5.7: Resultados Agentes Econométricos Mercado Real VALE5

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
IGPM0	99	101	100	105	100	102	101	101	104	101,44
IGPM1Previa	124	134	133	139	143	146	145	145	133	138,00
IGPM2Previa	100	100	100	100	100	100	100	101	100	100,11
IPCA0	129	141	136	129	119	108	107	104	102	119,44
IPCA15	103	101	103	96	101	102	105	118	123	105,78
IPCFIPE0	128	116	111	99	101	101	102	102	102	106,89
IPCFIPE1	127	136	137	140	132	125	117	104	96	123,78
IPCFIPE2	100	103	102	106	118	125	135	141	134	118,22
IPCFIPE3	104	100	106	104	100	101	103	107	102	103,00
IPCS0	117	100	99	100	100	105	101	102	101	102,78
IPCS1	141	135	133	126	117	113	96	100	102	118,11
IPCS2Quadri	99	104	111	118	134	142	138	135	132	123,67
IPCS3Quadri	104	103	102	99	102	102	104	113	123	105,78
PIB	103	107	106	107	106	107	104	101	101	104,67
Produção Industrial	121	121	110	106	103	102	102	103	102	107,78
Relatório Trimestral Inflação	100	99	99	100	100	99	100	100	102	99,89
Setor Publico	100	98	101	103	102	104	101	99	101	101,00
Transações Correntes	102	102	100	100	100	102	102	110	122	104,44
Vendas Varejo	109	111	121	127	122	134	140	131	120	123,89

Tabela 5.8: Resultados Agentes Econométricos Mercado Real VALE5

5.4.3 Agentes Econométricos e Agentes Black-Scholes

Além da avaliação do comportamento das estratégias seguidas por agentes econométricos, foram avaliadas as interações entre agentes econométricos e agentes Black-Scholes sempre dispostos a vender uma call e hedgear a posição com a compra da quantidade do ativo objeto, dada pelo valor de delta no momento da abertura da operação.

A figura 5.4 apresenta a evolução do capital dos agentes em um mercado composto de um agente econométrico que realiza ofertas nos dias de anúncio do CPI, um agente Black-Scholes que faz ofertas todos dias, um agente comprador para o ativo objeto ao preço histórico vezes 0,999 e um agente vendedor para o ativo objeto ao preço histórico * 1,001. Os agentes históricos possuem capital inicial muito superior ao demais para garantir que o preço de negociação do ativo objeto fique muito próximo do preço histórico. O agente Black-Scholes, apesar de fazer ofertas em todos pregões, realiza negócios apenas quando o agente econométrico faz ofertas, uma vez que quando esta não participa, não há ordens de compra para a call e a negociação do ativo objeto pelo agente Black-Scholes está condicionada à realização de um negócio com o derivativo. São apresentados os resultados para negociações nos dias de anúncio do indicador e também para os quatro dias anteriores e quatro dias posteriores, para verificar se há uma relação entre o p-valor obtido para as regressões no capítulo 4 com os resultados obtidos no sistema multiagentes.

Para os demais indicadores, os resultados consolidados estão nas tabelas 5.3, 5.10 e 5.11 para Petrobras e tabelas 5.12, 5.13 e 5.14 para Vale. Nelas está exposto o ganho obtido pelos agentes econométricos em relação ao agente Black-Scholes com que negociaram. Cada linha das tabelas corresponde a uma execução de simulação do mercado artificial análoga à descrita no parágrafo acima, mas com a troca do evento associado ao agente econométrico. Um resultado de 100 indica que não houve perda nem ganho, 90 indica perda de 10% do capital e 110 indica ganho se 10% sobre o capital inicial.

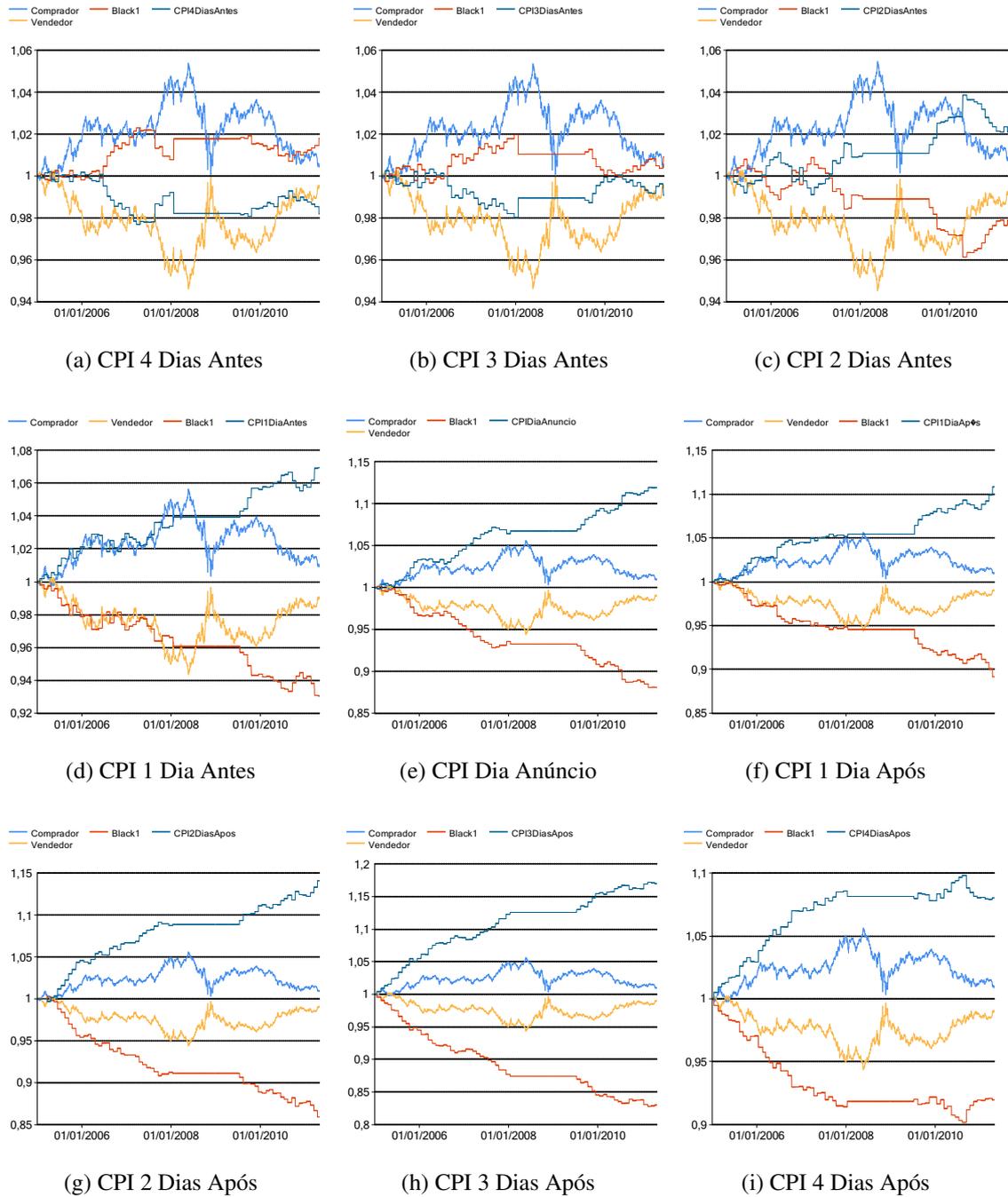


Figura 5.4: Resultados CPI x Black-Scholes

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
IGPM1Previa	100	124	118	124	132	126	126	155	107	123,56
U.S. Import and Export Price Indexes	108	113	123	134	138	126	129	119	114	122,67
IPCFIPE1	115	126	135	154	142	124	115	100	78	121,00
IPCS2Quadri	84	94	94	106	118	140	145	147	151	119,89
Vendas Varejo	85	106	122	128	117	121	137	134	120	118,89
IPCA0	137	157	145	131	121	100	93	89	91	118,22
IGPI0	87	86	95	111	126	137	136	139	145	118,00
EUABalanca	113	124	128	127	122	126	113	104	97	117,11
Consumer Price Index	96	98	104	114	127	124	132	140	117	116,89
Real Earnings	96	98	104	114	127	124	132	140	117	116,89
Producer Price Index	99	100	108	113	122	125	140	120	118	116,11
IPCSI	134	150	147	127	112	116	80	84	83	114,78
EUACPI	88	88	95	120	122	121	125	135	127	113,44
EUAPPI	88	92	108	118	117	123	139	120	114	113,22
IGPDI	162	141	125	110	112	94	88	78	85	110,56
IPCFIPE2	88	86	92	88	99	121	124	133	150	109,00
EUA Produção Industrial	88	99	95	105	109	108	118	128	118	107,56
Regional State Employment Unemployment	96	93	101	97	104	113	112	116	113	105,00
Employment Situation	118	113	117	119	105	92	91	95	91	104,56
Job Openings and Labor Turnover Survey	106	112	107	103	105	101	99	95	97	102,78

Tabela 5.9: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
EUALivroBege	105	104	110	100	100	107	102	101	95	102,67
Usual Weekly Earnings Wage Salary Workers	100	99	99	101	100	100	105	104	108	101,78
EUAPayroll	114	119	117	115	104	86	84	88	88	101,67
County Employment and Wages	100	102	103	100	101	99	103	100	105	101,44
EUAAtaFOMC	100	103	99	101	102	97	101	104	103	101,11
Arrecadação	94	83	90	99	98	101	111	110	122	100,89
Extended Mass Layoffs (Quarterly)	101	101	101	101	100	103	103	100	98	100,89
Ifecap	140	137	93	91	95	95	87	84	86	100,89
Productivity and Costs	109	103	103	102	102	101	100	91	92	100,33
Quarterly Business Employment Dynamics	99	101	100	100	99	101	99	100	104	100,33
Conta Corrente	101	98	99	99	99	97	101	103	105	100,22
Copom	94	100	91	94	99	98	99	111	115	100,11
Mass Layoffs (Monthly)	98	97	100	100	99	102	99	98	108	100,11
Employer Costs Employee Compensation	102	101	103	99	100	98	97	100	98	99,78
IGPM2Previa	99	99	99	99	99	100	101	100	102	99,78
PIB	94	96	98	100	110	106	103	95	95	99,67
Independence Day	101	99	99	99	99	98	100	99	98	99,11
CMN	96	97	97	97	99	98	101	100	101	98,44
CNI Índices Industriais	112	108	99	100	93	91	91	93	96	98,11
Produção Industrial	134	116	105	95	87	88	81	89	83	97,56

Tabela 5.10: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
Ata do Copom	105	101	96	101	89	86	95	100	93	96,22
IPCFIPE0	128	116	112	82	86	84	82	86	89	96,11
Relatório Trimestral Inflação	95	94	95	94	98	91	97	96	98	95,33
IED	90	86	89	95	93	92	98	96	117	95,11
EUAFOMC	95	95	97	91	93	94	97	89	101	94,67
Employment Cost Index	106	93	95	91	93	90	93	92	94	94,11
Transações Correntes	89	86	88	95	92	94	95	92	112	93,67
Metropolitan Employment Unemployment	99	103	94	90	92	93	89	89	89	93,11
Desemprego	79	89	86	83	85	87	95	99	127	92,22
IPCS3Quadri	83	86	86	90	87	91	88	99	114	91,56
EUAPCE	94	95	86	90	89	86	89	98	95	91,33
IPCA15	84	87	89	83	81	84	91	100	113	90,22
IPCS0	115	94	83	82	83	85	84	89	87	89,11
Balança Comercial	112	94	82	83	83	87	85	88	87	89,00
EUAPIB	93	88	88	89	83	88	91	93	88	89,00
Setor Publico	88	86	82	84	83	97	86	93	90	87,67
IPCFIPE3	87	81	91	84	88	87	89	89	83	86,56
Governo Central	86	80	83	83	92	93	85	85	91	86,44
IGPM0	81	85	82	84	84	87	86	89	89	85,22

Tabela 5.11: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes PETR4

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
U.S. Import and Export Price Indexes	113	111	122	126	146	145	133	120	111	125,22
IPCFIPE1	118	134	142	162	146	127	116	93	76	123,78
IGPM1Previa	98	113	114	133	131	126	136	137	110	122,00
Vendas Varejo	87	95	114	131	124	132	153	135	119	121,11
IPCS2Quadri	77	87	94	110	118	147	151	158	144	120,67
EUABalanca	123	122	131	136	132	117	114	105	92	119,11
Producer Price Index	92	100	115	117	126	115	147	132	127	119,00
IPCA0	139	153	157	132	118	95	94	88	87	118,11
IGP10	83	80	93	104	132	139	136	151	142	117,78
IPCS1	152	151	149	134	116	107	77	85	84	117,22
Consumer Price Index	86	94	99	116	124	128	128	150	129	117,11
Real Earnings	86	94	99	116	124	128	128	150	129	117,11
EUAPPI	85	97	116	116	116	113	136	134	123	115,11
IGPDI	158	150	132	114	102	92	84	84	95	112,33
EUACPI	80	84	96	125	120	122	114	139	125	111,67
IPCFIPE2	82	81	87	86	107	117	132	144	148	109,33
Job Openings Labor Turnover Survey	114	116	104	109	109	100	102	98	97	105,44
EUA Produção Industrial	89	92	97	101	105	111	112	116	118	104,56
Regional State Employment Unemployment	97	95	90	93	102	118	105	119	109	103,11
Usual Weekly Earnings Wage Salary Workers	98	97	98	100	104	103	108	108	108	102,67

Tabela 5.12: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
EUALivroBege	102	102	111	99	105	102	98	104	94	101,89
PIB	94	101	101	108	108	106	103	94	96	101,22
Conta Corrente	99	98	100	98	101	102	103	102	106	101,00
County Employment and Wages	100	104	101	97	101	99	103	103	101	101,00
Extended Mass Layoffs (Quarterly)	99	97	100	101	103	100	104	102	99	100,56
EUAPayroll	115	119	115	107	106	80	83	85	94	100,44
Employer Costs Employee Compensation	101	104	106	101	99	99	98	97	98	100,33
IGPM2Previa	99	99	100	99	100	102	100	101	102	100,22
Ifecap	137	138	92	91	88	94	88	86	86	100,00
EUAAta FOMC	96	99	98	97	99	100	102	106	102	99,89
Arrecadação	88	78	88	92	98	99	111	116	127	99,67
Thanksgiving Day	100	100	100	99	99	98	99	98	99	99,11
CMN	95	98	99	98	101	99	99	101	101	99,00
Mass Layoffs (Monthly)	102	97	96	96	95	98	96	98	113	99,00
Copom	88	100	100	93	96	98	102	108	103	98,67
CNI Indices Industriais	111	110	103	99	94	93	87	90	96	98,11
Quarterly Business Employment Dynamics	99	97	96	97	100	99	97	96	102	98,11
Ata do Copom	104	99	94	105	93	92	90	100	104	97,89
EUAFOMC	92	92	99	95	87	97	104	98	103	96,33
Produção Industrial	118	125	100	92	84	88	82	88	89	96,22

Tabela 5.13: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5

Evento	-4 Dias	-3 Dias	-2 Dias	-1 Dia	Anúncio	+1 Dia	+2 Dias	+3 Dias	+4 Dias	Média
Metropolitan Employment Unemployment	104	97	102	84	99	97	95	93	92	95,89
Relatório Trimestral Inflação	98	95	95	97	97	92	96	96	97	95,89
IPCFIPE0	133	115	103	81	88	82	87	87	86	95,78
Employment Cost Index	102	95	98	90	99	91	96	91	93	95,00
IED	88	89	83	85	87	87	87	90	116	90,22
EUAPCE	96	88	82	89	89	86	91	99	90	90,00
Desemprego	84	89	86	85	82	83	86	89	125	89,89
IPCS3Quadri	85	90	86	82	86	86	83	94	117	89,89
IPCA15	89	88	87	79	81	83	84	98	112	89,00
EUAPIB	89	87	89	89	82	94	93	88	89	88,89
Transações Correntes	88	89	82	85	86	85	84	88	111	88,67
IPCS0	115	84	83	83	80	95	83	89	85	88,56
Balança Comercial	113	84	82	84	80	96	82	87	86	88,22
IPCFIPE3	85	84	89	87	84	85	85	94	84	86,33
Setor Público	85	82	85	86	89	88	86	86	85	85,78
Governo Central	86	83	84	85	86	90	85	81	89	85,44
IGPM0	83	84	79	94	83	86	84	84	89	85,11
Employment Situation	125	119	115	104	-117	90	92	91	97	79,56
Productivity and Costs	104	108	98	-117	95	101	100	93	89	74,56

Tabela 5.14: Resultados Agentes Econométricos x Black-Scholes VALE5

6

Conclusões

Este trabalho apresentou uma avaliação empírica do impacto sobre a volatilidade de ativos financeiros da divulgação de indicadores econômicos repetitivos. Foram usados os dois ativos mais líquidos na Bovespa no período 1/1/2006 a 28/4/2011, PETR4 e VALE5 juntamente com suas opções de compra.

Para modelar o impacto na volatilidade decorrente dos eventos estudados, foi preciso analisar as medidas de volatilidade comumente usadas e escolher medidas que fossem adequadas ao estudo proposto. Como a volatilidade não é um dado diretamente observável no mercado - como o são os preços - é preciso sempre estabelecer um modelo para estudá-la. Foram usados os modelos de variação absoluta, quadrado da variação e módulo da diferença dos logaritmos dos preços. Apesar dos três modelos medirem aspectos diferentes, os resultados obtidos foram similares para os três modelos. Um evento significativo sob a medida de variação absoluta também o é em geral para o quadrado da variação e para a diferença dos logaritmos.

Para determinar o impacto de cada evento, foram feitas uma série de modelos econométricos para obter os coeficientes com que cada evento afeta as medidas adotadas. O número de eventos relevantes (com p-valor abaixo de 0,1, 0,05 ou 0,01) para o conjunto dos eventos estudados é maior que aquele que seria esperado de eventos aleatórios. Este é o primeiro resultado do estudo, cumprindo o objetivo principal.

Descobertos o impacto de cada evento de acordo com os modelos usados, estes eventos foram usados como estratégias de agentes dentro de um sistema multiagentes que implementa um mercado artificial onde podem negociar entre si. Os eventos mais significativos segundo o modelo econométrico produzem em geral resultados financeiros significativamente superiores para os agentes que os utilizam. Este ganho é verdadeiro tanto para a negociação a preços idênticos aos preços históricos quanto para os agentes econométricos que competem com agentes que seguem o preço determinado pelo modelo Black-Scholes. Esse uso útil da informação obtida pela divulgação dos indicadores econômicos perfaz o objetivo secundário do trabalho.

Embora os resultados obtidos completem o objetivo do trabalho, durante o seu de-

envolvimento muitos outros pontos de interesse foram levantados mas não foram endereçados. Em particular, o uso do ambiente multiagentes apresentou pouco dos resultados que podem ser obtidos com seu uso. Uma extensão do trabalho seria incluir dados intradiários para analisar o impacto no momento do anúncio para os eventos sobre os que se dispõe de horário de divulgação. Também é um ponto de interesse fazer outras modelagens do impacto dos eventos usando como partida modelos econométricos não-lineares ou usando modelagem de séries temporais.

Conforme apontado no início, a intensificação dos estudos sobre os mercados de capitais pode trazer benefícios para todos envolvidos e até mesmo para os que não participam diretamente, na medida em que um mercado mais eficiente permite que as empresas e investidores se beneficiem, criando melhores produtos e fazendo mais investimentos que envolvem todos participantes de uma economia.

Referências

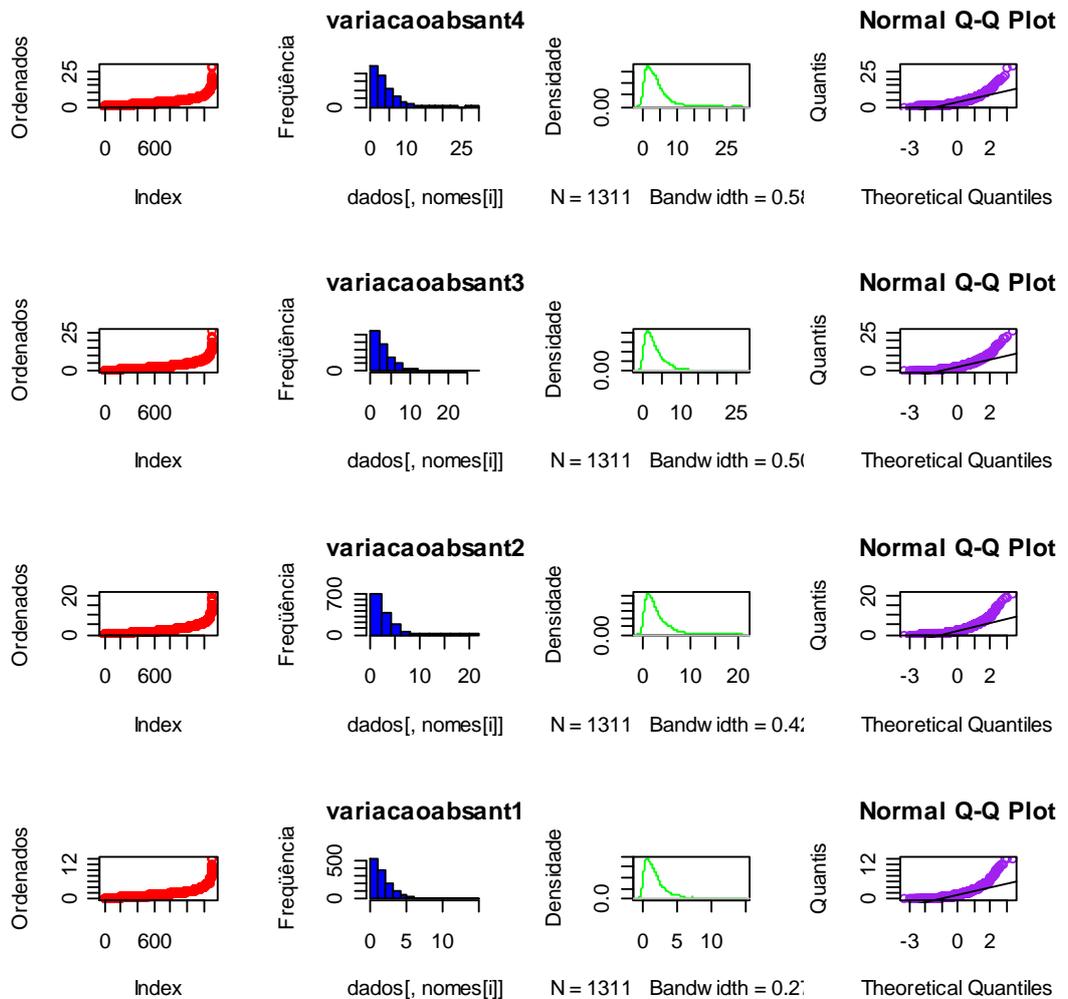
- BERNANKE, B. Monetary policy and asset price volatility. *NBER Working Paper Series*, n. 7559, Fevereiro 2000.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, p. p. 637–654, 1973.
- CAO, L.; ZHANG, C. Universidade estadual de campinas. In: *AAMAS*. [S.l.: s.n.], 2007.
- CAVALCANTE, F.; MISUMI, J. Y.; RUDGE, L. F. *Mercado de Capitais*. 6. ed. [S.l.]: Elsevier, 2005.
- FAMA, E. F. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, v. 25, p. 383–417, Maio 1970.
- FORTUNA, E. *Mercado Financeiro*. [S.l.: s.n.], 2008.
- GABE, J. *Volatilidade Implícita versus Volatilidade Estatística: Uma Avaliação para o Mercado Brasileiro a partir dos Dados de Opções e Ações da Telemar*. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS, 2003.
- MILLER, M. H. *Financial Innovations & Market Volatility*. [S.l.]: Blackwell Publishers, 1991.
- PEREIRA, I. C. C. da S. P. G. *Isabel Cecília Correia da Silva Praça Gomes Pereira*. Tese (Doutorado) — Isabel Cecília Correia da Silva Praça Gomes Pereira, 2004.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence A Modern Approach*. [S.l.]: Prentice Hall, 2003.
- SUZUKI, T. S. K.; MISAWA, T. Agent-based approach to option pricing anomalies. *IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION*, v. 13, p. 959 – 972, 2009.
- VIDAL, J. M. *Fundamentals of Multiagent Systems*. [S.l.: s.n.], 2010.
- WALTER, I. A. *Sistemas Multiagentes em Mercados de Energia Elétrica*. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, 2006.

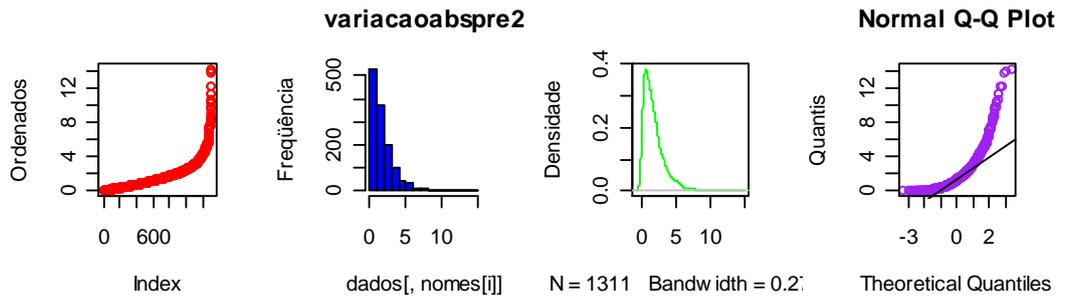
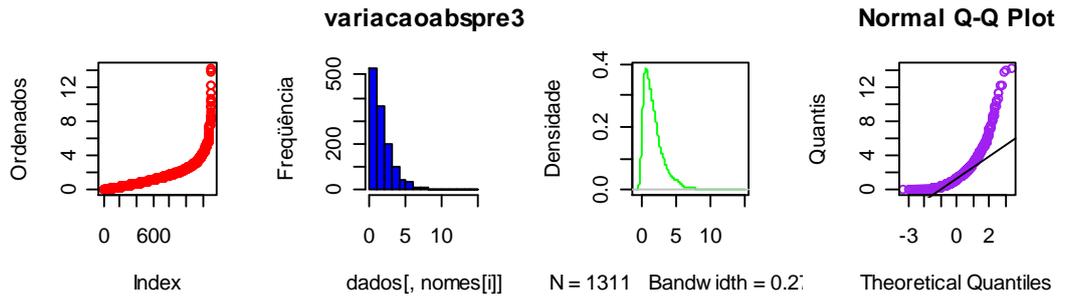
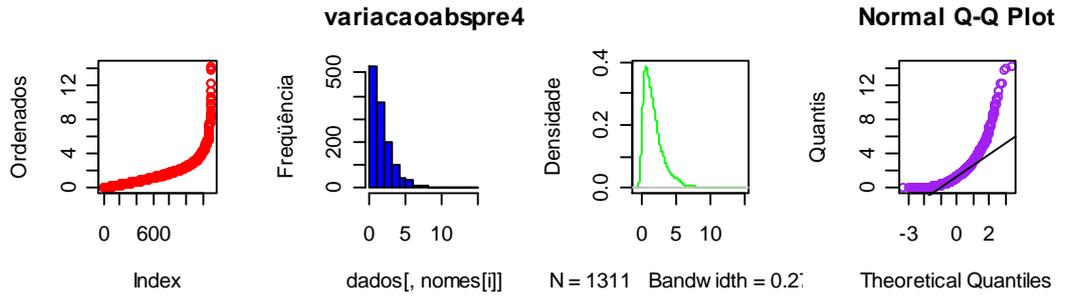
Anexos

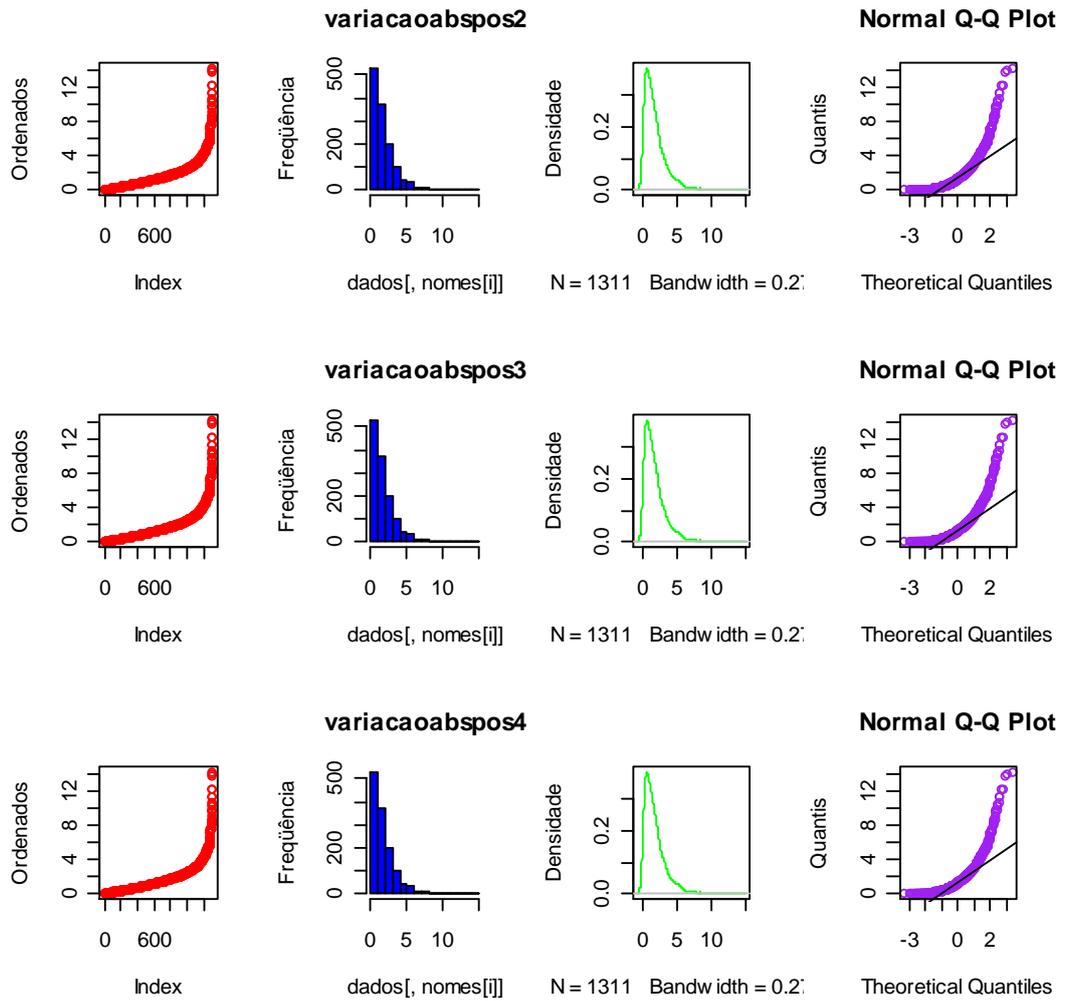
Caracterização das Variáveis Dependentes

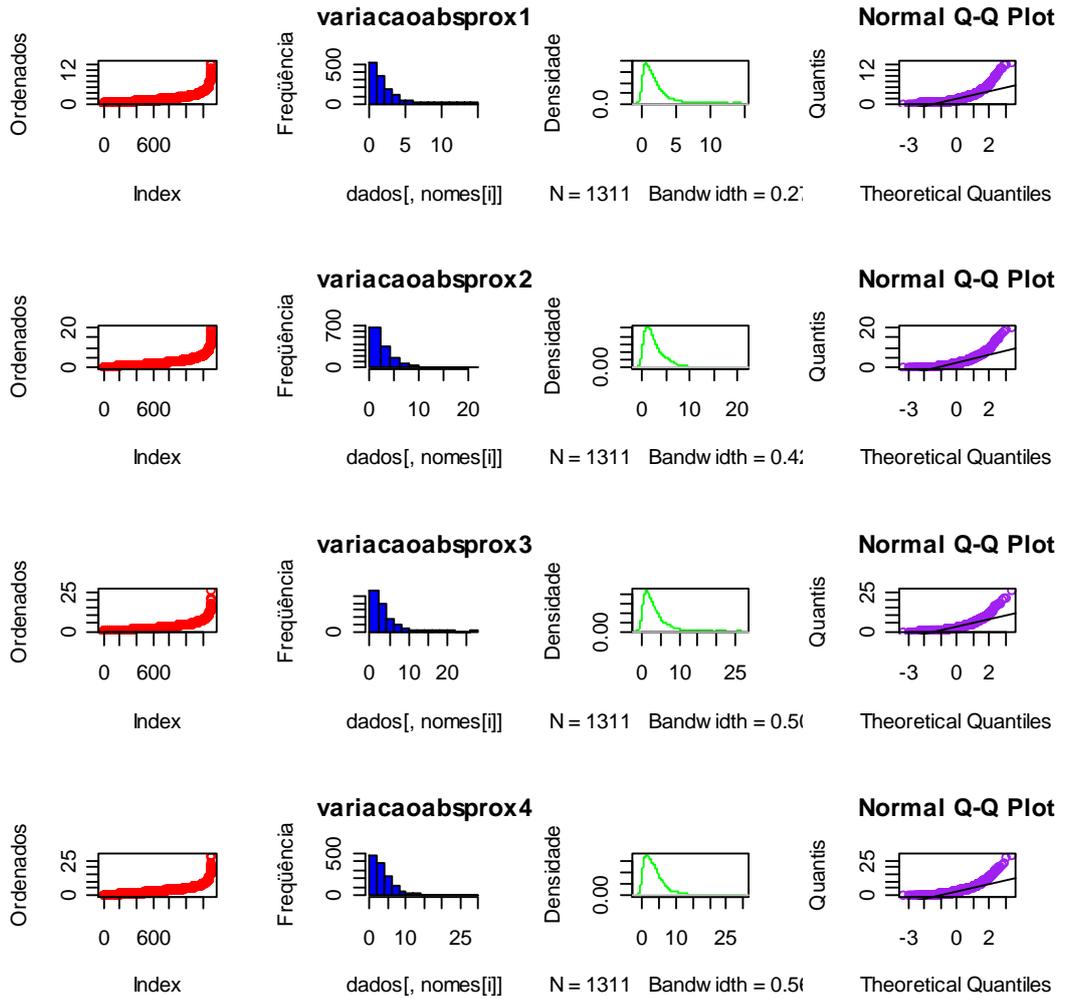
PETR4

Variação Absoluta

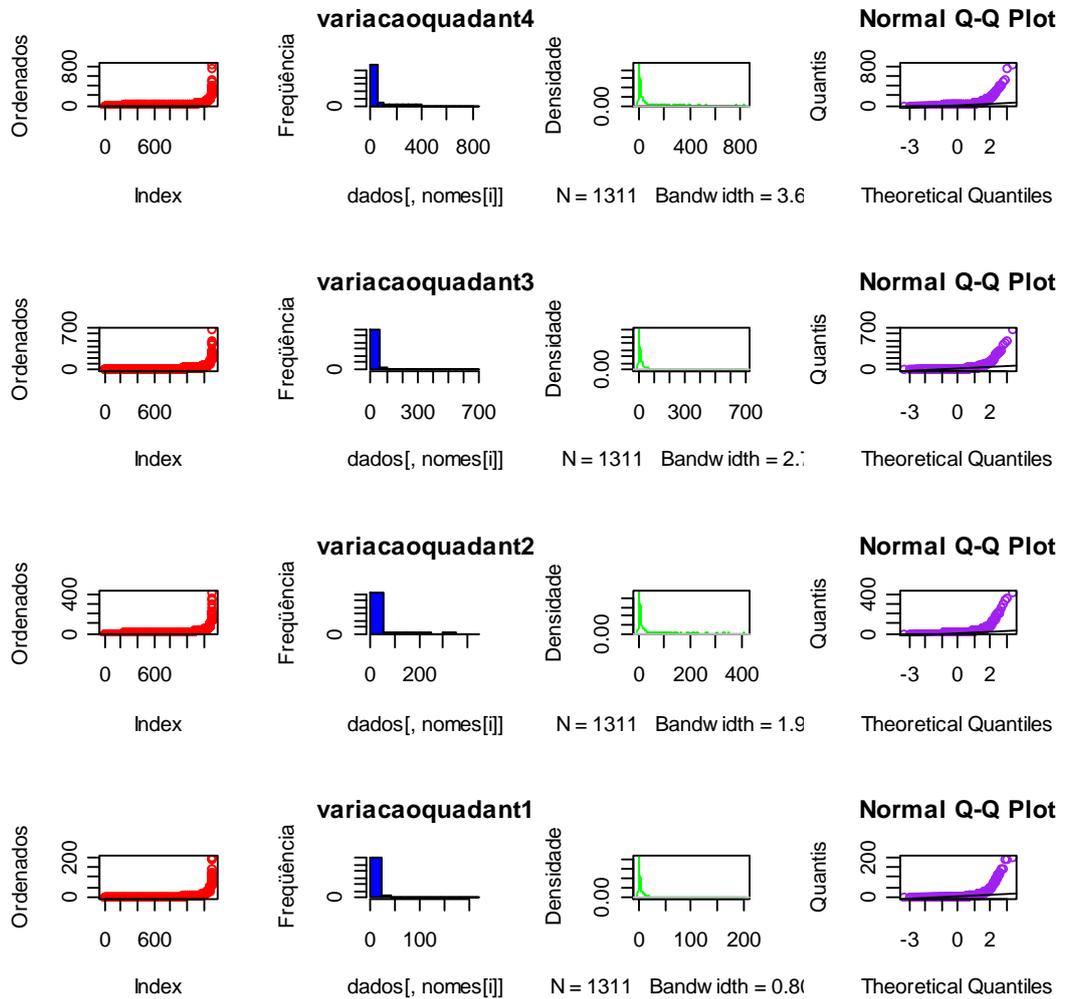


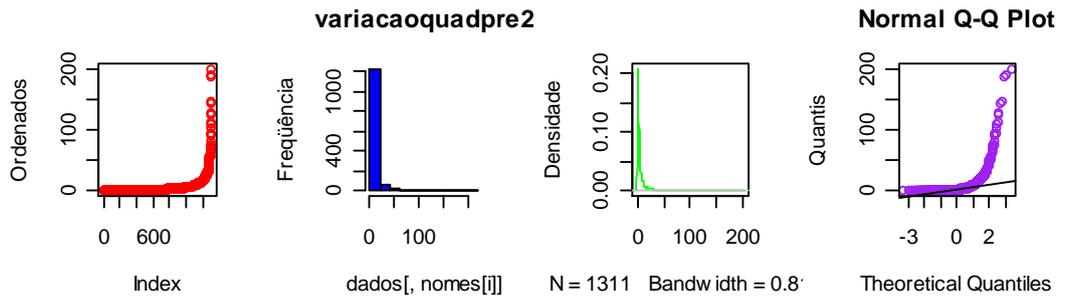
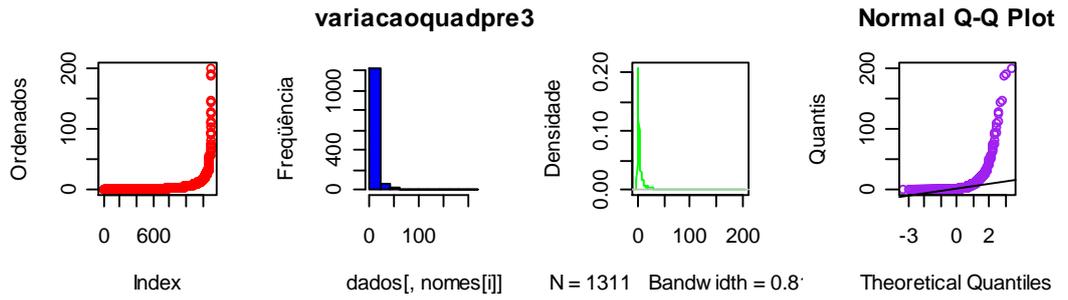
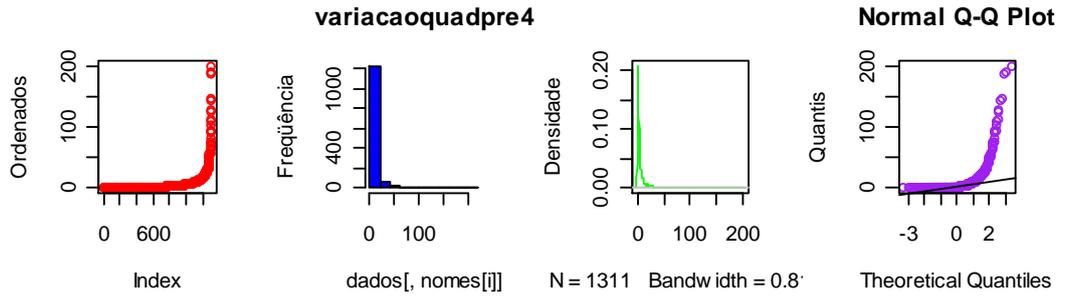


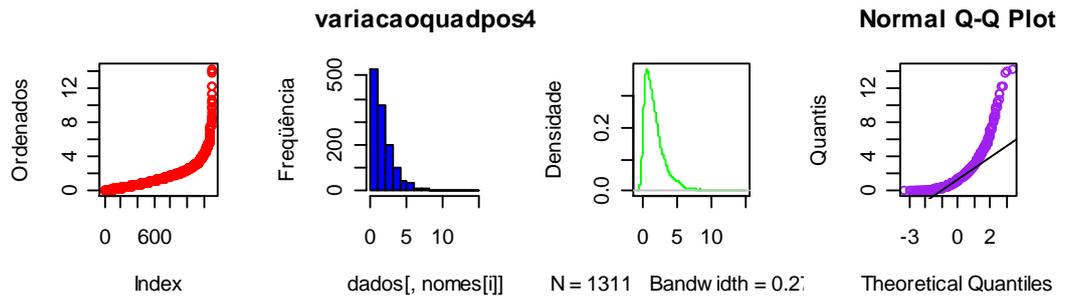
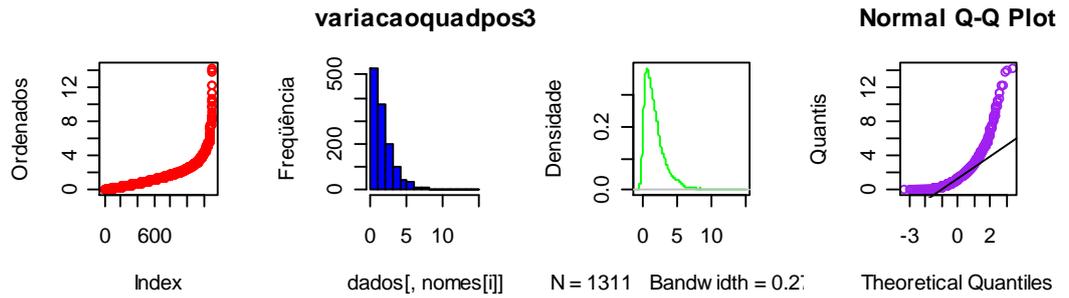
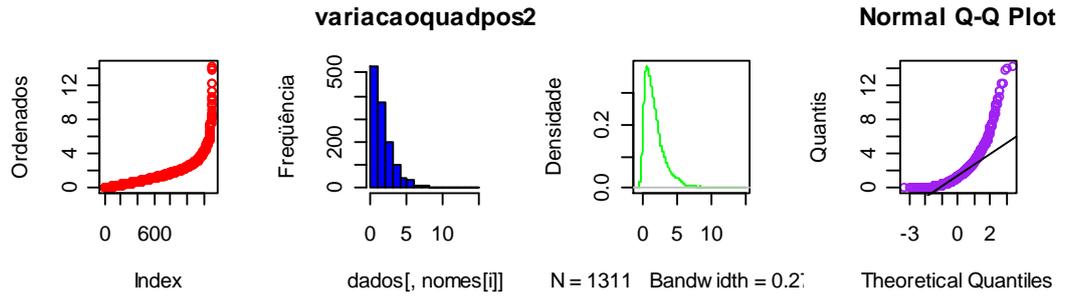


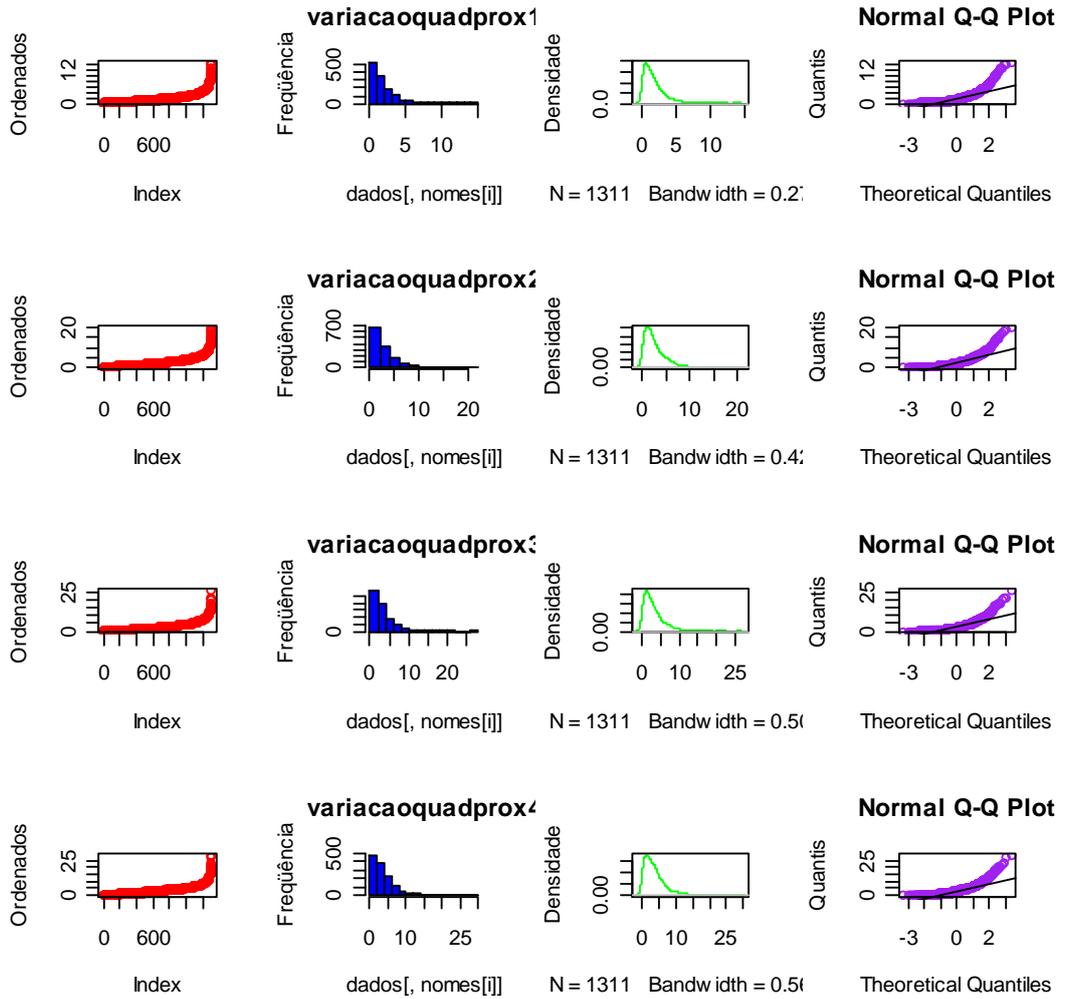


Quadrado da Variação

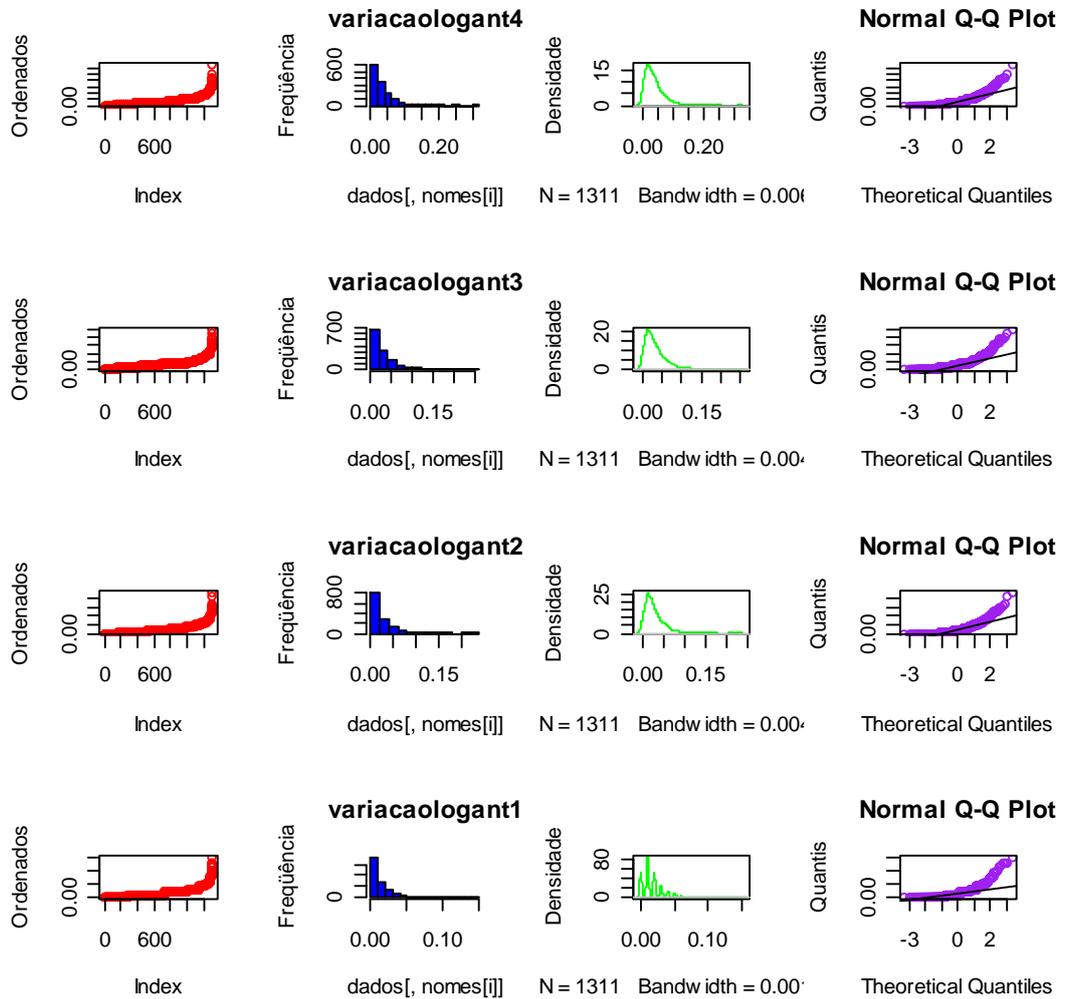


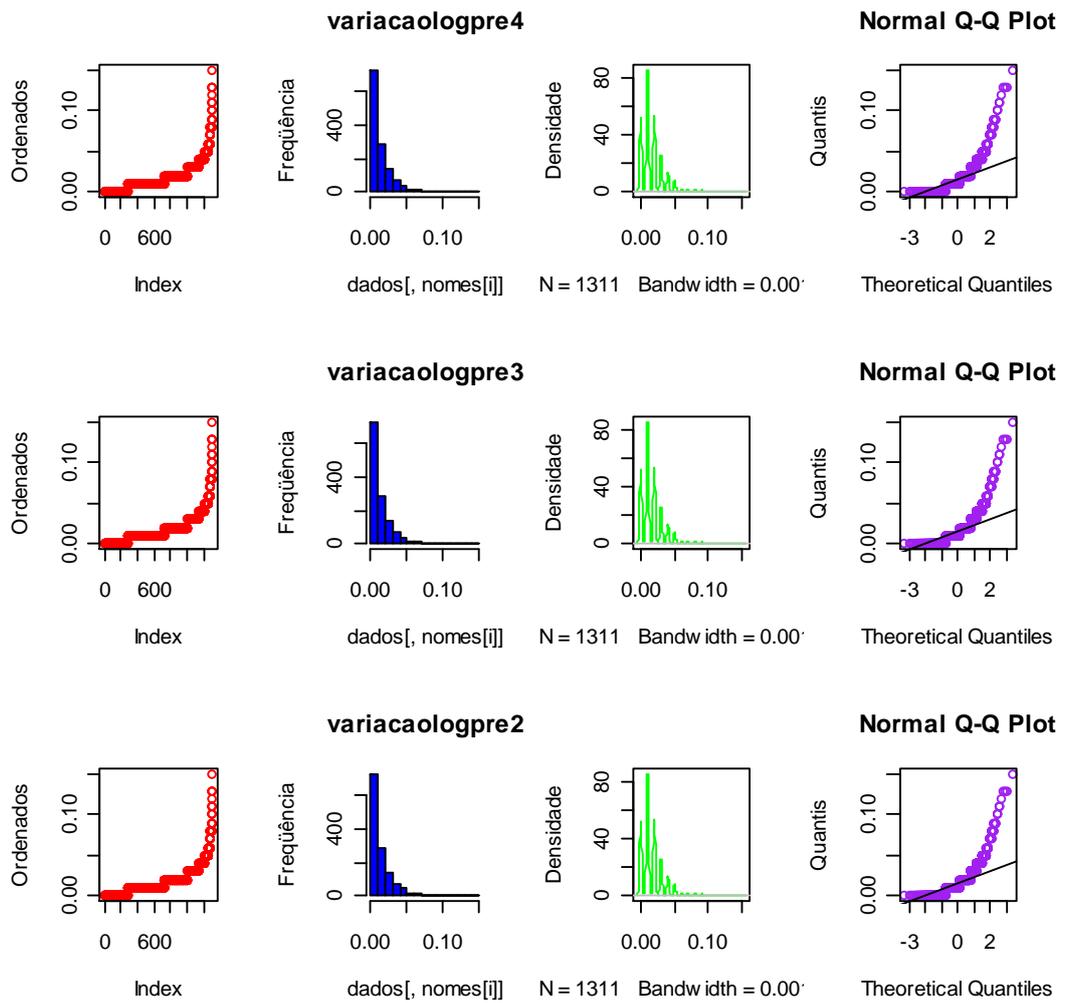


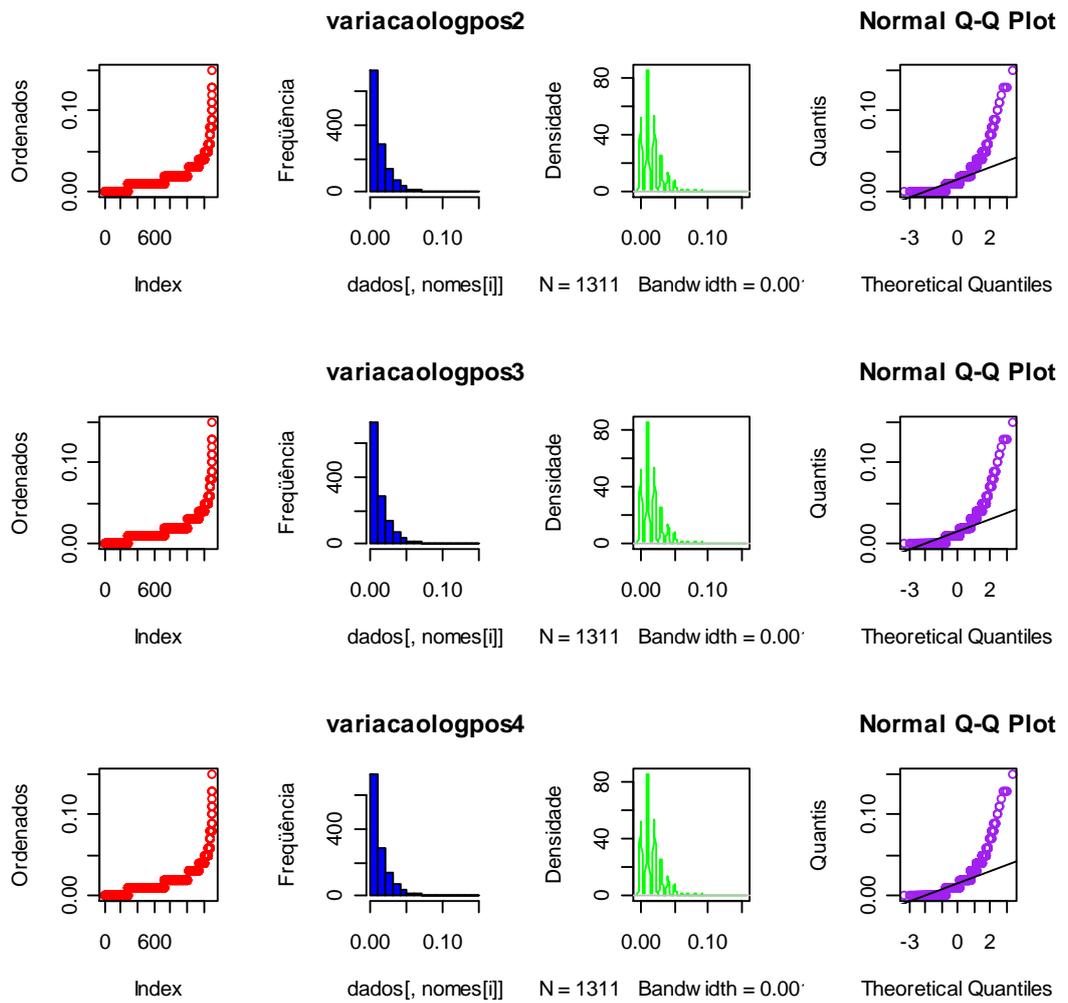


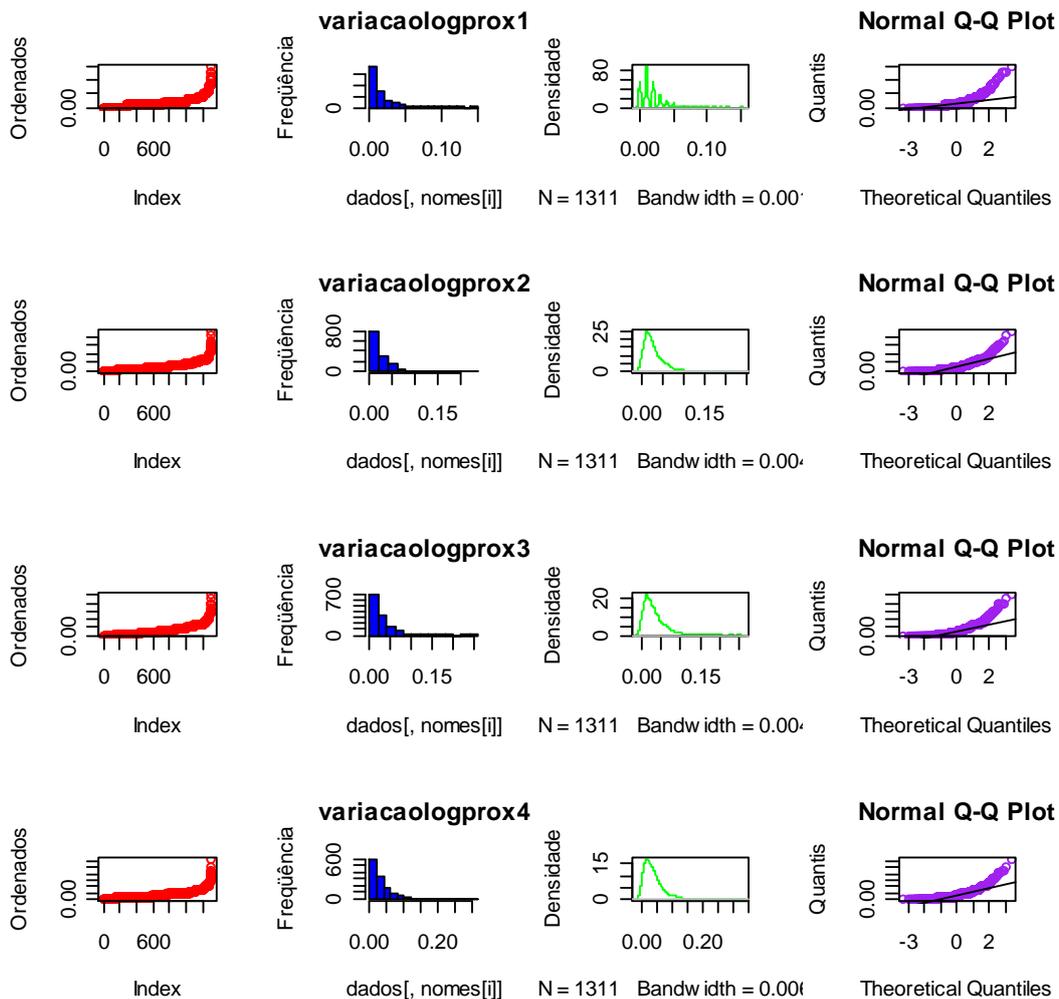


Diferença dos Logaritmos









Regressões Significativas PETR4 e VALE5

Eventos Aleatórios

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.95	2	1	1
Ant3	0.80	2	2	1
Ant2	0.87	3	3	1
Ant1	0.95	3	1	1
Pre4	0.17	7	7	2
Pre3	0.49	4	3	1
Pre2	0.72	2	2	2
Pos2	0.55	5	2	1
Pos3	0.98	2	1	1
Pos4	0.96	3	2	1
Prox1	0.98	2	1	1
Prox2	0.86	2	1	1
Prox3	0.75	2	1	1
Prox4	0.92	1	1	1

(a) Variações

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.98	2	1	1
Ant3	0.99	1	1	1
Ant2	0.98	2	2	1
Ant1	1.00	2	1	1
Pre4	0.11	6	3	3
Pre3	0.90	3	2	1
Pre2	0.92	3	2	1
Pos2	0.55	5	2	1
Pos3	0.98	2	1	1
Pos4	0.96	3	2	1
Prox1	0.98	2	1	1
Prox2	0.86	2	1	1
Prox3	0.75	2	1	1
Prox4	0.92	1	1	1

(b) Quadrados

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.92	3	1	1
Ant3	0.84	2	1	1
Ant2	0.87	3	3	1
Ant1	0.88	4	2	1
Pre4	0.20	8	6	2
Pre3	0.49	4	3	1
Pre2	0.70	3	2	1
Pos2	0.46	4	2	1
Pos3	0.96	2	2	1
Pos4	0.94	3	1	1
Prox1	0.97	1	1	1
Prox2	0.85	2	1	1
Prox3	0.75	2	1	1
Prox4	0.89	1	1	1

(c) Logaritmos

Tabela 6.1: Regressões Eventos Brasileiros PETR4

Períodos	P-valor	90%	95%	99%	Períodos	P-valor	90%	95%	99%	Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.43	2	2	1	Ant4	0.16	3	3	2	Ant4	0.52	2	2	1
Ant3	0.28	4	3	2	Ant3	0.26	6	5	2	Ant3	0.32	3	3	2
Ant2	0.39	4	2	2	Ant2	0.32	6	5	1	Ant2	0.37	4	3	2
Ant1	0.56	5	4	1	Ant1	0.80	4	1	1	Ant1	0.61	5	3	1
Pre4	0.02	5	2	2	Pre4	0.07	6	5	2	Pre4	0.06	4	2	2
Pre3	0.39	5	4	2	Pre3	0.87	2	1	1	Pre3	0.32	6	4	2
Pre2	0.50	4	4	1	Pre2	0.46	6	3	1	Pre2	0.51	4	3	1
Pos2	0.17	5	4	1	Pos2	0.17	5	4	1	Pos2	0.28	5	4	1
Pos3	0.83	3	2	1	Pos3	0.83	3	2	1	Pos3	0.85	4	1	1
Pos4	0.74	2	2	1	Pos4	0.74	2	2	1	Pos4	0.89	2	2	1
Prox1	0.73	2	2	1	Prox1	0.73	2	2	1	Prox1	0.66	2	2	1
Prox2	0.85	3	1	1	Prox2	0.85	3	1	1	Prox2	0.91	1	1	1
Prox3	0.56	4	2	1	Prox3	0.56	4	2	1	Prox3	0.58	3	2	1
Prox4	0.84	3	1	1	Prox4	0.84	3	1	1	Prox4	0.90	2	1	1

(a) Variações

(b) Quadrados

(c) Logaritmos

Tabela 6.2: Regressões Eventos Brasileiros VALE5

Períodos	P-valor	90%	95%	99%	Períodos	P-valor	90%	95%	99%	Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.38	4	2	2	Ant4	0.49	3	3	1	Ant4	0.46	3	2	2
Ant3	0.20	4	2	2	Ant3	0.53	4	3	1	Ant3	0.24	4	2	2
Ant2	0.07	8	5	3	Ant2	0.46	5	2	1	Ant2	0.05	5	5	3
Ant1	0.21	4	3	1	Ant1	0.54	3	2	1	Ant1	0.30	4	3	1
Pre4	0.00	11	7	2	Pre4	0.00	7	5	3	Pre4	0.00	11	6	2
Pre3	0.04	6	3	1	Pre3	0.39	3	1	1	Pre3	0.06	7	3	1
Pre2	0.09	6	4	3	Pre2	0.32	6	3	1	Pre2	0.09	5	3	3
Pos2	0.13	6	3	1	Pos2	0.13	6	3	1	Pos2	0.12	6	4	1
Pos3	0.00	9	6	1	Pos3	0.00	9	6	1	Pos3	0.01	10	5	1
Pos4	0.02	9	4	1	Pos4	0.02	9	4	1	Pos4	0.01	9	3	1
Prox1	0.00	8	4	2	Prox1	0.00	8	4	2	Prox1	0.00	9	4	2
Prox2	0.00	11	6	3	Prox2	0.00	11	6	3	Prox2	0.00	11	6	3
Prox3	0.00	10	7	3	Prox3	0.00	10	7	3	Prox3	0.00	10	7	3
Prox4	0.01	9	3	2	Prox4	0.01	9	3	2	Prox4	0.02	7	3	2

(a) Variações

(b) Quadrados

(c) Logaritmos

Tabela 6.3: Regressões Eventos Americanos PETR4

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.30	5	2	1
Ant3	0.05	7	5	2
Ant2	0.02	7	5	3
Ant1	0.36	6	2	1
Pre4	0.00	10	4	2
Pre3	0.01	9	8	2
Pre2	0.01	6	4	3
Pos2	0.05	5	2	1
Pos3	0.02	6	4	2
Pos4	0.07	6	4	1
Prox1	0.00	7	6	3
Prox2	0.00	10	6	2
Prox3	0.02	8	5	3
Prox4	0.12	5	3	1

(a) Variações

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.21	7	2	1
Ant3	0.12	8	3	1
Ant2	0.05	7	5	2
Ant1	0.75	2	1	1
Pre4	0.09	6	4	1
Pre3	0.22	4	2	1
Pre2	0.02	6	5	3
Pos2	0.05	5	2	1
Pos3	0.02	6	4	2
Pos4	0.07	6	4	1
Prox1	0.00	7	6	3
Prox2	0.00	10	6	2
Prox3	0.02	8	5	3
Prox4	0.12	5	3	1

(b) Quadrados

Períodos	P-valor	90%	95%	99%
Ant4	0.35	5	2	1
Ant3	0.05	8	5	1
Ant2	0.02	7	5	3
Ant1	0.39	7	2	1
Pre4	0.00	9	4	2
Pre3	0.02	8	7	1
Pre2	0.01	7	4	3
Pos2	0.09	5	1	1
Pos3	0.02	6	4	2
Pos4	0.07	5	4	1
Prox1	0.00	6	5	4
Prox2	0.00	10	4	2
Prox3	0.02	8	5	3
Prox4	0.13	5	3	1

(c) Logaritmos

Tabela 6.4: Regressões Eventos Americanos VALE5

Evento Aleatório	Ocorrências	Cobertura Períodos
R0	69	0.0526315789
R1	58	0.0442410374
R2	65	0.0495804729
R3	81	0.061784897
R4	60	0.0457665904
R5	61	0.0465293669
R6	73	0.055682685
R7	72	0.0549199085
R8	58	0.0442410374
R9	63	0.0480549199
R10	54	0.0411899314
R11	55	0.0419527079
R12	65	0.0495804729
R13	67	0.0511060259
R14	64	0.0488176964
R15	52	0.0396643783
R16	69	0.0526315789
R17	55	0.0419527079
R18	68	0.0518688024
R19	66	0.0503432494
R20	58	0.0442410374
R21	61	0.0465293669
R22	64	0.0488176964
R23	59	0.0450038139
R24	76	0.0579710145
R25	61	0.0465293669
R26	58	0.0442410374
R27	66	0.0503432494
R28	53	0.0404271548
R29	81	0.061784897
R30	56	0.0427154844
R31	58	0.0442410374
R32	65	0.0495804729
R33	80	0.0610221205
R34	67	0.0511060259
R35	64	0.0488176964
R36	54	0.0411899314
R37	65	0.0495804729
R38	67	0.0511060259
R39	63	0.0480549199

Tabela 6.5: Eventos Aleatórios