

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS

ESCOLA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MESTRADO EM FINANÇAS E ECONOMIA EMPRESARIAL

Carlos Felipe Barros

Profundidade de Mercado na BM&FBovespa

Um modelo de alta frequência para estimação da profundidade de mercado da BM&FBovespa

Rio de Janeiro

2013

Carlos Felipe Barros

Profundidade de Mercado na BM&FBovespa

Um modelo de alta frequência para estimação da profundidade de mercado da BM&FBovespa

Dissertação de mestrado em
Finanças Corporativas e Economia
Empresarial da Escola de Pós-
Graduação em Economia da
Fundação Getulio Vargas
(EPGE/FGV)

Orientador: Prof. Marcelo Fernandes

Barros, Carlos Felipe

Profundidade de mercado na BM&FBovespa: Um modelo de alta frequência para estimação da profundidade de mercado da BM&FBovespa / Carlos Felipe Barros. – 2013.

26 f.

Dissertação (mestrado) - Fundação Getulio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia.

Orientador: Marcelo Fernandes.

Inclui bibliografia.

1. Liquidez (Economia). 2. Bolsa de valores. 3. Ações (Finanças) – Opções para compra. I. Fernandes, Marcelo. II. Fundação Getulio Vargas. Escola de Pós- Graduação em Economia. III. Título.

CDD – 332.6322

CARLOS FELIPE BARROS

PROFUNDIDADE DE MERCADO NA BM&FBOVESPA

Dissertação apresentada à Escola de Pós-Graduação em Economia (EPGE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) para obtenção do grau de Mestre em Economia Empresarial e Finanças.

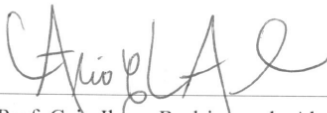
Data da defesa: 29/05/2013

Aprovada em: 29/05/2013

ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA



Prof. Marcelo Fernandes
(EESP/FGV)



Prof. Caio Ibsen Rodrigues de Almeida
(EPGE-FGV)



Prof. Marcelo Cunha Medeiros
(PUC-Rio)

À minha família, que sempre incentivou e apoiou o meu desenvolvimento.

Agradecimentos

A conclusão desse mestrado é em grande parte fruto do investimento feito pelo meu tio Antonio Previtali, que desde sempre acreditou no meu potencial e me incentivou a buscar os maiores desafios como maneira de deixar uma contribuição positiva para o mundo.

Agradeço também à minha família e amigos pelo suporte incondicional às minhas escolhas, que muitas vezes nos distanciaram fisicamente, mas fortaleceram os sentimentos genuínos que nutrimos mutuamente.

Em terceiro lugar, agradeço a todos os meus companheiros na ATG – Americas Trading Group que fizeram-me ter certeza de que o tempo despendido durante o curso seria parte do projeto que escolhemos para nossas vidas profissionais. Em especial agradeço ao Bruno Nunes, sem o qual o tratamento da base de alta frequência teria sido um calvário ainda maior.

Por último agradeço ao meu orientador Marcelo Fernandes por, mesmo longe, ter acreditado no meu trabalho e me apoiado nas horas mais críticas para a conclusão dessa dissertação.

Resumo

O objetivo desse trabalho é encontrar uma medida dinâmica de liquidez de ações brasileiras, chamada VNET. Foram utilizados dados de alta frequência para criar um modelo capaz de medir o excesso de compras e vendas associadas a um movimento de preços. Ao variar no tempo, o VNET pode ser entendido como a variação da proporção de agentes informados em um modelo de informação assimétrica. Uma vez estimado, ele pode ser utilizado para prever mudanças na liquidez de uma ação. O VNET tem implicações práticas importantes, podendo ser utilizado por operadores como uma medida estocástica para identificar quais seriam os melhores momentos para operar. Gerentes de risco também podem estimar a deterioração de preço esperada ao se liquidar uma posição, sendo possível analisar suas diversas opções, servindo de base para otimização da execução. Na construção do trabalho encontramos as durações de preço de cada ação e as diversas medidas associadas a elas. Com base nos dados observa-se que a profundidade varia com ágio de compra e venda, com o volume negociado, com o número de negócios, com a duração de preços condicional e com o seu erro de previsão. Os resíduos da regressão de VNET se mostraram bem comportados o que corrobora a hipótese de que o modelo foi bem especificado. Para estimar a curva de reação do mercado, variamos os intervalos de preço usados na definição das durações.

Palavras Chaves: modelos ACD, liquidez, duração de preço, impacto de preço, negociação, execução.

Abstract

The objective of this paper is to estimate a dynamic market depth measure, called VNET, for Brazilian stocks using transactions data. VNET gauges the difference between the numbers of buyer- and seller-initiated trades within the time it takes for the stock price to change by at least a certain amount. It is a realized measure of liquidity for a given price deterioration, which one may track throughout the trading day to capture liquidity's short-term dynamics. More specifically, we model the price duration using an autoregressive conditional duration (ACD) model. The predetermined nature of the ACD process is convenient because it makes it possible to forecast future changes in the liquidity of a stock. By identifying the best moment to buy or sell, the VNET is an excellent starting point for any optimal execution strategy. Our empirical findings indicate that the VNET measure of market depth depends on the bid-ask spread, volume traded, number of trades, and both expected and unexpected price durations. Finally, we also estimate the price impact of a trade by varying the increment in the definition of price duration.

Keywords: ACD models, liquidity, price duration, price impact, trade, execution.

Sumario

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	O MERCADO BRASILEIRO	3
3.	TEORIA DE MICROESTRUTURA DE MERCADO	6
4.	DADOS	8
4.1.	DURAÇÕES	9
4.2.	VARIÁVEIS DE INTERESSE	12
5.	MODELOS E RESULTADOS	17
5.1.	PTIME	17
5.2.	VNET	23
6.	CURVA DE REAÇÃO DO MERCADO	27
7.	CONCLUSÃO	30
8.	BIBLIOGRAFIA	31

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Variáveis medidas a cada Duração

Tabela 2 – Estatísticas descritivas PTIME

Tabela 3 – Estatísticas descritivas AGIO

Tabela 4 – Estatísticas descritivas QTD-COMPRA

Tabela 5 – Estatísticas descritivas QTD-VENDA

Tabela 6 – Estatísticas descritivas NUMBER

Tabela 7 – Estatísticas descritivas VOLUME

Tabela 8 – Estatísticas descritivas PJUMP

Tabela 9 – Estatísticas descritivas VNET

Tabela 10 – Tabela de coeficientes da estimação de EPTIME por MQV

Tabela 11 – Tabela de coeficientes da estimação de VNET por MQO

Tabela 12 – Tabela de coeficientes da estimação de VNET por MQV para diferentes INTERVALOS

Lista de Gráficos

Grafico 1 – Correlograma BBAS3

Grafico 2 – Correlograma BBDC4

Grafico 3 – Correlograma BRFS3

Grafico 4 – Correlograma BVMF3

Grafico 5 – Correlograma CSNA3

Grafico 6 – Correlograma GGBR4

Grafico 7 – Correlograma ITSA4

Grafico 8 – Correlograma ITUB4

Grafico 9 – Correlograma MMXM3

Grafico 10 – Correlograma PETR3

Grafico 11 – Correlograma PETR4

Grafico 12 – Correlograma USIM5

Grafico 13 – Correlograma VALE3

1 Introdução

Ao longo dos últimos anos, o mercado financeiro brasileiro tem apresentado um crescimento expressivo não só no que se refere aos volumes negociados mas também na volatilidade dos preços. Esse aumento no número de transações e volume de ações negociadas é decorrente tanto da dinâmica da economia brasileira quanto da própria modernização da infraestrutura tecnológica da BM&FBovespa. Essa dinâmica cria oportunidades de investimento no país, mais especificamente em bolsa de valores, e atrai investidores com perfis mais sofisticados, que utilizam modelos quantitativos e de alta frequência para operar.

Inicialmente, podemos considerar que a capacidade do mercado de processar um número cada vez maior de transações aponta para um aumento de liquidez. Entretanto, ao observar as altas flutuações de preço que acompanham dias de volume elevado percebemos que a capacidade de absorção de transações trouxe também um aumento relativo no impacto de mercado. Embora essa relação seja facilmente percebida, o seu impacto no custo de transação não é compreendido de forma direta. Claramente, nem volume nem volatilidade são medidas diretas de liquidez, mas assim como o tamanho do ágio entre os preços de compra e venda (ou bid-ask spread), estão intrinsicamente ligadas a ela, e serão utilizadas na construção do modelo a ser apresentado.

Existem várias definições para liquidez, sendo as mais comumente utilizadas as que se referem à liquidez como uma medida de quão rápido e fácil um ativo pode ser comprado ou vendido a um determinado preço. Analisando de outro ângulo, pode-se entender liquidez como a deterioração de preço esperada caso um ativo tenha que ser comprado ou vendido em uma determinada janela de tempo. Entretanto, apesar de claramente percebida, a liquidez, assim como volatilidade, não pode ser medida diretamente. Não existe uma métrica única e direta capaz de representar a liquidez e, sendo assim, buscamos estimar uma variável, chamada VNET, que funciona como uma medida quantitativa de liquidez, representando a profundidade do livro de ordens que correspondente a uma deterioração de preço específica para uma ação. A ideia do procedimento é refletir a variação de operadores informados em um modelo de informação assimétrica.

Os custos de transação têm alguns componentes dados como taxa de corretagem, emolumentos da bolsa e custos de infraestrutura como um todo, e componentes aleatórios, dados pela dinâmica de preços. De acordo com o modelo de execução ótima, apresentado por Almgreen e Chriss (2000), os custos de transação são dependentes de fatores exógenos, como a volatilidade, e endógenos, como o impacto de mercado, que pode ser permanente ou temporário. Mantendo-se todos os outros fatores controlados, quanto maior a urgência da negociação, maior é o impacto de mercado, e quanto maior o tempo de execução, maior suscetibilidade à volatilidade. Ao finalizar a execução, pode-se apurar o déficit de implementação (implementation shortfall), ou seja, os efeitos da volatilidade e do impacto de mercado no preço inicial. Entretanto, antes da execução esse déficit é uma variável aleatória. Sua média e variância dependem diretamente do intervalo de tempo de execução que por sua

vez depende da função de utilidade do operador. Podemos assim construir uma fronteira eficiente que minimiza o déficit para um dado nível de variância e minimiza a variância para um dado nível de déficit. Como o impacto de mercado é dependente da profundidade, qualquer estratégia de execução que busque reduzi-lo deve levar em consideração a dinâmica da profundidade.

O VNET mede a diferença no número de ações compradas e vendidas em um período de tempo em que o preço se moveu além de um determinado incremento. É uma medida de liquidez realizada para uma deterioração específica de preço que pode ser calculada seguidamente ao longo do dia capturando a dinâmica de curto prazo da liquidez. O tempo necessário para que o preço de uma ação ultrapasse uma barreira pré-definida, ou tempo de duração de preços, é previsto usando o modelo de duração auto regressiva condicional ou ACD, apresentado por Engle e Russell (1998). Essa medida representa o nível de urgência contido na execução de determinados saldos de volume. Quando um volume desbalanceado é negociado em um tempo muito menor do que o esperado usando o modelo ACD, a profundidade é severamente reduzida gerando uma estimativa do valor da impaciência, o que pode ser entendido como a presença de operadores informados.

Motivado pela literatura de microestrutura de mercado, mais especificamente pelos modelos de assimetria de informação, esse trabalho busca estabelecer um modelo de previsão de profundidade de mercado para as 16 ações brasileiras. Uma das premissas assumidas é que o modelo só é válido se novas negociações são tratadas pelo mercado da mesma maneira que tem sido historicamente tratadas. Sendo assim, a profundidade encontrada pode ser maior ou menor dependendo de condições de mercado como rebalanceamento de índices ou vencimento de opções.

Na próxima sessão iremos apresentar a estrutura do mercado brasileiro. A sessão 3 discute a teoria de microestrutura de mercado. A sessão 4 apresenta os dados e a metodologia usada para chegar neles. A sessão 5 apresenta os modelos e seus resultados. Na sessão 6 criaremos a curva de reação de mercado para uma das ações e testaremos sua sensibilidade aos parâmetros e na sessão 7 concluiremos o trabalho.

2. O Mercado Brasileiro

No Brasil, diferente de outros mercados aonde a fragmentação (presença de múltiplas bolsas) já é uma realidade, há apenas uma única bolsa, a BM&FBovespa. Nela são listadas e negociadas ações de empresas brasileiras e estrangeiras que acessam o mercado local para obter capital perene para financiamento de projetos de médio e longo-prazo.

Uma vez listadas, as ações ficam disponíveis no mercado secundário e são negociadas em um ambiente eletrônico, chamado pregão eletrônico, mantido pela BM&FBovespa. A estrutura do pregão é baseada em um livro de ordens limitadas aonde são registradas todas as ordens de compra e venda de um ativo. Através da interação das ordens de compradores e vendedores os negócios são gerados, criando um mecanismo transparente de formação de preço e transferência de recursos e propriedade.

O pregão no mercado brasileiro começa com um leilão de pré-abertura, ou simplesmente “call de abertura”, realizado quinze minutos antes da abertura oficial do mercado. Esse período é destinado ao registro de ordens para a formação do preço teórico de abertura, e vai das 9:45 às 10:00 ou das 10:45 às 11:00 durante o horário de verão.

Com o término do call de abertura, inicia-se o período de negociação contínua para todos os ativos, que dura aproximadamente sete horas, de 10:00 às 17:00 ou de 11:00 às 18:00 durante o horário de verão. Para os ativos que fazem parte da carteira teórica de qualquer um dos índices da Bolsa*, para os ETFs e para as opções de ativos objetos que fazem parte da carteira do IBrX-100, há um leilão de fechamento, também chamado de “call de fechamento”, aonde é formado o preço de fechamento, indo das 16:55 às 17:00 ou das 17:55 às 18:00 durante o horário de verão.

Existe também um período de pós-mercado (ou aftermarket) que dura aproximadamente uma hora e quinze minutos, de 17:45 às 19:00, ou uma hora, de 18:30 às 19:30 durante o horário de verão, e é antecedido por um leilão de pré-abertura de quinze minutos. Durante esse período, só podem ser negociadas ações que pertencentes às carteiras teóricas do Ibovespa e do IBrX100 e que tenham sido negociadas no mesmo dia durante o período de negociação contínua. Além disso, é estabelecido um limites máximos de 2% para a variação de preço, positiva ou negativa, em relação ao preço de fechamento do período de negociação contínua. Os negócios e preços auferidos nesse período não serão usados na como base para variação de preço do próximo dia nem computados na composição dos índices. Todas as ações são negociadas em lotes padrão, que podem variar entre 1, 100, 1000 e 100.000 ações, com forma de cotação unitária ou por lotes de mil ações. A combinação mais comum, que é inclusive a verificada para todos os ativos desse estudo, é de lote padrão de 100 ações com cotação unitária.

* A composição das carteiras teóricas pode ser encontrada no site: www.bmfbovespa.com.br

Para quantidades inferiores aos lotes padrão, há o mercado fracionário, também cotado na BM&FBovespa, permitindo a negociação de submúltiplos. Porém, a liquidez é reduzida e, portanto, não será contemplado nesse estudo. De toda maneira, fica em aberto a questão da eficiência do modelo de lotes padrão já que pode-se argumentar que interação entre quantidades cheias e fracionárias no mesmo mercado tenha impacto positivo sobre a liquidez já que abre espaço para a negociação entre investidores de portes diferentes, além de permitir que algoritmos baseados em planos de execução pré-definidos possam definir sua estratégia de colocação de ordens de forma mais precisa.

O ambiente de negociação eletrônica é basicamente regido por um algoritmo de priorização baseado em preço e cronologia. Como princípio geral, havendo ordens à melhor preço ou ao mesmo preço, mas inseridas antes, tanto na compra quanto na venda, não será permitida a execução de ordens a preço pior ou inseridas depois, enquanto a ordem com prioridade mais alta não for executada. Caso uma ordem tenha sua quantidade aumentada ou seu preço alterado ela tem sua prioridade automaticamente afetada, ou seja, ela perde a prioridade no livro de ordens.

A única exceção à regra acima são os negócios diretos, ou seja, quando uma mesma corretora se propõe a comprar e vender um mesmo ativo para dois clientes distintos. Os negócios registrados como diretos devem sempre vir com preço especificado, que deve necessariamente estar entre a melhor ordem de compra (ou bid) e a melhor ordem de venda (ou ask), com os extremos incluídos. Esse tipo de ordem tem prioridade no algoritmo de preço/tempo, mesmo quando seu preço for igual ao preço da melhor ordem registrada no mercado. Uma vez que o negócio direto tenha sido aceito, a BM&FBovespa anuncia o ativo, quantidade e preço do negócio mas somente pode fechar o negócio após passado um prazo pré-fixado. Caso, durante esse prazo, haja interferência de alguma outra corretora que se proponha a comprar por mais ou vender por menos, a corretora que enviou o direto pode formular novo preço, o que poderá repetir-se sucessivamente, até o fechamento do negócio.

No pregão eletrônico da BM&FBovespa são permitidas ordens limitada, a mercado, ao melhor oposto, ao preço de abertura, stop e diretas. Limitada é quando uma ordem é enviada ao mercado com um limite de preço para execução, ou seja, a ordem só pode ser executada a esse preço, ou melhor. À mercado são ordens que executam toda a quantidade disponível no melhor preço do outro lado do livro e caso não seja possível executar a quantidade total, o remanescente é enviado para o mesmo lado do livro ao preço que fechou o último negócio. Ao preço de abertura é quando uma ordem deve ser executada ao preço de abertura dos leilões de abertura ou fechamento. Stops são ordens com preço de disparo que, se alcançado, dispara a ordem a um preço pré-determinado. Já os diretos, são quando duas ordens de lados opostos, de clientes diferentes e que se cruzam são registradas pela mesma corretora.

Além dos tipos de ordem descritos acima, é possível enviar ordens com quantidade mínima, e quantidade em aberto. Para ordens com quantidade mínima, a ordem é automaticamente cancelada caso a quantidade mínima não possa ser atendida. Para ordens com quantidade em aberto (ou iceberg), apenas uma parte da sua quantidade total é divulgada para o mercado, sendo a quantidade em aberto mínima tem que ser pelo menos dez vezes o lote padrão do ativo.

Quanto à validade, as ordens podem ser validas para o dia (Dia), até cancelar (VAC), execute ou cancele (EOC) ou tudo ou nada (TON). Ordens Dia são válidas até uma data especificada no registro. Ordens VAC são válidas até cancelar. Ordens EOC só são válidas para o momento em que são enviadas, executando o que for possível e cancelando qualquer saldo remanescente. Ordens TON são ordens em que a quantidade total é especificada como quantidade mínima, ou seja, se não for possível executar a quantidade total, a ordem inteira é cancelada.

Para as negociações no mercado brasileiro existem alguns parâmetros de negociação que se atingidos fazem com que a atividade com o papel seja suspensa. Após a suspensão é realizado um leilão intradiário no qual todos os participantes tem direito de intervir, dando oportunidade do mercado como um todo participar na formação de preço desse leilão.

A área de controle de mercado da BM&FBovespa tem autonomia para suspender e chamar leilão para qualquer ativo que julgue pertinente. Durante a fase de leilão, permite-se a entrada de ordens, mas os negócios não são fechadas. Uma ordem que esteja participando na formação do preço teórico de leilão não pode ser cancelada nem piorada. Em outras palavras, não é possível diminuir a quantidade, só aumentar, e o preço de compra não pode ser reduzido nem o de venda aumentado.

Além dos leilões intradiários, existe um mecanismo de parada (ou circuit-break) na BM&FBovespa que tem por objetivo o amortecimento de movimentos bruscos e o rebalanceamento das ordens de compra e venda em momentos de volatilidade excessiva no mercado. Quando o principal índice do mercado, o Ibovespa, tem uma baixa de 10% em relação ao preço de fechamento do dia anterior, os negócios em todo o mercado são interrompidos por 30 minutos. Depois da reabertura, se baixa atingir 15%, os negócios são interrompidos por um hora e se após esse período o mercado reabrir e a variação negativa atingir 20% a bolsa pode suspender os negócios por tempo indeterminado.

3. Teoria de Microestrutura de Mercado

A premissa básica considerada pelo modelo VNET é a de que a variação de preços é decorrente do saldo líquido de compras e vendas de uma ação e não do anúncio de fatos relevantes sobre as empresas ou da presença de operadores com informação privilegiada (ou insiders). Ainda assim, muito da motivação do estudo e interpretação dos dados tem a sua base teórica amparada em modelos de assimetria de informação na interpretação.

O modelo explora de maneira empírica a relação entre a atividade de negociação (ou trading), a volatilidade de preços e o custo de negociação. Ele considera que na maioria dos casos, mudanças de preço são decorrentes do desbalanceamento do saldo direcional entre negociação de compra e venda. Segundo Easley e O'Hara (1992), em um modelo de assimetria de informação, o sinal do volume acumulado sinaliza a direção da informação privada, mesmo em mercados fracamente eficientes.

Do ponto de vista prático, uma notícia não leva o preço instantaneamente para um novo patamar. Ela provoca uma reestimação das avaliações (ou valuations) correntes, gerando uma sequência de negócios, e conseqüentemente uma aglomeração de volatilidade até que as cotações se estabilizem em um novo preço.

Considerando ainda a microestrutura de mercado, o livro de ofertas é composto por diversas ordens limitadas, que não são necessariamente canceladas após uma notícia. O que se vê então é que diversos negócios são registrados, a preços diferentes, até que o preço se consolide em um novo patamar.

Sendo assim, e descontando períodos em que o mercado não está aberto, é muito raro observar variações de preço que não tenham sido acompanhadas de alguma negociação. O que não invalida a relevância das notícias sobre o comportamento dos preços, já que as mesmas afetam não só as estratégias de envio de ordens como também a resposta do mercado a essas ordens.

Ainda de acordo com Easley e O'Hara (1992), a presença de operadores com informação privilegiada tende a aumentar muito o impacto de uma negociação no preço. O modelo assume que existe uma probabilidade, diferente de zero, de haver informação privilegiada no mercado e, devido ao anonimato, o impacto de uma negociação no preço e na profundidade tende a ser proporcional a probabilidade do negócio ter sido iniciado por alguém com informação privilegiada. Ou seja, uma negociação grande, realizada de maneira rápida, tende a provocar uma deterioração grande de preço. Quanto maior for a probabilidade de haver informação privilegiada, maior vai ser o tempo necessário para que o livro de ofertas seja reabastecido de ordens, que na maioria das vezes tendem a ser pequenas. Com poucos negócios de volume baixo movendo o preço, o VNET tende a ser muito baixo, refletindo a pouca profundidade de mercado realizada. No cenário extremo aonde, após um negócio que reduza muito a profundidade, o preço medido pelo preço médio se move mais do que o

intervalo usado para definir o VNET sem que nenhum negócio ocorra a observação de VNET não deve ser considerada para a análise.

Essa visão de heterogeneidade de informação e seleção adversa é corroborada por diversos estudos que buscam identificar formas de distinguir operadores desinformados de operadores com informação privilegiada. Se esses dois tipos de operadores tem maneiras diferentes de submeter suas ordens, a distribuição de informação do mercado pode ser parcialmente revelada pela atividade de negociação em um dado momento. Easley e O'Hara (1987) e Hasbrouck (1988) encontraram correlação positiva entre o tamanho da negociação e o impacto de preço, e McInish e Wood (1992) identificaram que o ágio de compra e venda tendem a alargar depois de um negócio de alto volume.

A assimetria de informação também ajuda a explicar a relação entre a frequência de negociação e a profundidade de mercado, já que a mesma depende do tipo de operador, desinformado ou com informação privilegiada, responsáveis pelo aumento de atividade. Operadores com informação privilegiada costumam enfrentar uma restrição de tempo devido a sensibilidade da sua informação e isso, de acordo com Foster e Viswanathan (1995), faz com que a intensidade de negociação e a volatilidade de preços seja positivamente correlacionada com a presença desse tipo de operador.

Ao construir a análise baseada em tempo de preços, o modelo se afasta da literatura clássica de microestrutura de mercado que pressupõe intervalos de tempo fixos e ignora os problemas ligados ao tempo. Voltando a Easley e O'Hara (1992), relaxamos a hipótese de que operadores tendem a negociar continuamente ao longo do dia de forma a ajustar as suas carteira. Com isso, é facultada aos operadores a opção de se abster do mercado durante um período de tempo, o que significa que quanto maior o tempo entre negócios, menos gente está operando e que aumentos na intensidade de negociação representam um aumento da assimetria de informação e, conseqüentemente, uma menor liquidez.

4. Dados

Os dados utilizados nesse trabalho foram fornecidos pelo setor de dados de mercado da bolsa brasileira (BM&FBovespa). Eles formam uma base de alta frequência que vai desde outubro de 2009 a dezembro de 2010. Os dados de cada ação vieram divididos em duas bases, uma contendo todos os negócios executados, sendo chamado de base de negócios, e outra contendo todas as ofertas, ou ordens de compra e venda enviadas, sendo chamada de base de ofertas. Ambas as bases contem o nome da ação, a data do evento (negocio ou oferta), a hora do evento (em segundos), a quantidade e o preço além de um numero de sequencia. A base de negócios também explicita as ofertas de compra e venda que geraram o negócio, junto com seus números de sequencia, o que cria um vinculo direto entre as duas bases.

Inicialmente as bases foram filtradas e selecionamos as ações mais negociadas no ano de 2010, usando o critério de seleção do Ibovespa. Desse procedimento resultaram 16 ações e foi usado para o trabalho o terceiro trimestre de 2010 já que os meses de julho, agosto e setembro não são impactados pelo horário de verão Brasileiro. Durante esse período a bolsa não muda os horários de negociação, implicando apenas 1 hora de diferença em relação a Bolsa de Nova Iorque.

Para que as bases possam fornecer informações relevantes para o estudo elas precisam passar por um tratamento, feito utilizando os passos descritos abaixo. Esse procedimento também resultará na criação de algumas variáveis auxiliares, além das variáveis centrais para a análise.

A primeira providencia a ser tomada é excluir os períodos de leilão de abertura, de fechamento e intradiários além dos períodos de negociação fora do horário de negociação continuo, ou período de pós-mercado. O intuito do estudo é isolar o impacto da atividade de negociação na profundidade de preços e esses períodos, apesar de serem interessantes do ponto de vista de liquidez, tem padrões de negociação muito diferentes do resto do dia.

A exclusão dos leilões de abertura será feita pelo simples eliminação dos primeiros negócios do dia, que tenham saído no mesmo horário e com o mesmo preço. Para o leilão de fechamento e período de pós-mercado, foram excluídas todas as observações registradas após as 16:55, hora do inicio do leilão. Os leilões intradiários, por não possuírem um indicador direto, foram tratados considerando que toda vez que houver um período sem negociação maior do que 5 minuto que seja seguido por 5 ou mais negócios com o mesmo horário e preço, excluiremos essas observações.

Na determinação das durações de preço, ou simplesmente durações, também serão excluídas as variações que acontecem de um dia para o outro. O preço inicial relevante para cada dia será o preço do primeiro negócio do dia fora do leilão de abertura, e não o preço de fechamento do dia anterior.

Uma vez excluídas as observações não relevantes para o estudo, foram criadas na base de negócios as variáveis PREÇO_MÉDIO, que representa a média dos preços das ofertas de

venda e de e BA-AGIO, que representa a diferença entre os preços das ofertas de venda e de compra.

No processo de formação de preços, o PREÇO_MÉDIO é a variável estocástica que representa o preço justo teórico de uma ação e, portanto ele será usado na determinação das durações. A vantagem de usar o PREÇO_MÉDIO e não os preços registrados na base de negócios é que, ainda que seja discreto, ele possui propriedades estatísticas que evitam problemas conhecidos em dados de alta frequência como o salto de compra e venda (ou bid-ask bounce), o viés encontrado nos dados de negócio em que uma negociação aonde a oferta de compra é agredida tende a ser seguida por uma negociação aonde a oferta de venda é agredida o que gera volatilidade espúria e um falso processo de reversão à média.

Já o BA-AGIO, será utilizado para marcar o agio registrado no momento anterior a realização de uma duração. Esse valor será utilizado como uma variável explicativa no modelo de previsão de durações que será visto mais a frente.

Na base de negócios, será definida uma variável que marcará se o negócio foi iniciado por um comprador ou por um vendedor. Como essa base contem, para cada negócio, o número de sequencia das ofertas que formam o negócio, foi utilizado um processo baseado na hora de entrada de cada oferta que mapeia a base de ofertas e define quem foi a agressora. Basicamente, a que entrar por ultimo é considerada a oferta agressora.

A seguir serão descritos os processos de definição das durações e das variáveis associadas a ela.

4.1. Durações

Profundidade de mercado é definida como o numero de ações que podem ser compradas ou vendidas dentro de um intervalo de preços. Sendo assim, não usaremos um intervalo de tempo fixo e sim estocástico, sendo ditado pela deterioração de preço escolhida. Diferente das análises de durações baseadas no tempo entre negócios as durações de preço são definidas como o tempo que leva para os preços se moverem mais do que um valor pré-fixado. Ao usar o método de análise de tempo/evento na determinação das durações de preço, evitamos o viés introduzido pelo fato das cotações serem discretas.

Por exemplo, se dentro de um intervalo fixo de tempo uma ação sobe 15 centavos e depois cai 15 centavos, a variação de preço seria considerada nula, quando sabemos que houveram duas durações considerando o intervalo de 15 centavos. Sendo assim, o numero de durações encontradas é determinado pelo tamanho do intervalo de preço definido, também chamado de INTERVALO. Para esse estudo, será usado como INTERVALO o tamanho médio dos AGIO encontrados na base de ofertas. Uma vez definido o INTERVALO, que será sempre nominal e na mesma unidade de medida do preço, foram criadas duas barreiras, somando e subtraindo o INTERVALO do primeiro PREÇO_MÉDIO do dia.

Como citado anteriormente, a variação de preços será medida utilizando o PREÇO_MÉDIO da base de ofertas e não os preços dos negócios registrados na base de negócios. Com isso evitamos o problema salto de compra e venda.

A partir do primeiro ponto, cada PREÇO_MÉDIO será comparado com as barreiras e cada vez que as barreiras forem rompidas será registrado o final de uma duração e o início de outra. Para que eventos reais de preço sejam isolados de simples pontos de dados, uma duração só é efetivamente contabilizada quando são registrados dois ou mais pontos (PREÇO_MÉDIO) fora da barreira.

Cada vez que uma nova duração é contabilizada, novas barreiras são criadas usando o mesmo INTERVALO e o PREÇO_MÉDIO da primeira observação que rompeu a barreira anterior. Nesse momento é marcado o tamanho da duração, assim como os seus horários de início e fim.

Nome da Ação	Código	INTERVALO	PREÇO_MÉDIO (média)	Preço / INTERVALO (bps)	# de Dias com Duração	Durações por Dia (média)	Tamanho das Durações (média)(s)
Banco do Brasil ON	BBAS3	0,08	29,08	27,51	64	19	1147,92
Bradesco PN	BBDC4	0,07	31,01	22,57	62	18	1194,6
Brazil Foods ON	BRFS3	0,09	24,03	37,45	63	12	1674,9
BMFBovespa ON	BVMF3	0,03	13,1	22,91	60	11	1535,1
CSN ON	CSNA3	0,14	28,29	49,48	63	6	2710,05
Gerdau PN	GGBR4	0,05	24,49	20,42	63	21	925,11
Itaúsa ON	ITSA3	0,03	12,26	24,47	62	8	2249,37
Itaú Unibanco PN	ITUB4	0,07	37,43	18,7	64	22	992,26
MMX ON	MMXM3	0,07	12,29	56,96	60	6	2939,34
Petrobras ON	PETR3	0,09	30,9	29,13	61	16	1269,46
Petrobras PN	PETR4	0,05	27,22	18,37	61	18	713,53
Usiminas PNA	USIM5	0,13	48,56	26,77	62	17	1137,86
Vale ON	VALE3	0,12	47,34	25,35	63	19	1150,66
Vale PNA	VALE5	0,11	41,33	26,62	58	9	1485,22

Tabela 1 – Variáveis medidas a cada Duração

4.2. Variáveis de interesse

A partir da definição das durações, serão registrados da base de ofertas:

DUR, que mede o tempo transcorrido em segundos entre o início e fim de uma duração.

TEMPO, horário de fim das durações, que será usado para definir as dummies de hora do dia além de servir como referência de intervalo de horários em que aconteceu a duração.

AGIO, ou BA-AGIO registrado imediatamente antes do rompimento de uma barreira, que será usado como uma variável explicativa na estimação da previsão de tamanho das durações.

MED-COMPRA e MED-VENDA, quantidades médias das ofertas de compra e venda dentro da duração, que são medidas da profundidade aparente e serão usadas na definição a curva de reação do mercado.

Da base de negócios, para cada intervalo de duração, definido utilizando o TEMPO, serão registradas as seguintes variáveis:

NUMBER, número total de negócios realizados durante uma duração.

VOLUME, número de ações negociadas durante uma duração.

PJUMP, variação de preço absoluta ou o somatório do módulo das variações de preço dentro de uma duração.

QTD-COMPRA E QTD-VENDA, quantidade de ações executados em negócios iniciados por compradores e vendedores, respectivamente.

Além do próprio VNET, calculado como o log do módulo da diferença entre a QTD-COMPRA e a QTD-VENDA.

Para evitar efeitos da sazonalidade, DUR é ajustada pela hora do dia, tendo o seu valor dividido pela média das DUR no período relevante. Foram utilizados intervalos de meia hora e cada vez que o TEMPO é marcado em determinado intervalo, o valor de DUR corresponde é incluído no cálculo da média que em seguida será utilizada para a dessazonalização da série, que passa a ser chamada de DUR_DES. Na especificação final utilizamos a variável PTIME, que é a raiz quadrada da DUR_DES.

Abaixo seguem as tabelas com as estatísticas descritivas de cada uma das variáveis relevantes.

PTIME					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	0,868	0,764	0,038	3,182	0,497
BBDC4	0,887	0,812	0,056	5,582	0,462
BRFS3	0,879	0,794	0,089	2,716	0,477
BVMF3	0,883	0,807	0,101	3,071	0,470
CSNA3	0,936	0,914	0,238	1,904	0,354
GGBR4	0,894	0,827	0,058	3,314	0,449
ITSA4	0,907	0,833	0,138	2,268	0,421
ITUB4	0,877	0,780	0,081	3,204	0,480
MMXM3	0,902	0,874	0,108	2,020	0,432
PETR3	0,889	0,801	0,047	3,726	0,457
PETR4	0,880	0,774	0,141	2,783	0,475
USIM5	0,869	0,766	0,049	3,719	0,496
VALE3	0,90203	0,80843	0,13435	2,6961	0,43186
VALE5	0,907	0,844	0,115	2,624	0,422

Tabela 2 – Estatísticas descritivas PTIME

AGIO					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	0,062	0,060	0,010	0,150	0,037
BBDC4	0,054	0,050	0,010	0,140	0,031
BRFS3	0,069	0,060	0,010	0,180	0,041
BVMF3	0,026	0,020	0,010	0,060	0,014
CSNA3	0,073	0,060	0,010	0,270	0,051
GGBR4	0,042	0,040	0,010	0,100	0,023
ITSA4	0,025	0,020	0,010	0,060	0,013
ITUB4	0,055	0,050	0,010	0,130	0,030
MMXM3	0,052	0,050	0,010	0,130	0,031
PETR3	0,054	0,050	0,010	0,170	0,033
PETR4	0,038	0,030	0,010	0,100	0,021
USIM5	0,107	0,100	0,010	0,260	0,062
VALE3	0,069	0,060	0,010	0,230	0,041
VALE5	0,053	0,040	0,010	0,200	0,037

Tabela 3 – Estatísticas descritivas AGIO

QTD-COMPRA					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	2.893	1.855	100	61.625	3.761
BBDC4	1.782	1.605	240	19.133	1.151
BRFS3	3.136	2.174	386	25.067	2.971
BVMF3	4.935	3.620	308	59.355	4.636
CSNA3	3.040	2.767	622	11.192	1.255
GGBR4	2.259	1.875	391	18.431	1.441
ITSA4	3.519	2.937	330	20.372	2.624
ITUB4	2.125	1.813	385	23.630	1.537
MMXM3	2.213	1.975	200	14.850	1.514
PETR3	2.489	2.091	353	14.276	1.453
PETR4	3.102	2.677	405	23.867	1.898
USIM5	1.404	1.014	178	14.086	1.317
VALE3	2.016	1.736	350	39.038	1.716
VALE5	2.701	2.521	630	8.927	1.092

Tabela 4 – Estatísticas descritivas QTD-COMPRA

QTD-VENDA					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	2.329	1.733	127	29.416	2.288
BBDC4	1.576	1.351	204	10.097	969
BRFS3	2.934	1.924	166	40.405	3.444
BVMF3	5.245	3.949	577	54.416	4.831
CSNA3	3.011	2.819	721	12.633	1.363
GGBR4	2.405	2.028	425	24.303	1.665
ITSA4	3.798	2.888	382	47.299	3.778
ITUB4	2.277	1.975	332	22.901	1.395
MMXM3	1.959	1.745	327	7.625	1.156
PETR3	2.683	2.241	250	36.225	2.118
PETR4	3.491	2.991	851	148.900	4.836
USIM5	1.383	1.046	166	14.620	1.227
VALE3	1.886	1.705	612	8.853	803
VALE5	2.556	2.431	530	7.262	977

Tabela 5 – Estatísticas descritivas QTD-VENDA

NUMBER					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	414,43	214,00	5,00	5.434,00	566,71
BBDC4	378,10	197,00	5,00	10.837,00	578,07
BRFS3	265,10	147,00	2,00	2.664,00	330,42
BVMF3	689,55	407,00	11,00	5.878,00	787,32
CSNA3	564,47	347,50	15,00	3.958,00	600,06
GGBR4	262,68	149,00	4,00	4.219,00	356,14
ITSA4	554,15	307,00	7,00	6.348,00	675,36
ITUB4	350,59	177,00	3,00	10.058,00	623,44
MMXM3	442,62	266,00	20,00	4.479,00	530,47
PETR3	326,11	167,00	6,00	3.997,00	458,14
PETR4	564,96	304,00	15,00	23.119,00	1.049,90
USIM5	281,43	155,00	6,00	5.949,00	389,11
VALE3	241,86	152,00	2,00	2.547,00	275,56
VALE5	1.041,20	684,50	18,00	15.472,00	1.266,30

Tabela 6 – Estatísticas descritivas NUMBER

VOLUME					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	235.970	110.900	900	3.714.600	355.030
BBDC4	188.570	97.500	800	5.264.700	293.440
BRFS3	117.160	62.500	300	991.100	146.350
BVMF3	659.630	416.850	11.200	7.982.000	779.510
CSNA3	312.360	199.900	6.400	1.777.500	319.440
GGBR4	160.740	89.900	2.300	2.456.800	217.110
ITSA4	424.360	254.000	1.900	5.702.600	520.570
ITUB4	190.330	94.200	900	5.726.300	345.240
MMXM3	361.020	229.500	13.000	3.498.700	415.310
PETR3	239.390	108.600	1.000	3.859.800	370.600
PETR4	583.650	343.200	6.700	24.757.000	1.084.600
USIM5	131.750	72.400	2.200	2.492.900	179.670
VALE3	112.280	71.700	300	1.308.800	131.210
VALE5	937.870	550.350	15.500	21.156.000	1.699.700

Tabela 7 – Estatísticas descritivas VOLUME

PJUMP					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	2,093	1,230	0,080	29,900	2,585
BBDC4	1,870	1,100	0,070	38,210	2,378
BRFS3	1,603	1,030	0,100	13,400	1,714
BVMF3	1,704	1,075	0,050	21,050	1,951
CSNA3	3,049	2,055	0,170	20,620	2,888
GGBR4	1,110	0,710	0,060	13,770	1,295
ITSA4	1,624	0,970	0,040	14,230	1,827
ITUB4	1,842	1,030	0,070	39,450	2,792
MMXM3	1,817	1,240	0,120	20,900	2,067
PETR3	1,674	0,990	0,090	13,380	1,894
PETR4	2,044	1,275	0,060	63,100	3,136
USIM5	2,374	1,530	0,140	73,690	3,316
VALE3	1,851	1,220	0,120	21,660	1,907
VALE5	4,948	3,385	0,210	62,730	5,476

Tabela 8 – Estatísticas descritivas PJUMP

VNET					
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv Pad
BBAS3	10,104	10,272	4,605	14,780	1,639
BBDC4	9,887	9,957	4,605	14,377	1,441
BRFS3	9,537	9,639	4,605	13,095	1,580
BVMF3	11,262	11,432	5,704	15,332	1,427
CSNA3	10,367	10,495	4,605	13,872	1,541
GGBR4	9,896	10,069	4,605	14,215	1,371
ITSA4	10,761	10,900	4,605	14,698	1,511
ITUB4	9,862	9,983	4,605	13,891	1,537
MMXM3	10,579	10,754	5,704	14,295	1,360
PETR3	10,065	10,202	4,605	13,975	1,550
PETR4	11,062	11,204	4,605	15,325	1,364
USIM5	9,685	9,804	4,605	13,622	1,369
VALE3	9,591	9,747	4,605	12,976	1,428
VALE5	11,267	11,384	4,605	16,756	1,443

Tabela 9 – Estatísticas descritivas VNET

5. Modelos e Resultados

O modelo de liquidez intradiária pretende explicar qual é a relação entre dinâmica de negociação e o movimento de preços. A diferença de volume entre compras e vendas que pode ser sustentada até que haja uma mudança de preços é uma variável estocástica. As mudanças nessa variável são decorrentes da percepção do mercado acerca da presença de assimetrias de informação e sinais que podem se encontrados em padrões de negócios.

No arcabouço de duração de preços, o tempo entre preços condicional deve ser incluído no conjunto de variáveis explicativas, pois o conjunto de decisões dos diferentes operadores sobre quando negociar determinada quantidade de ações a um determinado preço contem informações relevantes. Para cada duração, uma variedade de estatísticas foi compilada e entre elas estão o numero de negócios, o volume total negociado, a magnitude da mudança de preços, os volumes negociados por compradores e vendedores, o tempo efetivamente passado, o tamanho do ágio de compra e venda, as quantidades médias na compra e na venda, além de efeitos de interação entre essas variáveis.

A estatística central desse estudo, VNET, captura o volume direcional liquido durante uma duração, ou seja, o saldo entre o numero de ações compradas e vendidas durante um intervalo. VNET revela, portanto o volume unilateral que foi negociado antes que as cotações se movessem além de uma determinada barreira:

$$VNET = \log \left| \sum_i (d_i * vol_i) \right|$$

em que d é um indicador de direção (compra=1 e venda=-1) e vol é o numero total de ações negociadas. O somatório é feito considerando todos os negócios realizados durante uma duração de preço específica.

5.1. PTIME

Para estimar o PTIME, foi utilizado uma generalização do modelo de ACD apresentado por Engle e Russel (1998). Como a liquidez é obviamente contingente ao tamanho do intervalo de negociação, quanto mais precisa for a estimativa de passagem do tempo, mais assertivo será o modelo de liquidez dinâmica.

O modelo ACD emprega um processo pontual condicional para prever o tempo de eventos irregularmente espaçados no tempo. Sua formulação se dá através da função de taxa de risco, que mede a probabilidade instantânea condicional de um determinado evento.

Ao estimar o tempo da duração de preços condicional, deve-se primeiramente ajustar o PTIME já ajustado para efeitos da hora do dia. Com isso, é possível utilizar como parâmetro

inicial uma função de taxa de risco com distribuição condicional consistente com a natureza dinâmica do processo. Como pressuposto, deve-se considerar que o PTIME ajustado para efeitos sazonais será exponencialmente distribuído, com desvio padrão igual à média que é um.

De acordo com o modelo VNET apresentado por Engle Lang (2001), para acomodar a maior volatilidade encontrada nos dados seria necessário estimar o PTIME normalizado usando uma distribuição de Weibull. Com isso espera-se permitir tanto uma função de taxa de risco que cresce ou decresce monotonicamente quanto uma constante, como é o caso do modelo exponencial.

Entretanto, apesar do modelo Weibull ACD (WACD) supostamente capturar de forma adequada o excesso de dispersão nos valores da série, entendemos que a sua utilização não é recomendada, pois não garante a consistência de Máxima Quase-Verossimilhança. Ao não utilizar uma função mais geral como a Gama Generalizada ou a Burr, é preferível que se utilize uma distribuição exponencial (EACD) como referência.

Para uma primeira inspeção visual sobre a presença de correlação serial, são gerados os correlogramas das séries de PTIME, antes de iniciar as regressões

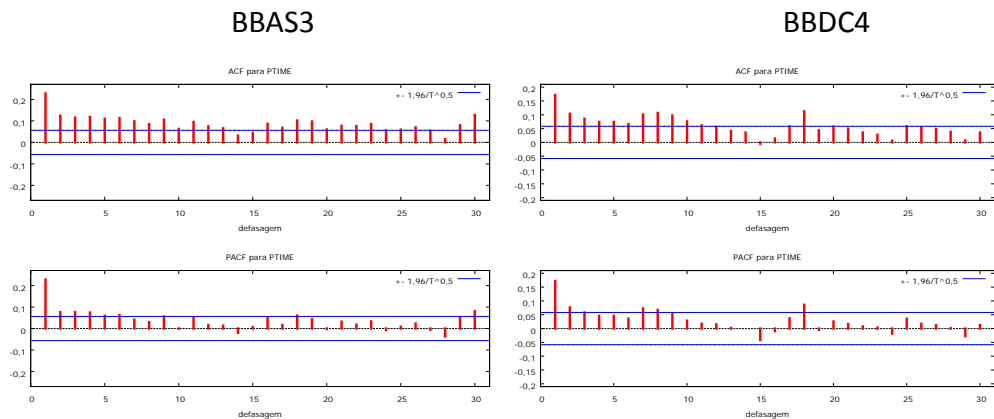


Grafico 1 – Correlograma BBAS3

Grafico 2 – Correlograma BBDC4

BRFS3

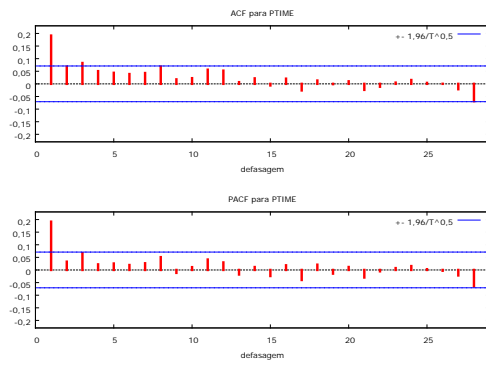


Grafico 3 – Correlograma BRFS3

BVMF3

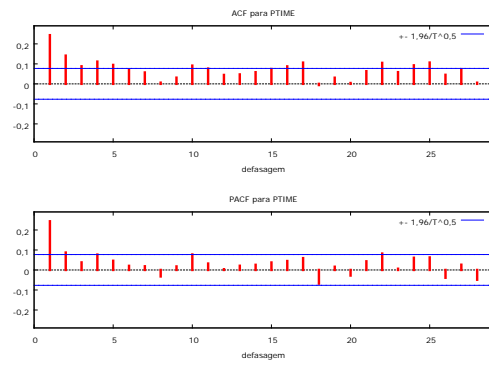


Grafico 4 – Correlograma BVMF3

CSNA3

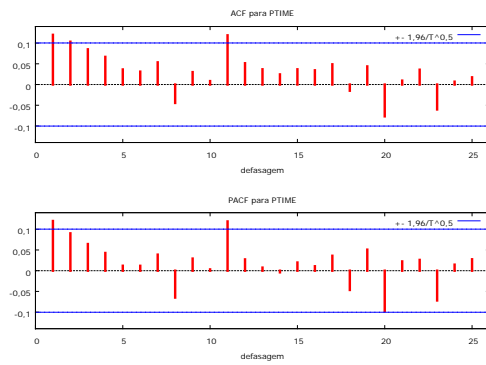


Grafico 5 – Correlograma CSNA3

GGBR4

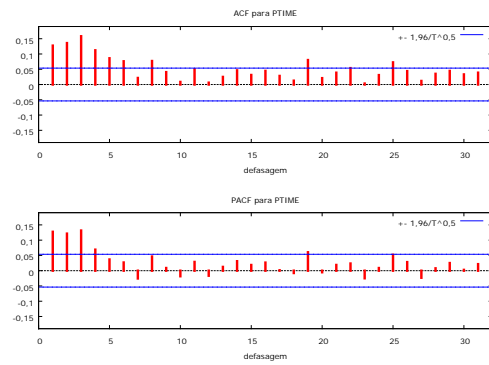


Grafico 6 – Correlograma GGBR4

ITSA4

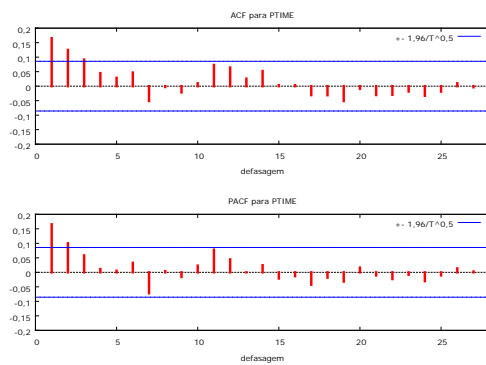


Grafico 7 – Correlograma ITSA4

ITUB4

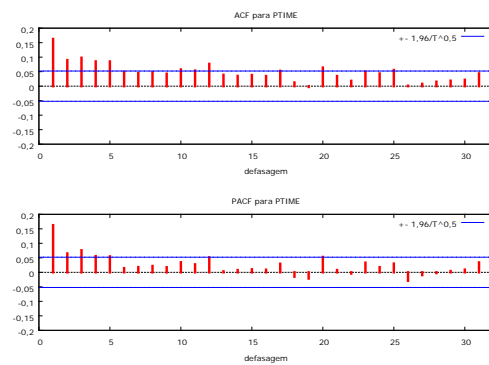


Grafico 8 – Correlograma ITUB4

MMXM3

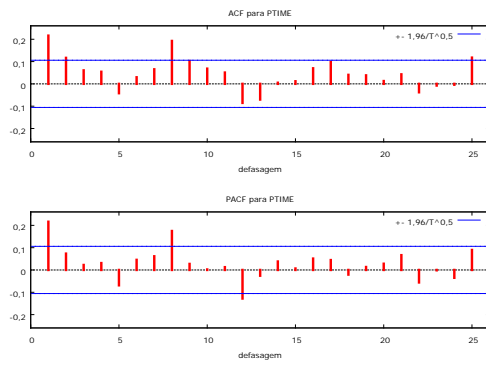


Grafico 9 – Correlograma MMXM3

PETR3

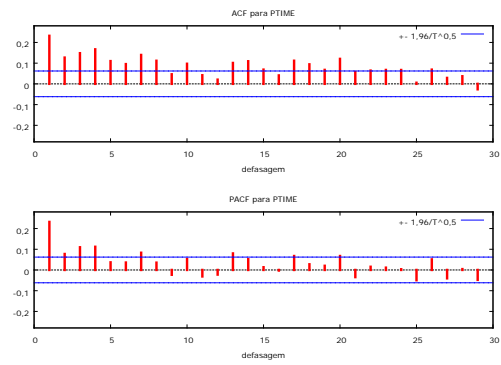


Grafico 10 – Correlograma PETR3

PETR4

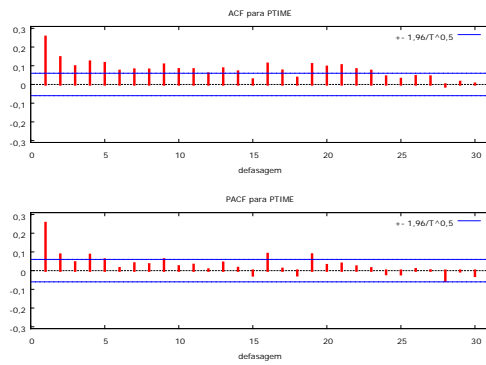


Grafico 11 – Correlograma PETR4

USIM5

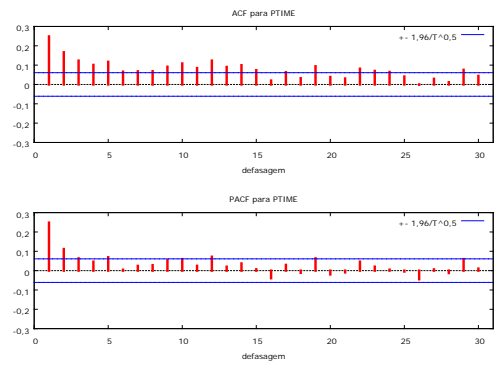


Grafico 12 – Correlograma USIM5

VALE3

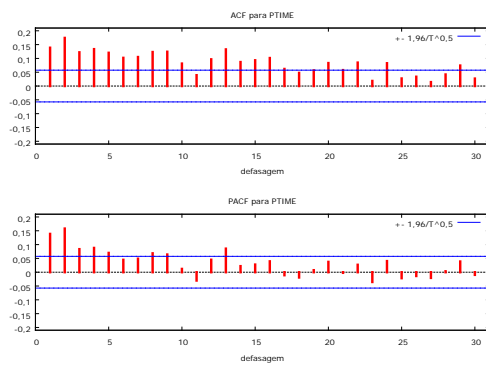


Grafico 13 – Correlograma VALE3

VALE5

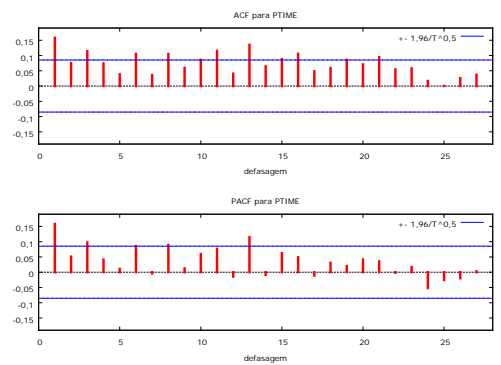


Grafico 14 – Correlograma VALE5

A partir da análise dos correlogramas acima, não é possível rejeitar a hipótese de correlação serial de primeira ordem para as séries de PTIME de nenhuma ação.

Ao buscar uma formulação única, que explique a dinâmica do PTIME para todas as ações buscamos utilizar um modelo parcimonioso com apenas um lag para cada variável explicativa. Finalmente, para evitar que episódios de um dia para o outro entrem na série é preciso excluir uma observação do início de cada dia para cada defasagem utilizada. Para minimizar o número de observações perdidas, incluímos no modelo como um componente pré-determinado o inverso do AGIO defasado. Essa nova variável é chamada de INV_AGIO(-1) e garante a positividade da esperança condicional da duração esperada além de garantir que estamos controlando por qualquer que seja o efeito do ágio de compra e venda sobre o PTIME. Uma alternativa a essa abordagem seria utilizar a especificação log-ACD, mas com isso não conseguiríamos decompor a parte esperada da não esperada de PTIME. Sendo assim temos:

$$EPTIME_t = \omega + \alpha_1 PTIME_{t-1} + \beta_1 EPTIME_{t-1} + \phi INV_AGIO_{t-1}$$

Aonde EPTIME é a expectativa condicional de PTIME.

Esse EACD(1,1) utiliza o valor da expectativa condicional de PTIME defasada, o valor defasado de PTIME e a variável predeterminada INV_AGIO defasada para prever o tempo entre mudanças de preço.

Coeficientes (p-valores) estimados por Máxima Quase-Verossimilhança				
Eq. (1):	$EPTIME_t = \omega + \alpha PTIME_{t-1} + \beta EPTIME_{t-1} + \Phi INV_AGIO_{t-1}$			
	ω	α	β	Φ
BBAS3	0,0578209 (0,2573)	0,104559 (0,0316)	0,851979 (1,33E-22)	-0,000457392 (0,3728)
BBDC4	0,00538832 (0,942)	0,0829026 (0,3224)	0,88942 (1,40E-12)	0,000801821 (0,4344)
BRFS3	0,388528 (0,0174)	0,174898 (0,001)	0,468828 (0,0213)	-0,00121933 (0,3652)
BVMF3	0,295309 (0,2263)	0,246736 (0,0025)	0,441651 (0,0915)	0,000406961 (0,7199)
CSNA3	0,16352 (0,0202)	0,0499183 (0,3176)	0,82781 (3,98E-14)	-0,00161691 (0,0357)
GGBR4	0,0691136 (0,0438)	0,122064 (0,0000114)	0,804774 (1,00E-59)	0,000178387 (0,7289)
ITSA4	0,194291 (0,1116)	0,14744 (0,0027)	0,511202 (0,0001)	0,00277072 (0,0423)
ITUB4	0,115435 (0,1492)	0,104451 (0,0198)	0,79493 (8,75E-14)	-0,000488838 (0,531)
MMXM3	0,182065 (0,458)	0,120244 (0,1777)	0,746468 (0,011)	-0,00155825 (0,4418)
PETR3	0,0849809 (0,1187)	0,152009 (0,004)	0,787057 (8,93E-22)	-0,000691757 (0,4033)
PETR4	0,161118 (0,1685)	0,15954 (0,0329)	0,729546 (2,20 E-6)	-0,00124191 (0,2165)
USIM5	0,00756438 (0,7746)	0,117588 (0,0012)	0,839047 (4,79E-45)	0,00246562 (0,0515)
VALE3	0,0391569 (0,0463)	0,0798574 (0,0000152)	0,87669 (2E-194)	0,000204551 (0,6879)
VALE5	0,0225202 (0,2541)	0,0391145 (0,0646)	0,942914 (6,21E-149)	-0,000114369 (0,7529)

Tabela 10 – Tabela de coeficientes da estimação de EPTIME por MQV

Como pode ser visto na tabela acima, o valor defasado do PTIME é significativo ao nível de 5% para 13 das 16 ações e a esperança condicional EPTIME defasada só não é significativa a 5% para 1 das 16 ações e, mesmo assim, passaria a ser caso estivéssemos utilizando o nível de 10%. Já o inverso do ágio entre os preços de compra e venda só é significativo a 5% para 1 das ações, não sendo muito relevante para a previsão. De qualquer maneira, preferimos deixá-lo para garantir que estamos controlando por qualquer que seja o efeito entre o PTIME e o ágio.

A série de esperanças condicionais gerada, EPTIME, busca prever o PTIME até a próxima mudança substancial de preços. Geramos também a série de resíduos da previsão, PTIME_ERR, dividindo o quadrado de PTIME por EPTIME. Ainda que teoricamente independente do conjunto de variáveis explicativas, o resíduo pode conter informações importantes para a formulação de um modelo de liquidez dinâmica. Inovações na série de duração de preços refletem mudanças não antecipadas do fluxo de negociação, tendo impacto direto na profundidade de mercado realizada.

5.2. VNET

O VNET mede o volume direcional líquido negociado antes de uma mudança de preço. Ex post, ele serve como uma medida de profundidade realizada. O objetivo dessa sessão é chegar a um modelo capaz de prever o VNET ao longo de uma duração de preços.

Ao relacionar profundidade ao nível de assimetria de informação presente no mercado, procuramos incluir na formulação variáveis conceitualmente relacionadas com liquidez. Como estamos buscando um modelo único capaz de prever a dinâmica da profundidade de 16 ações diferentes, usamos a defasagem das variáveis AGIO, VOLUME e NUMBER como variáveis ligadas a liquidez, além das observações contemporâneas de EPTIME e PTIME_ERR. A inspeção do correlograma das séries de VNET apresentarem forte evidência de auto correlação positiva para todas as ações. Entretanto, optamos por não incluir nenhuma defasagem da variável dependente por entender que as variáveis selecionadas capturem bem a dinâmica da profundidade de mercado. Para a estimação foi usada a seguinte formulação de VNET:

$$VNET_t = \beta_0 + \beta_1 AGIO_{t-1} + \beta_2 VOLUME_{t-1} + \beta_3 NUMBER_{t-1} + \beta_4 EPTIME_t + \beta_5 PTIME_ERR_t$$

Coeficientes (p-valores) estimados por Mínimos Quadrados Ordinários							
Eq. (2):	$VNET_t = \beta_0 + \beta_1 AGIO_{t-1} + \beta_2 VOLUME_{t-1} + \beta_3 NUMBER_{t-1} + \beta_4 EPTIME_t + \beta_5 PTIME_ERR_t$	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
BBAS3		4,32431 (4,45E-15)	-0,13414 (0,0164)	0,595989 (8,6E-14)	-0,385222 (2,21E-5)	0,111857 (0,421)	0,536571 (5,12E-41)
BBDC4		6,17761 (1,24E-20)	0,00746645 (0,8978)	0,330089 (0,0006)	-0,09656 (0,341)	0,299257 (0,0319)	0,473375 (2,87E-37)
BRFS3		5,66647 (1,62 E-14)	0,0443092 (0,5425)	0,296984 (0,0092)	0,0191032 (0,8811)	-0,263144 (0,3724)	0,643687 (4,92E-35)
BVMF3		5,86086 (1,11 E-8)	-0,181416 (0,0402)	0,320901 (0,0043)	0,0193673 (0,8645)	0,0699331 (0,7601)	0,472213 (2,15E-19)
CSNA3		10,299 (1,11 E-9)	-0,187595 (0,082)	-0,234767 (0,3288)	0,320246 (0,186)	1,69632 (0,0162)	0,518326 (1,94E-6)
GGBR4		6,81109 (3,53E-21)	-0,0693123 (0,1942)	0,132411 (0,1869)	0,176627 (0,086)	0,29759 (0,0371)	0,463356 (6,71E-39)
ITSA4		6,76233 (3,37 E-08)	0,138563 (0,2652)	0,474308 (0,0009)	-0,331642 (0,0285)	1,18741 (0,006)	0,578698 (4,33E-16)
ITUB4		5,00462 (9,21E-17)	-0,0219982 (0,6937)	0,442659 (8,64E-7)	-0,148121 (0,1336)	-0,380559 (0,0257)	0,497817 (2,38E-50)
MMXM3		6,43833 (3,22E-5)	-0,0213347 (0,8446)	0,408574 (0,0306)	-0,235574 (0,2032)	0,510315 (0,2063)	0,353666 (1,43E-5)
PETR3		2,81692 (2,81E-5)	-0,0666836 (0,3097)	0,726564 (1,92E-14)	-0,359571 (0,0005)	-0,138964 (0,3027)	0,4212 (7,25E-22)
PETR4		4,59726 (6,56E-9)	-0,0571323 (0,3745)	0,572731 (5,72E-9)	-0,230847 (0,0269)	-0,0549388 (0,6792)	0,323328 (1,4E-21)
USIM5		6,76574 (1,57E-25)	-0,053298 (0,3184)	0,249296 (0,0096)	-0,0801289 (0,4428)	0,195022 (0,0934)	0,420964 (3,24E-33)
VALE3		4,87278 (1,76E-15)	-0,085836 (0,1111)	0,474681 (1,73E-7)	-0,269427 (0,0062)	0,348312 (0,0376)	0,571745 (3,55E-42)
VALE5		5,85156 (1,06E-5)	-0,240317 (0,0033)	0,52637 (0,0043)	-0,430779 (0,0252)	0,751865 (0,03)	0,524153 (4,51E-15)

Tabela 11 – Tabela de coeficientes da estimação de VNET por MQO

Ao analisar os resultados das regressões, vemos que o coeficiente de AGIO defasado é negativo para 11 das 16 ações. Isso sustenta a ideia de que a profundidade de mercado e o ágio de compra sejam aspectos da liquidez com direções opostas. Quanto maior o ágio menor é a profundidade de mercado disponível. Ao analisar os p-valores, vemos que para apenas 3 ações o AGIO é significativo ao nível de confiança de 5% e ao aumentar esse nível para 10% ele passa a ser significativo para mais uma ação.

O número total de ações negociadas em uma duração de preços, representado pelo VOLUME, pode ser entendido de duas maneiras. Pode tanto representar uma medida de intensidade de negociação como de desbalanceamento relativo entre compras e vendas, dado um nível de VNET. Como o VNET é uma medida absoluta da diferença entre compras e vendas, quanto maior é o VOLUME menor é o desbalanceamento relativo, medido em percentual. Como pode ser visto nos resultados, essa variável é significativa ao nível de 5% para 12 das 16 ações. Pode-se observar também que os coeficientes são menores do que 1 para todas as ações o que sinaliza que o VNET responde de forma menos que proporcional ao VOLUME. Essa resposta pode refletir o aumento do risco de informação privilegiada contido em negócios de volume elevado.

A quantidade de negócios dentro de uma duração de preço, representada pela variável NUMBER também pode ser entendida como uma medida de intensidade de negociação. Em um modelo de assimetria de informação, um aumento na frequência de negócios representa um aumento na probabilidade de operadores terem informação privilegiada. O coeficiente negativo de NUMBER em 10 de 16 ações corrobora a ideia de que a profundidade é negativamente impactada pela frequência de negociação. A variável é significativa em 6 das 16 ações considerando o nível de confiança de 5%, e em mais uma caso aumentemos o nível de confiança para 10%.

Nesse modelo a expectativa da duração de preços, representada pelo EPTIME, pode ser entendida como o recíproco da volatilidade esperada. Como o modelo é estimado em logs, o LEPTIME é interpretado como o negativo do efeito da volatilidade sobre a profundidade. Como volatilidade está associada a notícias e à probabilidade de operadores com informação privilegiada, é possível afirmar que a profundidade seja impactada positivamente com o LEPTIME. De fato, pelos resultados do modelo vemos que o seu coeficiente é positivo para 13 das 16 ações e significativo a 5% para 7 ações.

O erro de previsão, representado pela variável PTIME_ERR, é positivo e altamente significativo para todas as ações. Essa variável, apesar de contemporânea, pode ser influenciada pelos operadores que podem decidir negociar em apenas um dos lados do mercado. Isso denota que a impaciência em negociar pode ser percebida como a presença informação assimétrica no mercado.

Ao modelar o VNET condicional ao tempo de negociação, podemos considerar que o erro de previsão de PTIME é fracamente exógeno. Dado uma expectativa de tempo entre movimentos de preço, o PTIME_ERR é determinado pelo PTIME efetivo que nesse modelo é uma variável contemporânea, sob controle do operador. Como a atividade de negociação instiga os movimentos de preço, o VNET condicional ao PTIME é a medida de quantas ações

podem ser negociadas a certa velocidade durante um período específico de tempo sem provocar um impacto de preço maior do que um determinado diferencial.

Para verificar a consistência da especificação do modelo analisamos a série de resíduos da regressão, ou UHAT. Pela inspeção visual dos gráficos das series temporais de UHAT não foi possível detectar a presença de nenhum efeito de aglomeração de volatilidade, de tendência ou de auto correlação, aparentando serem ruídos brancos. Em uma análise mais profunda testamos a auto correlação residual e a partir dos correlogramas. Pelo ACF e PACF das séries verificamos a não significância da auto correlação de primeira ordem nos resíduos, que aparentam ser bem comportados.

6. Curva de Reação do Mercado

O VNET, calculado com base nas durações de preço, mede a profundidade de mercado a medida que nos afastamos da profundidade postada nas melhores ofertas de compra e venda. Até agora, baseamos as durações em um intervalo de preço arbitrário, definido com base na média do ágio de compra e venda. Entretanto, o valor ótimo do intervalo só pode ser definido por operador, levando em consideração o seu nível de tolerância aos custos de negociação.

Nessa sessão vamos reestimar o modelo ajustando os intervalos de preço de modo a gerar observações de VNET suficientes para construirmos a curva de reação de mercado. Escolhemos analisar a ação ITUB4 por alguns motivos que consideremos torna-la uma ação representativa. No estudo inicial utilizamos um INTERVALO de valor mediano (0,07 centavos) o que nos permite usar para essa sessão valores mais altos e mais baixos de INTERVALO. Ela também teve episódios de duração em todos os 64 dias analisados anteriormente, com uma média de 22 observações por dia com duração média de 925,11 segundos. Além disso, ela teve um número médio de 350,59 negócios e um volume de 190.330,00 ações negociadas por duração, o que a torna uma ação com boa movimentação intradiária. Os valores de INTERVALO foram centralizados em 0,07 centavos, e além dele utilizamos os valores de 0,03; 0,05; 0,09 e 0,11.

Com base nos novos intervalos, tanto o PTIME quanto o VNET foram reestimados e os resultados podem ser vistos no quadro abaixo. Como era de se esperar, a maioria dos coeficientes manteve a consistência no que diz respeito ao sinal, apesar nem todas as variáveis manterem a consistência quando analisamos a sua significância.

A partir dos valores dos coeficientes encontrados nos modelos, utilizamos as médias dos valores de AGIO, VOLUME, NUMBER, EPTIME e PTIME_ERR aplicados à equação (3) para gerar os resultados incondicionais de VNET. Incluímos nesse conjunto de variáveis a profundidade média de compra, representada pela média das ofertas de compra ao longo de todos os períodos, que funciona como um indicador da profundidade postada. Atribuímos o valor dos INTERVALOS a cada novo VNET encontrado e o valor 0,01 para a profundidade postada. Fizemos isso porque para capturar toda a profundidade contida nas melhores ofertas de venda o comprador deve arcar com no mínimo o custo do ágio de compra e venda. Como a ação ITUB4 é cotada em múltiplos de 0,01 centavos, esse é o custo mínimo da operação e por isso o escolhemos para representar a profundidade postada.

Com esse procedimento determinamos a dinâmica da curva de reação do mercado baseado nas 5 variáveis explicativas. Como esperado, o VNET médio cresce com o aumento do intervalo de preço e considerando que estamos utilizando um número limitado de dados, podemos considerar que a curva é razoavelmente linear. O fato do ponto que representa a profundidade postada estar próximo da reta da regressão linear corrobora a ideia de que o VNET é uma boa medida de profundidade de mercado.

Coeficientes (p-valores) estimados por Mínimos Quadrados Ordinários										
Eq. (3): $VNET_t = \beta_0 + \beta_1 AGIO_{t-1} + \beta_2 VOLUME_{t-1} + \beta_3 NUMBER_{t-1} + \beta_4 EPTIME_t + \beta_5 PTIME_ERR_t$										
INTERVALO	η	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_4	β_5	β_5
0,03	3395	6,25247 (1,8E-66)	-0,0744857 (0,0765)	0,256296 (4,01E-7)	-0,0767744 (0,1889)	0,018862 (0,8547)	0,36234 (5,85E-103)	0,018862 (0,8547)	0,36234 (5,85E-103)	0,36234 (5,85E-103)
0,05	2258	5,85194 (9,3E-41)	-0,0844096 (0,0666)	0,343856 (9,87E-8)	-0,166537 (0,0213)	-0,0260057 (0,8054)	0,449881 (3,2E-78)	-0,0260057 (0,8054)	0,449881 (3,2E-78)	0,449881 (3,2E-78)
0,07	1413	5,00462 (9,21E-17)	-0,0219982 (0,6937)	0,442659 (8,64E-7)	-0,148121 (0,1336)	-0,380559 (0,0257)	0,497817 (2,38E-50)	-0,380559 (0,0257)	0,497817 (2,38E-50)	0,497817 (2,38E-50)
0,09	945	6,22621 (2,96E-15)	-0,136563 (0,0339)	0,228614 (0,0522)	0,0639123 (0,6169)	-0,291138 (0,1623)	0,509371 (4,69E-35)	-0,291138 (0,1623)	0,509371 (4,69E-35)	0,509371 (4,69E-35)
0,11	663	7,31848 (2,04E-12)	-0,0709498 (0,3714)	0,144537 (0,359)	0,0946795 (0,5766)	-0,727188 (0,0211)	0,557104 (1,34E-22)	-0,727188 (0,0211)	0,557104 (1,34E-22)	0,557104 (1,34E-22)

Tabela 12 – Tabela de coeficientes da estimação de VNET por MQV para diferentes INTERVALOS

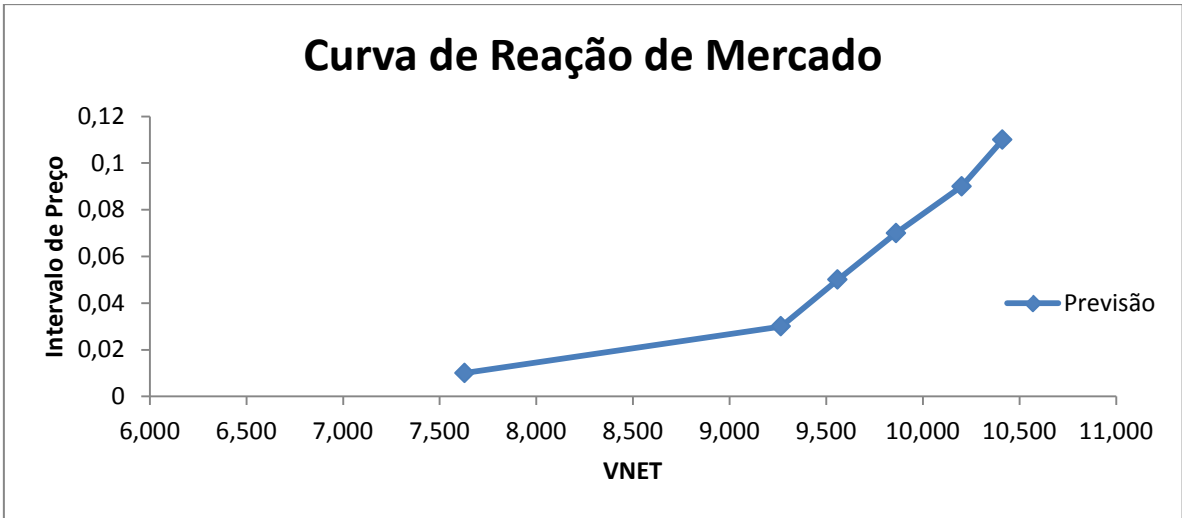


Gráfico 15 – Gráfico da curva de reação de mercado

7. Conclusão

Nesse estudo empírico, investigamos uma das componentes mais inexploradas da liquidez no mercado Brasileiro, a profundidade de mercado. Para isso, foi criada uma nova estatística chamada VNET que mede a quantidade unidirecional de ações que podem ser negociadas no intervalo de tempo necessário para um ajuste significativo nos preços médios. Modelamos os intervalos de duração de preço (PTIME) e o volume líquido negociado em cada duração (VNET) para 16 ações negociadas na BM&FBovespa. Com isso chegamos a uma estatística capaz de identificar, medir e modelar a variação intradiária de profundidade dessas ações. Essa estatística nos permitiu investigar a influencia de cada uma das variáveis explicativas na liquidez, além nos permitir construir a curva de reação do mercado.

O modelo de VNET encontrado mostra que a profundidade varia de acordo com as condições de mercado e revela sinais de assimetria de informação. De maneira geral, as características de mercado associados a um VNET pequeno são similares as associadas a baixa liquidez, usualmente representadas por altos valores de ágio de compra e venda. Com isso podemos construir estratégias baseadas no VNET que busquem reduzir os custos de transação.

Ao analisar os resultados, encontramos respaldo para a ideia de que a profundidade disponível é uma consequência do fluxo de operadores com informações assimétricas. Podemos notar isso ao perceber que o quanto maior o volume de ações negociadas menor (de forma proporcional) é desbalanceamento necessário para mover os preços, o que contraria a ideia de que quanto maior o volume maior é a profundidade. O aumento no numero de negócios por duração de preços também parece reduzir a profundidade de mercado o que corrobora a ideia de que operadores com informação assimétrica enfrentam uma restrição de tempo até que a informação se torne pública. O ágio de compra e venda impacta negativamente o VNET, o que significa que quanto maior o ágio menor a liquidez, confirmando a estatística como uma medida válida de profundidade. As durações de preços, vistas como o inverso da volatilidade, tem impacto positivo no VNET suportando a ideia de que quanto maior o fluxo de notícias menor é a profundidade. Já os choques não antecipados nas durações de preço aumentam a profundidade realizada. Vemos assim que a estratégia de negociação tem um papel altamente relevante na estimação da liquidez do mercado. Podemos então confirmar quem, para uma ordem de volume elevado, a paciência tem implicações importantes na redução dos custos de negociação.

8. Bibliografia

- R.F. Engle, J. Lange, 2001. Predicting VNET: A model of the dynamics of market depth. *Journal of Financial Markets* 4 (2001) 113-142
- E.F Fama, 1970. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, Vol. 25, No. 2
- N Jegadeesh, S Titman, 1993. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. *The Journal of Finance* Volume 48, Issue 1.
- W.F.M. De Bondt, R. Thaler, 1985. Does the Stock Market Overreact? *The Journal of Finance*, Vol. 40, No. 3
- Easley, D., O'Hara, M., 1987. Price, trade size, and information in securities markets. *Journal of Financial Economics* 19, 69-90.
- Easley, D., O'Hara, M., 1992. Time and the process of security price adjustment. *The Journal of Finance* 47, 577-606..
- Engle, R., Russell, J., 1997. Forecasting the frequency of changes in quoted foreign exchange prices with the autoregressive conditional duração model. *Journal of Empirical Finance* 4, 187-212.
- Engle, R., Russell, J., 1998. Autoregressive conditional duração: a new model for irregularly spaced data. *Econometrica* 66, 1127-1162.
- Foster, F.D., Viswanathan, S., 1995. Can speculative trading explain the volume-volatility relation? *Journal of Business and Economic Statistics* 13, 379-408.
- Hasbrouck, J., 1988. Trades, quotes, inventories, and information. *Journal of Financial Economics* 22, 229-252.
- Lee, C.M., Ready, .M.J., 1991. Inferring trade direction from intraday data. *The Journal of Finance* 46, 733-746.
- McInish, T.H., Wood, R.A., 1992. An analysis of intraday patterns in bid/ask spreads for NYSE stocks. *The Journal of Finance* 47, 753-764.
- Fernandes, M.A, 2006. Optimal order submissions strategies on electronic order books: an analysis of the London Stock Exchange. London School of Economics and Political Science.

BM&FBOVESPA - Manual de Procedimentos Operacionais - Segmento Bovespa.

BM&FBOVESPA - Regulamento de Operações - Segmento Bovespa.