

---

# TOXICIDADE DOS FLUXOS DE ORDENS SOBRE A LIQUIDEZ DOS CONTRATOS FUTUROS DE DI E DÓLAR COMERCIAL

João Eduardo Ribeiro <sup>1</sup>

Laise Ferraz Correia <sup>2</sup>

Felipe Dias Paiva <sup>3</sup>

---

▪ Artigo recebido em: 21/03/2022 ▪ Artigo aceito em: 01/11/2022 ▪▪ Segunda versão aceita em: 16/12/2022

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar o impacto da toxicidade dos fluxos de ordens – *Volume-Synchronized Probability of informed trading* (VPIN) – dos contratos futuros de DI e de Dólar Comercial negociados na Brasil Bolsa Balcão (B3) sobre a liquidez de mercado desses ativos – representada pelo *bid-ask spread*. Argumenta-se que a assimetria de informações entre os agentes participantes de uma transação gera um desequilíbrio entre as ordens lançadas, o que afeta a liquidez dos títulos. Empiricamente, utilizaram-se dados intradiários de contratos futuros de DI e Dólar Comercial negociados na B3 de setembro de 2018 a agosto de 2019 para estimar um modelo de regressão linear múltipla e analisar esse relacionamento. Os resultados encontrados mostraram que a relação entre a VPIN e o *bid-ask spread* foi significativa e positiva nos modelos estimados para ambos os contratos. Dessa forma, concluiu-se que a VPIN é um dos fatores que impactam a liquidez nas negociações de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro, ou

---

<sup>1</sup> Mestre em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Endereço: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíça - CEP 30421-169 - Belo Horizonte, MG. Brasil. E-mail: [joaoribeiro.cco@gmail.com](mailto:joaoribeiro.cco@gmail.com). Telefone: (31) 3319-7023. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6969-6972>.

<sup>2</sup> Doutora em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Endereço: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíça - CEP 30421-169 - Belo Horizonte, MG. Brasil. E-mail: [laise@cefetmg.br](mailto:laise@cefetmg.br). Telefone: (31) 3319-7023. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0977-9298>.

<sup>3</sup> Doutor em Administração pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Endereço: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíça - CEP 30421-169 - Belo Horizonte, MG. Brasil. E-mail: [fpaiva@cefetmg.br](mailto:fpaiva@cefetmg.br). Telefone: (31) 3319-7023. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6989-0636>.

Editor responsável pela aprovação do artigo: Dr. João Estevão Barbosa Neto

Editor responsável pela edição final do artigo: Dr. Ewerton Alex Avelar

seja, quanto maior a toxicidade do fluxo de ordens (maior grau de assimetria informacional), menor a liquidez dos títulos negociados.

**Palavras-Chave:** Toxicidade. VPIN. Liquidez de Mercado. *Bid-Ask Spread*.

## ORDER FLOW TOXICITY ON THE LIQUIDITY OF DI AND COMMERCIAL DOLLAR FUTURES CONTRACTS

### ABSTRACT

The aim of this paper was to analyze the impact of the order flow toxicity – Volume-Synchronized Probability of informed trading (VPIN) – of DI and Commercial Dollar futures contracts traded on Brasil Bolsa Balcão (B3) on the market liquidity of these assets – bid-ask spread. It is argued that the asymmetry of information between the agents participating in a transaction generates an imbalance between the orders placed, which affects the securities liquidity. Empirically, intraday data of DI and Commercial Dollar futures contracts traded on B3 from September 2018 to August 2019 were used to estimate a multiple linear regression model and analyze this relationship. The results showed a significant and positive relationship between VPIN and bid-ask spread in the models estimated for both contracts. Thus, we may conclude that the VPIN is one of the factors that affect liquidity in DI and Commercial Dollar Futures negotiations, that is, the higher the orders flow toxicity (higher degree of informational asymmetry), the lower the securities liquidity.

**Keywords:** Toxicity. VPIN. Market Liquidity. Bid-Ask Spread.

### 1 INTRODUÇÃO

A liquidez de mercado e sua relação com o retorno dos ativos tem sido alvo de pesquisas desde meados da década de 1980 (Amihud & Mendelson, 1986; Jun, Marathe & Shawky, 2003; Blau, Griffith & Whitby, 2018). Além da relação com o retorno, a liquidez dos títulos é importante por fortalecer os mercados, reduzir os custos de emissão e de transação, bem como aumentar o seu número de participantes nas transações. Por essa razão, torna-se fundamental entender os fatores que impactam a liquidez de mercado dos títulos, como os custos de transação, a eficiência de mercado, o sistema de negociação e liquidação no mercado secundário, a transparência do mercado, a ampliação e diversificação da base de investidores, e a assimetria de informação presente nas negociações (O'Hara, 2003; Li, Lambe & Adegbite, 2018; Yildiz, Van Ness B. & Van Ness R., 2019).

A assimetria de informação ocorre quando há desequilíbrio entre as informações que os agentes possuem, ou seja, quando há um desbalanceamento de informação sobre uma transação entre os participantes dela (alguns têm mais informações do que outros). Como argumentam Grossman e Stiglitz (1980), há *traders* informados e *traders* não-informados no mercado – o grau de informação se difere entre os agentes –, e esse aspecto se reflete no preço dos ativos. Os *traders* informados são aqueles que detêm informação relevante sobre o ativo negociado, sendo capazes de ocasionar perdas às suas contrapartes. Um negócio informado é aquele em que pelo menos um dos lados

da transação possui mais informações do que o outro. Um mercado com elevada proporção de negócios informados em relação aos não-informados é denominado tóxico. E, a alta toxicidade no fluxo de ordens acarreta liquidação de ativos por parte dos *traders*, diminuindo, dessa forma, a liquidez do mercado (Easley, Prado & O'Hara, 2012).

Essa influência da toxicidade do fluxo de ordens sobre a liquidez instigou diversos estudos teórico-empíricos em microestrutura de mercado – por exemplo, Easley, Kiefer, O'Hara e Paperman (1996), Easley, Hvidkjaer e O'Hara (2002), Easley, Engle, O'Hara e Wu (2008), Easley, Prado e O'Hara (2011) e Easley et al. (2012) – a buscarem uma maneira de identificar a ocorrência de assimetria informacional nos mercados, o que resultou, basicamente, na proposição de dois modelos de mensuração: (i) *Probability of informed trading* (PIN) de Easley et al. (1996) – que busca estimar a probabilidade de ter havido transações baseadas em informações privadas em um determinado período, a partir de uma função de máxima verossimilhança; (ii) *Volume-Synchronized Probability of informed trading* (VPIN) de Easley et al. (2011) – que busca mensurar diretamente o grau de toxicidade dos fluxos de ordens.

Nos estudos de microestrutura do mercado acionário brasileiro, têm-se avaliado: (i) a relação liquidez-retorno das ações (Correia, Amaral & Bressan, 2008; Machado & Medeiros, 2011; Perobelli, Famá & Sacramento, 2016); (ii) os efeitos que a contratação de *market makers* causam na liquidez do mercado acionário (Perlin, 2013); (iii) o impacto do nível de toxicidade dos fluxos de ordens no retorno de ações no mercado acionário brasileiro (Siqueira, Amaral & Correia, 2017); e (iv) o efeito da toxicidade no mercado de contratos futuros (Barbosa, 2014; Ribeiro, Souza & Moraes, 2020), mercado este que, segundo Andrade (2015), possui uma série de especificidades, como valor ajustado diariamente, que proporcionam mais liquidez ao mercado.

Dentre os diversos ativos negociados no mercado brasileiro de futuros, destacam-se o contrato de Depósito Interfinanceiro Futuro (DI Futuro) e o de Dólar Comercial Futuro. Principal ativo negociado pela Brasil Bolsa Balcão (B3), o contrato de DI Futuro refere-se à taxa de juros do CDI (Certificados de Depósito Interbancário) que o mercado estima para o dia de vencimento do contrato. Devido à função de *hedge* contra oscilações na taxa de juros de contratos financeiros, exerce um papel crucial nos investimentos. Já o Dólar Comercial Futuro é usado para transações cambiais entre bancos, instituições financeiras, grandes corporações, dentre outros.

Garcia e Urban (2004), por exemplo, argumentam que as taxas de câmbio e de juros são, na perspectiva macroeconômica, as variáveis mais relevantes para a definição dos agregados macroeconômicos como investimentos, consumo, importação e exportação. Pela perspectiva microeconômica, a taxa de câmbio é decisiva no comportamento dos empresários e consumidores, pois influencia a comercialização de bens e serviços importados e exportados, o que torna o processo de formação dessas taxas essencial para os participantes do mercado. Ademais, o volume financeiro negociado em contratos de DI Futuro foi expressivo nos últimos cinco anos, tendo ultrapassado 50 trilhões de dólares. Em 2018, por exemplo, foram negociados mais de 8,7 trilhões de dólares em contratos de DI Futuro, maior valor negociado nesse mercado. Nesse mesmo ano, o volume financeiro de contratos futuros de dólar comercial, segundo ativo mais negociado no mercado futuro da B3, representou mais de 4,5 trilhões de dólares;

e ultrapassou o montante de 19,5 trilhões de dólares nos últimos cinco anos (B3, 2022).

Seja pela função de *hedge*, que permite fixar o preço do ativo de modo a reduzir ou eliminar o risco de variação indesejada dos preços, seja pela possibilidade de especulação, entender a influência da toxicidade do fluxo de ordens sobre a liquidez no mercado brasileiro de futuros é relevante, sobretudo na perspectiva microeconômica, na medida em que auxilia empresas e investidores na tomada de decisão de investimentos. Como discutem Martins e Paulo (2016), embora a negociação de títulos baseada em informação privilegiada seja ilegal no Brasil, há evidências empíricas, tais como Barbedo, Silva e Leal (2009), Martins, Paulo e Albuquerque (2013) e Martins e Paulo (2014), que sugerem a sua existência no mercado acionário brasileiro. Considerando o efeito danoso da assimetria sobre variáveis relevantes para as decisões de empresas e investidores, tais como risco, retorno, liquidez e custo de capital, procurou-se neste artigo contribuir para um melhor entendimento do fenômeno.

Tendo tudo isso em vista, evidenciada a relevância dos mercados de DI Futuro e de Dólar Comercial Futuro da B3, e ressaltada a importância de se entender o efeito da assimetria de informação sobre a liquidez de mercados dos ativos por eles transacionados para a tomada de decisão de empresas e investidores dos mercados financeiros e de capitais, o objetivo deste estudo foi analisar o impacto do grau de toxicidade dos fluxos de ordens dos contratos futuros de DI e de Dólar Comercial negociados na B3 sobre a liquidez de mercado desses ativos.

Este estudo compreende quatro seções, além desta introdução. A segunda apresenta o referencial teórico sobre microestrutura de mercado, toxicidade de fluxo de ordens e liquidez de mercado. A terceira descreve a metodologia adotada, apresentando a amostra, as variáveis e os modelos econométricos estimados. A quarta apresenta e discute os resultados; e, por fim, a quinta traça as conclusões do estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Microestrutura, Liquidez de Mercado e Assimetria Informacional

A microestrutura de mercado analisa, em geral, como os processos de negociação influenciam a volatilidade de preços, a liquidez de mercado dos ativos e outras variáveis que impactam a distribuição dos retornos (Madhavan, 2000; Easley, Prado, O'Hara & Zhang, 2019). Nesse sentido, O'Hara (1995) propôs modelos voltados para a compreensão do problema de seleção adversa enfrentado pelo formador de mercado (*market maker*), que é responsável por prover liquidez. Em mercados orientados por ordens, o *market maker*, para manter uma carteira eficiente e, para compensar o risco de carregar uma carteira não eficiente, define preços diferentes de compra e venda, gerando, dessa forma, o *spread* (O'Hara, 1995).

Não há um conceito único para a liquidez de mercado na literatura financeira. Amihud e Mendelson (1986) a definem como o custo da imediata execução de uma ordem de compra ou venda. Para esses autores, a liquidez é um aspecto essencial na análise e gestão de investimentos, devendo existir uma associação inversa entre a liquidez de um ativo e o seu retorno. Para Blau et al.

(2018), a liquidez de mercado, geralmente definida como a capacidade de se negociar um título em curto período e a baixo custo, é determinada por múltiplas dimensões. Nessa perspectiva, mas de forma mais abrangente, Black (1971) propõe que um mercado líquido obedece aos seguintes critérios: (i) a existência de preços de compra e venda para investidores que visam negociar uma pequena quantidade do ativo de imediato; (ii) o *spread* deve permanecer pequeno; (iii) a transação de grandes quantidades de um ativo poderá ocorrer no decorrer de um longo período, por preços que não divirjam significativamente do preço corrente de mercado e na escassez de informações especiais; e (iv) as quantidades grandes podem ser negociadas de imediato, no entanto a negociação ocorre mediante a presença de um prêmio ou desconto que varia de acordo com o tamanho do negócio realizado.

Para representar a iliquidez de mercado, Demsetz (1968) propôs o *bid-ask spread*, isto é, diferença entre o maior preço de compra e o menor preço de venda do ativo no mercado. Ao longo do tempo, diversos estudos em microestrutura de mercado, tais como Amihud e Mendelson (1986), utilizaram essa medida para refletir a iliquidez dos títulos. Bernales, Cañón e Verousis (2018) consideram que, mesmo depois de décadas, o *bid-ask spread* continua a ser uma boa *proxy* para a iliquidez. De forma simplificada, o *spread* pode ser explicado por alguns componentes como os custos de processamento de ordens, custos de inventário e assimetria de informação. Nesse sentido, uma das vertentes da microestrutura de mercado consiste na análise do conteúdo informacional carregado pelos preços dos títulos. Como Akerlof (1970) demonstrou, a assimetria informacional aumenta o *spread* das negociações e, por consequência, afeta o retorno dos ativos.

A partir da análise de Fama (1970) quanto ao conjunto informacional refletido nos preços dos ativos, a busca pela compreensão do impacto da assimetria informacional sobre a negociação dos ativos foi impulsionada. Copeland e Galai (1983), ao estudarem a diferença entre o preço de compra e o preço de venda estabelecidos por um *market maker*, consideraram o aspecto informacional entre os participantes de um mercado. Os *market makers* negociam tanto com *traders* que possuem informação privada, quanto com *traders* que não as possuem; e, por não distinguirem esses *traders*, o *spread* representa uma solução para compensar possíveis perdas associadas aos *traders* que possuem mais informações. Ao realizarem ganhos com os *traders* que não possuem informação privada, os *market makers* conseguem se manter solventes.

No modelo proposto por Glosten e Milgrom (1985), os participantes do mercado são classificados em *traders* não-informados e *traders* informados, haja vista a assimetria de informação entre eles. Enquanto os *traders* não-informados não dispõem de qualquer tipo de informação relevante sobre o valor do ativo negociado, os *traders* informados vendem as suas posições no mercado, se têm más notícias; e compram (adquirem posições em ativos), se têm boas notícias sobre o verdadeiro valor dos ativos. Similarmente, no modelo de O'Hara (1995), os *traders* informados buscam fazer suas operações no momento em que suas informações privadas apresentam maior valor. Por essa razão, é possível identificar clusters de transações, isto é, os períodos em que há maior chegada de ordens.

Como a assimetria informacional não é uma variável diretamente observável, para se analisar o seu efeito sobre outras variáveis, como a liquidez,

desenvolveram-se *proxies* para ela nos estudos sobre microestrutura de mercado. Dentre as *proxies* propostas na literatura, identificam-se: (i) a PIN, concebida por Easley et al. (1996); e (ii) a VPIN, proposta por Easley et al. (2011), que consiste em uma versão modificada da PIN. Essas medidas buscam quantificar a probabilidade de existência de *traders* informados em um mercado, ou seja, o nível toxicidade do mercado.

Argumenta-se na literatura que, possivelmente, o impacto da toxicidade do fluxo de ordens – desequilíbrio entre ordens de compra e venda de títulos – sobre a liquidez de mercado gere variações nos preços dos ativos e, por consequência, nos seus retornos (Rzayev & Ibikunle, 2019). Nesse sentido, a seção seguinte, apresenta uma discussão acerca dos principais modelos de determinação da assimetria informacional, a PIN e sua evolução para a VPIN.

## 2.2 Toxicidade dos Fluxos de Ordens

Easley et al. (1996) apresentaram o modelo de Probabilidade de Negócio Informado – *Probability of informed-based trading* (PIN) – para mensurar a toxicidade do fluxo de ordens nos mercados. A PIN destaca-se por ser obtida a partir dos dados de negociação do próprio mercado, sendo, dessa forma, apontada como uma *proxy* direta de assimetria informacional. Essa medida tem sido amplamente utilizada por abordar uma variedade de questões como a informação do tempo decorrido entre as negociações, o fluxo de ordens do mercado eletrônico, os *splits* de ações, o preço dos ativos, entre outros. Todavia, tem-se observado um questionamento frequente sobre a adequação da PIN para refletir a assimetria informacional nas negociações, o que é natural, tendo em vista que a PIN é um modelo que procura representar um fenômeno, e, por esse motivo, não consegue capturar todos os aspectos relacionados a ele (Duarte & Young, 2009; Easley, Hvidkjaer & O'Hara, 2010; Akay, Cyree, Griffiths & Winters, 2012).

Ao estudar a PIN como modelo de estimação da assimetria informacional, Duarte e Young (2009) apontaram que ela se decompõe em dois elementos relacionados à: (i) informações privadas; e (ii) liquidez. Isto é, as transações que não são realizadas por *traders* informados, são transações que buscam liquidez. Para os autores, a PIN faz uso dos desequilíbrios anormais das ordens de compra e venda para a obtenção dos parâmetros e esses desequilíbrios podem ser consequências não de informações privadas, mas de mudanças na demanda por liquidez. Isso mostra que o componente da PIN relacionado à informação assimétrica pode não ser precificado, enquanto o componente da PIN relacionado à falta de liquidez é razoavelmente precificado. As evidências empíricas de Akay et al. (2012) corroboram com os resultados apontados por Duarte e Young (2009), isto é, de que a estimativa da PIN pode expressar tanto mudanças na demanda por liquidez, quanto assimetria informacional presente no mercado.

Boehmer, Grammig e Theissen (2007) ressaltam que, a despeito de a PIN ser largamente empregada em uma ampla gama de aplicações em finanças corporativas e microestrutura de mercado, para estimá-la, precisa-se do número de negociações iniciadas pelo comprador e pelo vendedor. Essa informação, no entanto, não é observável, e sim deduzida a partir do uso de algoritmos de classificação de ordens, que são imprecisos. Assim, Boehmer et al. (2007)

argumentam que a classificação incorreta das ordens pode levar a estimativas incorretas da PIN.

Em estudo sobre o suposto uso de informações privadas em operações atípicas com as ações ordinárias da empresa JBS S.A. no mercado de capitais brasileiro, Pordeus, Girão e Duarte (2018) empregaram a PIN para, entre outros objetivos, identificar se foi possível obter retornos anormais – retornos acima da média do mercado – por meio dos parâmetros obtidos no modelo da PIN adaptado por Lin e Ke (2011). Para isso, analisaram operações de compra e venda de ações ordinárias da JBS S.A. realizadas por *insiders* entre janeiro de 2016 e dezembro de 2018. Os resultados revelaram que não foi possível obter retornos anormais nas operações efetuadas nesse período, com base na PIN e seus parâmetros.

No intuito de corrigir os problemas da PIN, tais como, não levar em consideração o volume de transações e o intervalo de tempo das negociações, Easley et al. (2011) propuseram um novo modelo para estimar a probabilidade de negociações informadas: A *Volume Synchronized Probability of Informed trading* (VPIN). Essa medida é um indicador em tempo real da toxicidade do fluxo de ordens e possui algumas vantagens práticas em relação a metodologia da PIN. Além disso, diferentemente da PIN, a VPIN permite capturar variações de risco de informação assimétrica em nível intradiário, uma vez que seu cálculo é atualizado em *buckets* (lotes) de negociação ao longo do dia (Abad & Yagüe, 2012).

A mudança central da VPIN em relação à PIN foi embasada nos estudos de Lei e Wu (2005) e Easley et al. (2008). Lei e Wu (2005) investigaram as interações entre *traders* informados e não-informados em 40 ações da *The New York Stock Exchange* (NYSE) e apontaram que o fluxo de chegada de ordens de compra e venda são diferentes; além de variarem no tempo. Para esses autores, a probabilidade de negociação informada associada ao tempo, acrescida pela VPIN, seria uma medida melhor de assimetria de informação do que várias outras medidas existentes. Easley et al. (2008), por sua vez, estudaram como a dinâmica de negociação interage com o fluxo de ordens e com a evolução da liquidez do mercado e propuseram um modelo dinâmico de microestrutura de mercado, o qual mostrou que tanto os negócios informados quanto os não-informados são altamente persistentes. A estimativa criada pelos autores foi capaz de gerar taxas diárias de ordens condicionais de negociações informadas e não-informadas, que foram usadas para construir a PIN e prever a liquidez do mercado, medida pelo *bid-ask spread*. Para os autores, o fator de liquidez pode ser importante para a precificação de ativos, uma vez que há uma nova geração de modelos de precificação de ativos que incorporam o efeito da liquidez de mercado como um fator de risco sistemático. Há outras evidências empíricas, tais como, Easley et al. (2002) e O'Hara (2003), que divergem quanto às medidas de liquidez utilizadas, mas concordam com a sua importância na precificação de ativos.

A partir daí, Easley et al. (2011), baseados em dados de transações intradiárias e com o intuito de serem mais efetivos na mensuração do risco no nível intradiário, apresentam formalmente o conceito de VPIN, como uma extensão da PIN. Eles demonstraram como a VPIN sinalizou com sucesso o *Flash Crash* ocorrido de 2010, atingindo seu nível máximo horas antes do evento acontecer. Esse evento caracterizou-se por uma queda rápida, em 6 de maio de 2010, dos principais índices de ações dos Estados Unidos, incluindo o S&P 500, *Dow Jones* e *Nasdaq*, que caíram e se recuperaram parcialmente em menos de uma

hora. Esse dia ficou marcado pela alta volatilidade na negociação de diversos ativos, como ações e contratos futuros e de opções. Embora esses índices de mercado tenham se recuperado parcialmente no mesmo dia, o *Flash Crash* provocou perda de quase US\$ 1 trilhão em valor de mercado das empresas negociadas pelas bolsas norte-americanas (Pontuschka & Perlin, 2015).

Adiante, Easley et al. (2012) introduzem o conceito de mercado tóxico, a fim de representar o risco de seleção adversa pelos *market makers* no contexto de operações de alta frequência (*High Frequency Trading* - HFT), isto é, o risco de os formadores de mercado estarem a negociar com *traders* informados. Para calcular a probabilidade de negociação baseada em informações, Easley et al. (2012) representaram os desequilíbrios de ordens através de uma função monótona das mudanças de preço absoluto, amparado na intensidade de negociações e no desequilíbrio de volume, que consistiu na VPIN. Essa medida foi, então, utilizada para prever a volatilidade do mercado induzida por toxicidade. A ideia central é de que os *market makers* enfrentam a perspectiva de perdas devido à seleção adversa quando os fluxos de ordens se tornam desequilibrados. Essa estimativa de toxicidade é variável no tempo. Se os *market makers* acreditam que a toxicidade do mercado é alta, eles liquidam suas posições e saem do mercado, o que influencia a sua liquidez.

A abordagem da VPIN, além de ser atualizada no tempo e calibrada para ter um volume igual de transações em cada intervalo de tempo, não necessita de estimação de parâmetros não observáveis, superando, nesse sentido, os obstáculos da PIN em mercados de HFT (Easley et al. 2012). A VPIN pode ser calculada pela Equação 1 a seguir.

$$VPIN = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu + 2\varepsilon} = \frac{\alpha\mu}{V} \approx \frac{\sum_{t=1}^n |V_t^S - V_t^B|}{nV} \quad (1)$$

Em que:  $V_t^S$  é o volume de ordens de venda de cada *bucket* (lote de negociação formado por um cinquenta avos do volume de negociação diária);  $V_t^B$  é o volume de ordens de compra de cada *bucket*;  $V$  é o volume de cada *bucket*; e  $n$  é o número de *buckets* utilizados para aproximar o desequilíbrio esperado.

As evidências empíricas sobre a eficiência da VPIN têm se mostrado diversas. Por um lado, Easley et al. (2011) e Bethel, Leinweber, Rübel e Wu (2012) mostraram que a VPIN poderia ter sinalizado o Flash Crash. E Abad e Yagüe (2012), ao estudar o processo de estimação da VPIN por meio de uma amostra de 15 ações do mercado espanhol, concluíram que o modelo é uma forma direta de mensurar o risco de seleção adversa e se ajusta bem ao mercado de HFT. Similarmente, Yildiz, Ness e Ness (2020) encontraram evidências de que variações na VPIN fornecem: (i) informações sobre mudanças na liquidez do mercado de ações norte-americano; e (ii) receitas para os provedores de liquidez e perdas para os demandantes de liquidez por meio de seleção adversa em base *ex-ante*. Segundo esses autores, esses resultados suportam a visão de que a VPIN pode ser um sinal de alerta *ex-ante* para a deterioração da liquidez do mercado de ações. Além da liquidez, Yildiz et al. (2020) argumentam que a VPIN pode ser um indicador eficaz na previsão da volatilidade do mercado. Eles observaram que as variações na VPIN são positivamente relacionadas à volatilidade esperada do

retorno das ações. Assim, concluem que o rastreamento da VPIN pode ser benéfico para os formadores de mercado, reguladores e *traders*, fornecendo-lhes informações sobre a liquidez futura do mercado e a volatilidade do retorno *ex-ante* nos mercados de ações norte-americanos.

Por outro lado, a eficiência da VPIN como um sinalizador de crises de liquidez induzidas pela toxicidade e volatilidade de preços foi questionada por alguns pesquisadores, entre eles, Andersen e Bondarenko (2014) e Abad, Massot e Pascual (2018). Andersen e Bondarenko (2014) afirmaram não ter encontrado evidências do poder preditivo incremental da VPIN para a volatilidade futura. Eles argumentaram ainda que as propriedades da VPIN dependem fortemente da classificação das transações subjacentes pelo algoritmo utilizado e que, mediante outras técnicas de classificação padrão, a VPIN se comporta de modo oposto ao documentado por Easley et al. (2011, 2012). Além disso, esses autores apresentam evidências empíricas que corroboram com a hipótese de que a VPIN é amplamente conduzida, e significativamente distorcida, pelas inovações de volume e volatilidade.

Abad et al. (2018) calcularam a VPIN utilizando dados intradiários de 45 ações que compõem o IBEX 35, principal índice de referência da bolsa espanhola, de 2002 a 2013. Eles concluíram que a VPIN raramente indica uma falta de liquidez anormal, e, muito ocasionalmente, antecipam grandes mudanças no preço intradiário. Foram identificadas, ainda, diferenças significativas na incidência de liquidez e preço entre os períodos tóxicos e não-tóxicos identificados pela VPIN. Dessa forma, esses autores, sugerem que a capacidade da VPIN para antecipar eventos verdadeiramente tóxicos é limitada.

### **2.3 Relacionamento entre Liquidez de Mercado e Toxicidade dos Fluxos de Ordens**

A assimetria informacional, pelo potencial de causar prejuízo aos *traders* não-informados, faz com que esses agentes liquidem suas posições, caso percebam que estão negociando com *traders* informados, reduzindo, dessa maneira, a liquidez de mercado. Alguns estudos, tais como, Easley et al. (2011), Abad e Yagüe (2012), Chen, Chien e Chang (2012) e Agudelo, Giraldo e Villarraga (2015), buscaram compreender essa relação entre a assimetria informacional e a liquidez dos mercados.

Easley et al. (2011) argumentam que, em mercados de alta frequência, a toxicidade dos fluxos de ordens pode levar os *market makers* a deixarem o mercado, ocasionando eventos de iliquidez para os *traders*. Abad e Yagüe (2012) corroboram esse argumento ao pontarem que a toxicidade enfatiza a perda esperada de um *market maker* ao estar em um mesmo ambiente de um *trader* informado, isto é, na probabilidade dos *market makers* serem alvos de seleção adversa.

Para Agudelo et al. (2015), os modelos de microestrutura de mercado implicam que a negociação informada reduz a liquidez e move os preços na direção da informação. Esses autores usaram a PIN dinâmica de Easley et al. (2008) para testar essa implicação nos seis maiores mercados de ações da América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México e Peru. A PIN dinâmica

de Easley et al. (2008) leva em conta que as taxas de ordens são variáveis e previsíveis no tempo e considera que as ordens, tanto as informadas quanto as não-informadas, não são constantes ao longo do tempo; elas seguem uma dinâmica autorregressiva e correlacionada. Agudelo et al. (2015) chegaram a resultados que sugerem que, além dos efeitos sobre a liquidez, a PIN dinâmica está relacionada aos retornos dos ativos. Os resultados desses autores contribuem para a discussão sobre a acurácia da PIN como medida de negociação informada e para uma melhor compreensão da formação de preços nos mercados emergentes.

Ao estudarem o mercado cambial, Chen et al. (2012) argumentaram que o modelo usual de fluxo de ordens precisa ser reformulado em termos mais amplos para incorporar os custos de transação que estão associados à falta de liquidez. Por meio de um conjunto de dados diários de fluxos de ordens, esses autores mediram a liquidez do mercado cambial e concluíram que os fluxos de ordens influenciam os retornos da taxa de câmbio de moedas com alta densidade de negociação, no entanto são inadequados quando se trata de explicar as mudanças nas moedas de baixo volume de negociação. Ainda segundo esses autores, para moedas com grandes volumes de negociação, tanto os fluxos de ordens quanto os *spreads* afetam significativamente os retornos da taxa de câmbio.

No que concerne à relação assimetria informacional-liquidez, Siqueira et al. (2017) adotaram o argumento de que o provimento de liquidez pelos *market makers* se dá de forma complexa, uma vez que os *traders* podem possuir informações a respeito de um ativo, que não estão disponíveis aos *market makers*. Nos mercados de alta frequência, os *market makers* buscam obter pequenos ganhos que se expandem em transações com grandes quantidades de ordens e seus ganhos dependem exclusivamente do controle do risco de ser alvo de seleção adversa. A probabilidade de ganho desses *market makers* ao transacionarem grandes quantidades de ativos aumenta quando há equilíbrio entre os fluxos de ordens. Quando não existe esse equilíbrio, há chances de os *market makers* serem alvos de seleção adversa e, conseqüentemente, devido à alta toxicidade, eles liquidam suas posições, diminuindo a liquidez do mercado (Siqueira et al., 2017).

Easley et al. (2011) trataram da relação toxicidade-liquidez ao estudarem o *Flash Crash* de 2010 e sugeriram que esse evento foi ocasionado por uma crise de liquidez, devido principalmente às características estruturais do mercado de HFT. Esses autores testaram empiricamente o modelo VPIN a partir de contratos futuros de *E-mini S&P 500* de janeiro de 2008 a outubro de 2010, destacando os dias em torno do *Flash Crash*. Os resultados mostraram que a VPIN indicou problemas de liquidez algumas horas antes da queda do índice *Dow Jones Industrial Average*, chegando em seu maior valor do período analisado minutos antes da queda brusca do índice.

Ao analisarem apenas o dia do *Flash Crash*, Easley et al. (2011) observaram que a VPIN obteve valor máximo no momento da queda do índice, mantendo-se alta até o final do dia e diminuindo à medida que o índice voltava ao patamar inicial anterior à queda. Para esses autores, nos mercados de HFT, as negociações são geridas por algoritmos que emitem ordens de compra e venda e, por isso, as firmas de HFT são as grandes provedoras de liquidez nesses mercados. À medida que a toxicidade do fluxo de ordens aumenta, esses *market makers*, ao

perceberem que se encontram diante de possíveis perdas, reduzirem ou liquidam suas posições, gerando queda de liquidez e repercussões sérias para os *traders* envolvidos, como ocorreu no *Flash Crash*.

Procurando explicar melhor a relação toxicidade-liquidez, Easley et al. (2012) estimaram a VPIN para os contratos futuros da *E-mini S&P 500* negociados de 1º de janeiro de 2008 a 15 de agosto de 2011, a partir de dados intradiários com intervalos de 1 minuto. Eles demonstraram que a VPIN tem poder de previsão significativo sobre a volatilidade induzida pela toxicidade, o que a torna uma ferramenta de gerenciamento de risco para os mercados de HFT.

Yildiz et al. (2020) também estudaram a relação toxicidade-liquidez por meio de uma amostra de ações que compunham o índice *S&P 500* em 2015. Para isso, utilizaram a VPIN como *proxy* para a toxicidade e o *spread*, para a liquidez de mercado. Como resultado, esses autores verificaram que a VPIN fornece informações sobre a liquidez de mercado e a volatilidade do retorno das ações; e indica problemas de seleção adversa, o que mostra que a VPIN pode ser uma ferramenta útil de gerenciamento de risco para os *market makers* nos mercados acionários norte-americanos.

No mercado acionário brasileiro, Martins e Paulo (2016) observaram uma relação positiva da PIN com risco, custo de capital próprio, liquidez, retorno anormal, volatilidade e tamanho da empresa. Ainda, encontram associação negativa da PIN com os níveis de governança corporativa da B3 e com a emissão de *American Depositary Receipts* (ADRs). Por outro lado, os resultados inesperados ficaram por conta da liquidez de mercado e do tamanho da firma. Segundo esses autores, esperava-se que empresas mais líquidas e maiores, que são menos expostas ao risco de informação, apresentassem relacionamento inverso com essas variáveis. Porém, como argumentam, devido às características do mercado brasileiro, em que há elevada taxa de emissão de ações preferenciais – em geral, mais líquidas e pertencentes às empresas maiores –, foram observadas relações positivas dessas *proxies* com a PIN.

No mercado brasileiro de derivativos, Ribeiro et al. (2020), que estudaram o efeito do risco de assimetria informacional sobre a liquidez de contratos futuros de *commodities* agrícolas negociados pela B3, revelaram uma correlação fraca entre a assimetria informacional (VPIN) e a liquidez de mercado (*bid-ask spread*). Evidenciaram ainda uma relação positiva entre a assimetria informacional e a liquidez de mercado, divergindo, assim, do observado por Martins e Paulo (2016) para o mercado de ações.

À vista de tudo isso, verifica-se que há um campo amplo para a discussão sobre a eficiência da VPIN na medição da toxicidade dos fluxos de ordens e, por conseguinte, para a análise do impacto dessa medida sobre outras variáveis, como a liquidez de mercado, o que justifica a realização de estudos com o intuito de testar a sua eficiência.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Amostra e Dados

A população objeto deste estudo foi composta pelos fluxos de ordens de compra e venda dos contratos futuros de DI e de Dólar Comercial negociados

pela B3. A amostra foi constituída pelas negociações dessas ordens no período de 01 de setembro de 2018 a 31 de agosto de 2019, com dados intradiários. O período escolhido se deu em função dos dados disponibilizados pelo portal *Market Data* da B3, no qual foram coletados, uma vez que a B3 limitava a quantidade de dados disponibilizados em seu sítio eletrônico, excluindo os mais antigos, à medida que publicava os mais recentes. O tratamento dos dados e o cálculo das variáveis foram realizados por meio de programação em *python*. O modelo econométrico e os testes de diagnóstico foram estimados via *software STATA*.

### 3.2 Variáveis Analisadas

Como *proxy* para liquidez de mercado, variável dependente no modelo, foi utilizado o *bid-ask spread*, representado pela Equação 2.

$$Spread_{\tau} = ask_{\tau} - bid_{\tau} \quad (2)$$

Em que:  $Spread_{\tau}$  é a diferença entre a menor oferta de venda e a maior oferta de compra dentro de cada *bucket* de negociação  $\tau$ ;  $ask_{\tau}$  é a menor oferta de venda no *bucket*  $\tau$ ; e  $bid_{\tau}$  é a maior oferta de compra no *bucket*  $\tau$ . Nesse sentido, quanto maior for o *spread* entre o *bid* e o *ask* de um título, menor a sua liquidez. O cálculo do *bid-ask spread* foi obtido por meio de programação em *python*, a partir dos dados disponíveis nos arquivos do *Market Data* da B3. Nesses arquivos destacam-se o lado agressor da ordem, em compra ou venda. A escolha do *bid-ask spread* como *proxy* para a liquidez foi inspirada em Easley et al. (2008), Akay et al. (2012), Easley et al. (2012), Siqueira et al. (2017), entre outros.

Como *proxy* para a toxicidade, variável independente, foi utilizada a VPIN, de Easley et al. (2012), representada pela Equação 3. De acordo com esses autores, espera-se que a velocidade de atualização da VPIN simule a velocidade de chegada das informações ao mercado.

$$VPIN = \frac{\sum_{\tau=1}^n |V_{\tau}^S - V_{\tau}^B|}{nV} \quad (3)$$

Em que:  $V_{\tau}^S$  é o volume de ordens de venda de cada *bucket*;  $V_{\tau}^B$  é o volume de ordens de compra de cada *bucket*;  $V$  é o volume de cada *bucket*; e  $n$  é o número de *buckets* utilizados para aproximar o desequilíbrio esperado. A estimação da VPIN depende da determinação das variáveis  $V$  e  $n$ . Para se calcular a VPIN de um dia, têm-se  $V$  como sendo um cinquenta avos do volume de negociação diária (*bucket*) e  $n$  como sendo 50. Para se calcular a VPIN semanal, por exemplo, a variável  $n$  passaria a ser 250.

Conforme demonstra a equação 3, para a mensuração da VPIN, é necessário identificar a correta classificação das transações. A identificação do lado agressor da ordem disponibilizada no *Market Data* da B3 dispensa a utilização de um algoritmo de classificação. Por isso, diferentemente de Easley et

al. (2012), que optaram pela utilização do *tick-rule* (TR), neste trabalho, utilizou-se a classificação real fornecida pela B3.

Como variáveis de controle, utilizaram-se as variáveis volume (VOL), número de negócios (NEG) e volatilidade do preço (VLA).

Todas as variáveis, inclusive o *bid-ask spread*, foram calculadas por *bucket* de negociação, os mesmos utilizados na obtenção da VPIN, o que garantiu que o número de observações fosse igual para todas as variáveis. O volume de negociação e o número de negócios também são disponibilizados no *Market Data* da B3. A volatilidade foi calculada pela diferença entre o preço mais alto e o preço mais baixo, dividido pela média dos preços, procedimento utilizado também por Yoon et al. (2011). Na Tabela 1, apresentam-se as variáveis dependente, independentes e de controle, assim como suas definições/fórmulas de cálculo e a fundamentação teórico-empírica.

**Tabela 1**

Variáveis analisadas

Variáveis	Definição/Cálculo	Suporte Teórico
<i>Spread</i>	$ask_{\tau} - bid_{\tau}$	Demsetz (1968); Easley et al. (2008); Agudelo et al (2015); Siqueira et al. (2017); Yildiz et al. (2020).
<i>VPIN</i>	$\frac{\sum_{\tau=1}^n  V_{\tau}^S - V_{\tau}^B }{nV}$	Easley et al. (2008); Akay et al. (2012); Easley et al. (2012); Siqueira et al. (2017); Yildiz et al. (2020).
<i>VOL</i>	Volume Negociado	Ding (1999); Yoon et al. (2011); Ribeiro et al. (2020).
<i>NEG</i>	Número de Negócios	
<i>VLA</i>	Volatilidade do Preço	

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.3 Modelo Estimado

Para analisar o impacto da VPIN sobre a liquidez de mercado, foi utilizado o modelo de Regressão Linear Múltipla (RLM), estimado por meio do método de mínimos quadrados ordinários (MQO). Estimou-se separadamente um modelo para cada tipo de contrato futuro (DI e Dólar Comercial), o qual está representado pela Equação 4.

$$|Spread|_i = \beta_0 + \beta_1 VPIN_i + \beta_2 NEG_i + \beta_3 VOL_i + \beta_4 VLA_i + e_i \quad (4)$$

Em que:  $\beta_0$  é o parâmetro de intercepto;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  e  $\beta_4$  são os coeficientes associados a cada uma das variáveis explicativas do modelo; e  $e_i$  é o erro aleatório. O motivo da escolha do valor absoluto do *bid-ask spread* se deve à necessidade de se medir a distância do resultado em relação a zero, e assim ter a dimensão da liquidez.

Para a correta estimação dos modelos, faz-se necessária a realização de testes de diagnóstico, a fim de verificar se o modelo atende aos pressupostos subjacentes a ele (Wooldridge, 2010). Nesse sentido, foram realizados testes de normalidade dos resíduos, homocedasticidade, autocorrelação e multicolinearidade.

Um passo importante a ser realizado quando se pretende estimar um modelo de RLM com dados de séries temporais é verificar se os dados seguem

um processo estocástico, isto é, se as variáveis são aleatórias e não sofrem influência temporal. Não levar em conta a possível tendência temporal que uma série de dados pode conter compromete a estimação do modelo, levando à conclusões errôneas de que a mudança na variável dependente se deva à mudança na variável independente, quando na verdade, a causa é a tendência temporal. Assim, faz-se necessário verificar se a série é, ou não, estacionária. Para verificar a estacionariedade, utilizam-se de testes de raiz unitária. Quando uma determinada série possui raiz unitária, esta apresenta tendência ao longo do tempo, sendo classificada, dessa forma, como não estacionária, o que requer a correção do modelo. Nesse sentido, utilizaram-se dois testes de raiz unitária presentes na literatura: (i) teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF); e (ii) teste de Phillips-Perron (PP). Caso os resultados apontados por esses testes não sejam unânimes, um terceiro teste pode ser realizado (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin – KPSS).

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Estatísticas Descritivas

Na Tabela 2, apresentam-se as estatísticas descritivas de *bid-ask spread* (iliquidez) do DI Futuro e do Dólar Comercial Futuro. Para o DI Futuro, a média foi 0,02, o desvio padrão 0,88, o valor mínimo -6,09 e o valor máximo 6,35. Conforme o esperado, esses valores evidenciam uma alta liquidez no mercado futuro de DI. O coeficiente de variação encontrado foi de 44,0%, demonstrando que os valores de *bid-ask spread* da amostra têm uma dispersão estável em torno da média aritmética. Para o Dólar Comercial Futuro, a média foi 0,12, o desvio padrão 8,73, o mínimo -86,50 e o máximo 142. Esses valores evidenciam uma alta liquidez no mercado futuro de Dólar Comercial. No entanto, mostra-se menos líquido que o mercado de DI Futuro. Esse resultado era esperado, uma vez que o DI Futuro é o derivativo mais negociado da B3. Já o coeficiente de variação encontrado foi de 72,75%, demonstrando que os valores de *bid-ask spread* da amostra têm uma dispersão, em torno da média, maior que os valores encontrados para o DI Futuro.

Esses resultados (DI Futuro e Dólar Comercial Futuro) são menores que os valores documentados por estudos que utilizaram o *bid-ask spread* para mensurar a iliquidez de contratos futuros negociados pela B3. Marquezin (2013), que estudou o custo de liquidez dos contratos de soja negociados pela B3 no período de setembro de 2010 a fevereiro de 2013, encontrou um *bid-ask spread* médio de 2,2. Já Tonin, Costa Junior e Martines Filho (2017), que estimaram, por meio do *bid-ask spread*, o custo de liquidez dos contratos futuros de milho da B3 entre setembro de 2015 e agosto de 2016, encontraram um valor médio de 0,1599. Conforme esperado, os resultados mostram que os mercados de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro são mais líquidos do que o mercado futuro de soja e de milho, *commodities* menos negociadas do que o DI Futuro e o Dólar Comercial Futuro.

**Tabela 2**

Estatísticas descritivas do *bid-ask spread* para o DI Futuro e o Dólar Comercial Futuro

Contrato	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV
DI Futuro	-6,09	6,35	0,02	0,88	44,0%

Dólar Comercial Futuro	-86,50	142,00	0,12	8,73	72,75%
------------------------	--------	--------	------	------	--------

Fonte: Elaborada pelos autores.

A VPIN de Easley et al. (2012) foi utilizada como *proxy* para a toxicidade dos fluxos de ordens dos contratos futuros de DI e Dólar Comercial negociados na B3. Para calcular a VPIN, utilizaram-se 50 *buckets* diários, que representam um cinquenta avos do volume diário negociado, isto é, em cada dia de negociação, dividiu-se o volume de negociação diária por cinquenta, resultando em 12.150 observações. A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas da VPIN para as negociações dos mercados de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro. Para o DI Futuro, obteve-se uma média de 0,42, desvio padrão de 0,31, mínimo de 0 e máximo de 1. O coeficiente de variação foi de 73,81%, demonstrando que os valores de VPIN da amostra têm uma alta dispersão em torno da média aritmética. Easley et al. (2011) encontraram uma VPIN para o índice *E-mini* do S&P500, no período de janeiro de 2008 a outubro de 2010, abaixo de 0,44 em 80% dos *buckets*, ou seja, valores ligeiramente menores se comparados aos encontrados nesta pesquisa para as negociações de DI Futuro. Para o Dólar Comercial futuro, a média da VPIN foi de 0,24, desvio padrão de 0,22 e valores mínimo e máximo de 0 e 1, respectivamente. O coeficiente de variação foi de 91,67%, demonstrando que os valores de VPIN da amostra têm uma alta dispersão em torno da média aritmética.

**Tabela 3**

Estatísticas descritivas da VPIN para o DI Futuro e o Dólar Comercial Futuro

Contrato	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV
DI Futuro	0	1	0,42	0,31	73,81%
Dólar Comercial Futuro	0	1	0,24	0,22	91,67%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados da VPIN para as negociações de contratos futuros de Dólar Comercial aqui relatados são levemente superiores aos observados por Easley et al. (2012). Esses autores utilizaram dados dos contratos futuros do índice *E-mini* do S&P500 de 01 de janeiro de 2008 a 15 de agosto de 2011 e encontraram uma VPIN média de 0,2251. Ao comparar esses valores, tem-se indícios de que o risco de assimetria informacional no mercado futuro brasileiro de DI e de Dólar Comercial se assemelha ao do mercado futuro norte-americano.

Barbosa (2014) também estudou a toxicidade dos contratos de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro da B3 no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. A VPIN foi calculada por meio dos algoritmos de classificação *bulk volume classification* (BVC) e TR. Os valores médios do DI Futuro foram, respectivamente, de 0,2686 e 0,2144. Os valores médios do Dólar Comercial Futuro, calculados por meio do BVC e TR, foram respectivamente de 0,2451 e 0,3127. Os valores registrados por Barbosa (2014) diferem dos encontrados neste trabalho. No entanto, esse autor não seguiu estritamente o procedimento de Easley et al. (2012), uma vez que não utilizou o volume diário negociado, mas uma média móvel de dez dias de negociação. Além disso, chama atenção nesse estudo o

fato de os valores da VPIN serem diferentes conforme o algoritmo de classificação utilizado. Cabe então ressaltar a crítica de Andersen e Bondarenko (2014) de que a eficácia da VPIN está condicionada ao desempenho dos algoritmos de classificação das ordens.

## 4.2 Resultados dos Testes de Diagnóstico e Raiz Unitária

Antes de apresentar os resultados dos modelos estimados, nesta subseção, exibem-se as estatísticas dos testes de diagnóstico e de raiz unitária. Para que se possa realizar inferências sobre os coeficientes estimados, deve-se realizar os testes das hipóteses subjacentes ao modelo clássico de regressão linear múltipla. Nesse sentido, são apresentados na Tabela 4 as estatísticas e os p-valores dos testes de normalidade, homoscedasticidade, autocorrelação e multicolinearidade.

No intuito de testar a normalidade dos resíduos, foi utilizado o teste de Jarque-Bera, que possui como hipótese nula, a distribuição normal da variável. Com base nos valores das estatísticas de teste, 17.660,8 e 9.664,69 para os mercados futuros de DI e Dólar Comercial, respectivamente, ambas estatisticamente significativas ( $p$ -valor = 0), rejeitou-se a hipótese nula, sugerindo que a variável não segue uma distribuição normal. Apesar da importância do teste de normalidade, Wooldridge (2010) ressalta que, se o tamanho da amostra for suficientemente grande, pelo teorema do limite central, os resíduos tendem a uma distribuição normal. Com isso, a estimação dos modelos não é invalidada.

A fim de se verificar se os resíduos dos modelos testados são homocedásticos, foi realizado o teste de Breusch-Pagan, que testa a hipótese nula de variância homoscedástica dos resíduos. Os  $p$ -valores para os modelos de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro foram de zero, ou seja, o teste revelou heteroscedasticidade em ambos os modelos. Para identificar a autocorrelação, realizou-se o teste de Breusch-Godfrey, que tem como hipótese nula a ausência de autocorrelação nos modelos. A partir dos  $p$ -valores obtidos (zero para ambos os modelos), rejeitou-se a hipótese nula, evidenciando que os dois modelos, DI Futuro e Dólar Comercial Futuro, apresentam problemas de autocorrelação.

Por fim, são apresentados os valores do fator de inflação da variância (FIV) para as variáveis explicativas do estudo. Conforme aponta Greene (2002), apesar de ser uma escolha arbitrária, assume-se que valores superiores a 20 para o FIV indicam problemas de colinearidade. Com isso, não há indícios de problemas com colinearidade entre as variáveis analisadas.

Identificados os problemas de heteroscedasticidade e autocorrelação nos dados, que representam a quebra de pressupostos do modelo de regressão, foi preciso utilizar a correção Newey e West (1987), que permite que os erros padrão dos coeficientes do modelo econométrico sejam corrigidos tanto para heteroscedasticidade quanto para autocorrelação (Gujarati & Porter, 2011).

**Tabela 4**

Testes das hipóteses subjacentes ao modelo de regressão linear

	Teste	DI Futuro	Dólar Comercial Futuro
Jarque-Bera	<i>Qui-quadrado</i>	17660,8	9.664,69
	<i>p-valor</i>	0,0	0,0

Breusch-Pagan	LM	20686,1	28.706,3
	p-valor	0,0	0,0
Breusch-Godfrey	LM	1473,37	10,1215
	p-valor	0,0	0,0
FIV	VPIN	1,10	1,01
	NEG	13,87	8,36
	VOL	13,98	8,50
	VLA	1,03	1,01

Fonte: Elaborada pelos autores.

Outro aspecto importante para a devida estimação dos modelos foi a aplicação dos testes de raiz unitária. Quando é identificado que uma série possui raiz unitária, esta é classificada como não estacionária, o que exige transformação das variáveis para torná-la estacionária. Nesse sentido, realizaram-se, como um primeiro passo, os testes ADF e PP. Esses testes têm como hipótese nula a presença de raiz unitária, e se diferem no modo como é controlada a correlação serial ao verificar a existência de raiz unitária. O teste ADF incorpora, de maneira linear, os desvios defasados da própria variável na equação de teste, enquanto o teste PP utiliza um método não linear (Gujarati & Porter, 2011).

A Tabela 5 apresenta os p-valores dos testes ADF e PP para as séries de *bid-ask spread* do DI Futuro e do Dólar Comercial Futuro. A partir dos p-valores apresentados nessa tabela, rejeitou-se a hipótese nula de presença de raiz unitária, isto é, as séries de *bid-ask spread* do DI Futuro e do Dólar Comercial Futuro são estacionárias.

**Tabela 5**  
Testes de raiz unitária

Teste		DI Futuro	Dólar Comercial Futuro
ADF	p-valor	0,0	0,0
PP	p-valor	0,0	0,0

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com isso, os parâmetros dos modelos estimados foram obtidos pelo método de MQO. Na próxima seção, discutem-se os resultados das estimativas dos modelos construídos para o DI Futuro e o Dólar Comercial Futuro.

### 4.3 Relacionamento entre a Toxicidade dos Fluxos de Ordens e a Liquidez de Mercado

Na Tabela 6 são apresentados os coeficientes estimados para o modelo de DI Futuro e seu respectivo nível de significância. A VPIN mostrou-se positiva e estatisticamente significativa. Observa-se que, para uma variação de uma unidade na VPIN, a variação no *bid-ask spread* é de 0,10. Os parâmetros de todas as variáveis de controle também se mostraram estatisticamente significativos (p-valor = 0,0). Com relação ao coeficiente de determinação do modelo, observa-se que as variáveis independentes consideradas são capazes de explicar cerca de 44% da variação total do *bid-ask spread*. Esse resultado indica que, além das variáveis analisadas, há outros fatores que influenciam o *bid-ask spread* no mercado de DI Futuro.

**Tabela 6**

Estimativas do modelo econométrico para as negociações de DI Futuro

Spread	Coef.	Std. Err.	t	P> t
Constante	0,16	0,01	10,76	0,0
VPIN	0,10	0,02	5,34	0,0
NEG	-0,000002	0,000001	-15,95	0,0
VOL	0,000003	0,0000002	15,29	0,0
VLA	1,08	0,05	20,11	0,0
Prob > F = 0,0			R-Squared = 0,44	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados do modelo estimado para o Dólar Comercial Futuro são exibidos na Tabela 7. A VPIN revelou-se positiva e estatisticamente significativa. Para uma variação de uma unidade na VPIN, a variação no *bid-ask spread* é de 0,76. Dessa forma, o risco de assimetria informacional no mercado de Dólar Comercial Futuro exerce uma influência maior sobre o *bid-ask spread* do que no mercado de DI Futuro. Todos os parâmetros das variáveis de controle desse modelo mostraram-se estatisticamente significativos. O coeficiente de determinação mostra que a capacidade de explicação do modelo é de 35% (R-Quadrado=0,35), ou seja, menor que o modelo de DI Futuro.

Assim como no modelo de DI Futuro, no de Dólar Comercial Futuro, o coeficiente para o VOL e para a VLA apresentaram relação positiva com o *bid-ask spread*, enquanto o coeficiente para o NEG apresentou coeficiente negativo. Esse resultado é condizente com o proposto na literatura, mais especificamente em Ding (1999) e Yoon et al. (2011). Em ambos os modelos, DI Futuro e Dólar Comercial Futuro, a relação entre a VPIN e o *bid-ask spread* é positiva, indo ao encontro de estudos anteriores e mostrando que o risco de assimetria informacional reduz a liquidez de mercado nas negociações desses contratos.

**Tabela 7**

Estimativas do modelo econométrico para as negociações de Dólar Comercial Futuro

Spread	Coef.	Std. Err.	t	P> t
Constante	1,41	0,39	3,23	0,0
VPIN	0,76	0,24	3,17	0,0
NEG	-0,0004	0,0003	3,15	0,05
VOL	0,0000002	6,21e-08	10,99	0,0
VLA	0,07	0,006	3,66	0,0
Prob > F = 0,0			R-Squared = 0,35	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Apresentados os resultados, buscaram-se cotejá-los com a teoria e as evidências empíricas concernentes à relação entre toxicidade do fluxo de ordens e liquidez de mercado. Em um desses estudos, Bethel et al. (2012) afirmam que a VPIN teria sido eficiente em prever evidências do *Flash Crash*, resultado corroborado por Easley et al. (2011, 2012).

No mercado acionário brasileiro, Siqueira et al. (2017) demonstraram um alto nível de toxicidade nos fluxos de ordens das ações. Adicionando a VPIN aos modelos de três e cinco fatores de Fama e French (1993, 2015) e de quatro fatores

de Carhart (1997), esses autores sugeriram que a assimetria informacional é precificada no mercado acionário brasileiro. No mercado norte-americano, Yildiz et al. (2020), analisando a relação toxicidade-liquidez nas ações que compõem o índice S&P500, verificaram que a VPIN tem impacto negativo sobre a liquidez de mercado, sendo capaz de indicar problemas de seleção adversa.

Agudelo et al. (2015), que testaram a hipótese de relação positiva entre assimetria informacional (PIN dinâmica) e iliquidez (*bid-ask spread*) em mercados latino-americanos – incluindo o Brasil –, encontraram evidências de que a negociação informada faz com que os preços se movam na direção da informação e, simultaneamente, reduza a liquidez, conforme previsto pela literatura de microestrutura de mercado.

Por um lado, os resultados deste trabalho não corroboram o sentido dos relacionamentos entre liquidez e assimetria informacional documentados pelos autores supracitados. Apesar de os modelos estimados para as negociações de futuros de DI e de Dólar Comercial terem poder de explicação diferentes (44% e 35%, respectivamente), ambos se mostraram altamente significantes e com poder explicativo superior ao documentado por Ding (1999) e Yildiz et al. (2020), que encontraram coeficiente de determinação de 32,96% e 19,55%, respectivamente. Ao contrário de Agudelo et al. (2015) e Yildiz et al. (2020), nos dois modelos estimados na presente análise, para DI Futuro e Dólar Comercial Futuro, a relação entre a assimetria informacional (VPIN) e a iliquidez (*bid-ask spread*) mostrou-se positiva. Ou seja, observou-se uma relação inversa entre assimetria informacional e liquidez para esses mercados, resultado observado também por Martins e Paulo (2016) para o mercado acionário.

Por outro lado, os resultados aqui documentados diferem dos observados em outros estudos, por exemplo, Ribeiro et al. (2020), que analisaram o mercado futuro de *commodities* agrícolas. Esses autores observaram uma relação direta entre a assimetria informacional e a iliquidez de mercado. No entanto, a correlação entre a VPIN e o *bid-ask spread* observada por Ribeiro et al. (2020) mostrou-se fraca (0,02), bem abaixo do valor de 0,4 encontrado por Easley et al. (2012).

Alguns estudos, como, por exemplo, Abad et al. (2018), apontaram limitações da VPIN em refletir a toxicidade dos fluxos de ordens e se propuseram a testar se a VPIN é um sinalizador eficiente de crises de liquidez induzidas pela toxicidade e volatilidade de preços. Eles concluíram que a VPIN raramente indica falta de liquidez anormal. Para esses autores, a capacidade da VPIN para antecipar eventos verdadeiramente tóxicos é limitada.

Nesta análise, os modelos que associam a VPIN ao *bid-ask spread* apresentaram um poder explicativo moderado, além de mostrar que os valores de VPIN encontrados para os contratos futuros analisados são similares aos registrados em outros estudos, tais como Easley et al. (2011, 2012) e Siqueira et al. (2017). Dessa forma, documentou-se neste trabalho que a VPIN é um dos fatores que impactam a liquidez nos mercados de DI Futuro e Dólar Comercial Futuro.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo proporcionou evidências empíricas de que a assimetria informacional é um importante fator na determinação da liquidez de títulos

negociados no mercado de capitais brasileiro. Revela, assim, que aspectos associados à microestrutura dos mercados podem contribuir para a precificação de ativos negociados nesse mercado. Mais especificamente, o objetivo deste artigo consistiu em analisar o impacto da toxicidade dos fluxos de ordens dos contratos futuros de DI e de Dólar Comercial negociados na B3 sobre a liquidez de mercado desses ativos.

Para analisar esse relacionamento, o estudo empírico compreendeu, em uma primeira etapa, o cálculo da toxicidade do fluxo de ordens de compra e venda dos contratos de DI Futuro e de Dólar Comercial Futuro negociados na B3 no período de 01 de setembro de 2018 a 31 de agosto de 2019. A VPIN de Easley et al. (2012) foi a métrica escolhida para mensurar a toxicidade do fluxo de ordens nesses mercados. As demais variáveis utilizadas foram coletadas diretamente no arquivo Market Data da B3. Na segunda etapa, conduziram-se testes de diagnóstico das hipóteses subjacentes aos modelos de regressão linear, bem como testes de raiz unitária, o que revelou a necessidade de se utilizar estimadores com correção para heteroscedasticidade e autocorrelação dos dados. Por fim, foram estimadas, separadamente, as regressões do *bid-ask spread* sobre a VPIN para os ativos DI Futuro e Dólar Comercial Futuro. Além da VPIN, assim como em Ding (1999) e Yoon et al. (2011), incluíram-se as variáveis de controle VOL, NEG e VLA nas especificações.

A análise consistiu, inicialmente, na apresentação das estatísticas descritivas do *bid-ask spread* (*proxy* da iliquidez de mercado) e da VPIN (*proxy* da toxicidade de fluxo de ordens). Essas estatísticas revelaram, conforme o esperado, a alta liquidez dos mercados futuros de DI e Dólar Comercial. Os contratos futuros de DI se mostraram mais líquidos do que os de Dólar Comercial. Similarmente, as estatísticas sumárias para a VPIN revelaram-se similares aos valores encontrados por outros estudos sobre a toxicidade, tanto para o mercado de DI Futuro, quanto para o mercado de Dólar Comercial Futuro.

Na sequência, a estimativa do relacionamento entre a VPIN e o *bid-ask spread* revelou-se positiva e significativa estatisticamente para o DI Futuro e o Dólar Comercial Futuro. Os resultados sugeriram, portanto, que a assimetria de informações é um dos fatores que impactam a liquidez de mercado dos ativos da B3 aqui analisados, embora o sentido da associação tenha sido contrário ao esperado. Esse resultado enseja uma reflexão sobre o significado das métricas de liquidez e assimetria utilizadas. Poder-se-ia, por exemplo, conjecturar que o *bid-ask spread* esteja a refletir na verdade o risco dos ativos. E, nesse caso, o relacionamento aqui registrado estaria condizente com os modelos de microestrutura de mercado. Ou, como questionam Duarte e Young (2009), seria a PIN precificada por causa de desequilíbrios de ordens ou de outros efeitos de liquidez que não estão relacionados à assimetria de informação.

A partir dos resultados aqui documentados, conclui-se que o desequilíbrio de ordens de compra e venda tem potencial para sinalizar crises de liquidez nos mercados futuros analisados e, por consequência, que o rastreamento da VPIN é um fator relevante para as decisões de investimento dos atores do mercado financeiro, assim como para reguladores do mercado. A VPIN pode, por exemplo, auxiliar os reguladores e participantes do mercado no entendimento da volatilidade dos preços. O uso frequente de medidas sinalizadoras de crises de liquidez, como a VPIN, pode contribuir, dessa forma, para a estabilidade dos mercados financeiros.

A contribuição deste estudo consistiu especialmente em identificar a relação entre a assimetria informacional e a liquidez de mercado, que precisa ser melhor compreendida, por ser um dos fatores que podem impactar o retorno dos ativos. Entretanto, reconhece-se a sua limitação por restringir a análise a uma amostra de apenas dois tipos de contratos negociados no mercado futuro. Além disso, tendo em vista que o poder explicativo dos modelos aqui estimados não se mostrou elevado para nenhum dos ativos, tem-se indícios de que outros fatores, tais como aspectos conjunturais (macroeconômicos) ou características de microestrutura dos mercados analisados, sejam também determinantes da liquidez de mercado. Sugere-se, assim, que, em pesquisas futuras, sejam considerados outros produtos derivativos para analisar a relação assimetria informacional-liquidez, como por exemplo os contratos futuros que se baseiam no Índice Ibovespa, além de buscar identificar aspectos de natureza macroeconômica ou de microestrutura de mercado que possam melhorar o poder explicativo dos modelos.

## REFERÊNCIAS

- Abad, D., & Yagüe, J. (2012). From PIN to VPIN: An introduction to order flow toxicity. *The Spanish Review of Financial Economics*, 10(2), 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.srfe.2012.10.002>
- Abad, D., Massot, M., & Pascual, R. (2018). Evaluating VPIN as a trigger for single-stock circuit breakers. *Journal of Banking & Finance*, 86, 21-36. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.08.009>
- Agudelo, D. A., Giraldo, S., & Villarraga, E. (2015). Does PIN measure information? Informed trading effects on returns and liquidity in six emerging markets. *International Review of Economics & Finance*, 39, 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2015.04.002>
- Akay, O. O., Cyree, K. B., Griffiths, M. D., & Winters, D. B. (2012). What does PIN identify? Evidence from the T-bill market. *Journal of Financial Markets*, 15(1), 29-46. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2011.08.005>
- Akerlof, G. A. (1970). The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488-500. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-214850-7.50022-X>
- Amihud, Y., & Mendelson, H. (1986). Asset pricing and the bid-ask spread. *Journal of Financial Economics*, 17(2), 223-249. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(86\)90065-6](https://doi.org/10.1016/0304-405X(86)90065-6)
- Andersen, T. G., & Bondarenko, O. (2014). VPIN and the flash crash. *Journal of Financial Markets*, 17(1), 1-46. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2013.05.005>
- Andrade, R. D. G. O. (2015). *Relevância das diferenças entre contratos futuros e a termo: o caso do trio*. Dissertação de mestrado, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP.

- Barbedo, C. H.; Silva, E. C.; & Leal, R. P. C. (2009). Probabilidade de informação privilegiada no mercado de ações, liquidez intra-diária e níveis de governança corporativa. *Revista Brasileira de Economia*, 63(1), 51-62.
- Barbosa, D. A. B. L. (2014). *Toxicidade no mercado brasileiro*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro, RJ.
- Bernales, A., Cañón, C., & Verousis, T. (2018). Bid–ask spread and liquidity searching behaviour of informed investors in option markets. *Finance Research Letters*, 25, 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.10.025>
- Bethel, E. W., Leinweber, D., Rübél, O., & Wu, K. (2012). Federal market information technology in the post–flashcrash era: roles for supercomputing. *The Journal of Trading*, 7(2), 9-25. <https://doi.org/10.3905/jot.2012.7.2.009>
- Black, F. (1971). Toward a fully automated stock exchange, part I. *Financial Analysts Journal*, 27(4), 28-35. <https://doi.org/10.2469/faj.v27.n4.28>
- Blau, B. M., Griffith, T. G., & Whitby, R. J. (2018). The maximum bid-ask spread. *Journal of Financial Markets*, 41, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2018.09.003>
- Boehmer, E., Grammig, J., & Theissen, E. (2007). Estimating the probability of informed trading—does trade misclassification matter?. *Journal of Financial Markets*, 10(1), 26-47. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2006.07.002>
- Borochin, P., & Rush, S. (2016). *Identifying and pricing adverse selection risk with VPIN*. Disponível em SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.25998712599871>
- Brasil Bolsa Balcão (2022). *Resumo das Operações*. Recuperado em setembro 05, 2022, em [https://www.b3.com.br/pt\\_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/resumo-das-operacoes/resumo-por-produto/](https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/resumo-das-operacoes/resumo-por-produto/)
- Carhart, M. M. (1997). On persistence in mutual fund performance. *The Journal of Finance*, 52(1), 57-82. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1997.tb03808.x>
- Chen, S., Chien, C. C., & Chang, M. J. (2012). Order flow, bid–ask spread and trading density in foreign exchange markets. *Journal of Banking & Finance*, 36(2), 597-612. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.09.006>
- Copeland, T. E., & Galai, D. (1983). Information effects on the bid-ask spread. *The Journal of Finance*, 38(5), 1457-1469. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb03834.x>
- Correia, L. F., Amaral, H. F., & Bressan, A. A. (2008). O efeito da liquidez sobre a rentabilidade de mercado das ações negociadas no mercado acionário brasileiro. *Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, 5(2), 109-119.

- Demsetz, H. (1968). The cost of transacting. *The Quarterly Journal of Economics*, 82(1), 33-53. <https://doi.org/10.2307/1882244>
- Ding, D. K. (1999). The determinants of bid-ask spreads in the foreign exchange futures market: A microstructure analysis. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 19(3), 307-324. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9934\(199905\)19:3<307::AID-FUT4>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9934(199905)19:3<307::AID-FUT4>3.0.CO;2-5)
- Duarte, J., & Young, L. (2009). Why is PIN priced?. *Journal of Financial Economics*, 91(2), 119-138. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2007.10.008>
- Easley, D., Engle, R. F., O'Hara, M., & Wu, L. (2008). Time-varying arrival rates of informed and uninformed trades. *Journal of Financial Econometrics*, 6(2), 171-207. <https://doi.org/10.1093/jfinec/nbn003>
- Easley, D., Hvidkjaer, S., & O'Hara, M. (2010). Factoring information into returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 45(2), 293-309. <https://doi.org/10.1017/S0022109010000074>
- Easley, D., Hvidkjaer, S., & O'Hara, M. (2002). Is information risk a determinant of asset returns?. *The Journal of Finance*, 57(5), 2185-2221. <https://doi.org/10.1111/1540-6261.00493>
- Easley, D., Kiefer, N. M., O'Hara, M., & Paperman, J. B. (1996). Liquidity, information, and infrequently traded stocks. *The Journal of Finance*, 51(4), 1405-1436. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb04074.x>
- Easley, D., Prado, M. L., O'Hara, M., & Zhang, Z. (2019). Microstructure in the machine age. *NBER Working Paper*. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhac078>
- Easley, D., Prado, M. M. L., & O'Hara, M. (2011). The microstructure of the "flash crash": flow toxicity, liquidity crashes, and the probability of informed trading. *The Journal of Portfolio Management*, 37(2), 118-128. <https://doi.org/10.3905/jpm.2011.37.2.118>
- Easley, D., Prado, M. M. L., & O'Hara, M. (2012). Flow toxicity and liquidity in a high-frequency world. *The Review of Financial Studies*, 25(5), 1457-1493. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhs053>
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *The Journal of Finance, Pittsburgh*, 25(2), 383-417. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Economics*, 33(1), 3-56. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)
- Fama, E. F., & French, K. R. (2015). A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, 116(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.10.010>

- Garcia, M. G. P., & Urban, F. (2004). *O Mercado Interbancário de Câmbio no Brasil*. [S.l.: s.n.].
- Glosten, L. R., & Milgrom, P. R. (1985). Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders. *Journal of Financial Economics*, 14(1), 71-100. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(85\)90044-3](https://doi.org/10.1016/0304-405X(85)90044-3)
- Greene, W. T. (2002). *Econometric Analysis*, New Jersey, Upper saddle river.
- Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). On the impossibility of informationally efficient markets. *The American Economic Review*, 70(3), 393-408. <https://www.jstor.org/stable/1805228>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2011). *Econometria Básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora.
- Jun, S. G., Marathe, A., & Shawky, H. A. (2003). Liquidity and stock returns in emerging equity markets. *Emerging Markets Review*, 4(1), 1-24. [https://doi.org/10.1016/S1566-0141\(02\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S1566-0141(02)00060-2)
- Lei, Q., & Wu, G. (2005). Time-varying informed and uninformed trading activities. *Journal of Financial Markets*, 8(2), 153-181. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2004.09.002>
- Li, Z., Lambe, B., & Adegbite, E. (2018). New bid-ask spread estimators from daily high and low prices. *International Review of Financial Analysis*, 60, 69-86. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.08.014>
- Lin, H. W. W., & Ke, W. C. (2011). A computing bias in estimating the probability of informed trading. *Journal of Financial Markets*, 14(4), 625-640. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2011.03.001>
- Machado, M. A. V., & Medeiros, O. R. (2011). Modelos de precificação de ativos e o efeito liquidez: evidências empíricas do mercado acionário brasileiro. *Revista Brasileira de Finanças*, 9(3), 383-412. <https://doi.org/10.12660/rbfin.v9n3.2011.2862>
- Madhavan, A. (2000). Market microstructure: a survey. *Journal of Financial Markets*, 3(3), 205-258. [https://doi.org/10.1016/S1386-4181\(00\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S1386-4181(00)00007-0)
- Marquezin, C. L. (2013). *Custo de liquidez do contrato futuro de soja na BM&FBOVESPA, no período de 2010 a 2013*. Dissertação de Mestrado em Economia Aplicada, Departamento de Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Martins, O. S.; & Paulo, E. (2014). Assimetria de informação na negociação de ações, características econômico-financeiras e governança corporativa no mercado acionário brasileiro. *Revista Contabilidade & Finanças*, 25(64), 33-45.

- Martins, O. S.; & Paulo, E. (2016). Efeitos crise e divulgação sobre a assimetria de informação no mercado acionário brasileiro. *Revista Contabilidade Vista e Revista*, 27(2), 113-133.
- Martins, O. S.; Paulo, E.; & Albuquerque, P. H. M. (2013). Negociação com informação privilegiada e retorno das ações na BM&FBOVESPA. *Revista de Administração de Empresas*, 53(4), 350- 362.
- Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55, 703–708.
- O'Hara, M. (1995). *Market microstructure theory*. Cambridge: Blackwell Publishers.
- O'Hara, M. (2003). Presidential address: Liquidity and price discovery. *The Journal of Finance*, 58(4), 1335-1354. <https://doi.org/10.1111/1540-6261.00569>
- Perlin, M. (2013). Os efeitos da introdução de agentes de liquidez no mercado acionário brasileiro. *Revista Brasileira de Finanças*, 11(2), 281-304.
- Perobelli, F. F. C., Famá, R., & Sacramento, L. C. (2016). Return and liquidity relationships on market and accounting levels in Brazil. *Revista Contabilidade & Finanças*, 27(71), 259-272. <https://doi.org/10.1590/1808-057x201601530>
- Pontuschka, M., & Perlin, M. (2015). A estratégia de pares no mercado acionário brasileiro: O Impacto da frequência de dados. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 16, 188-213. <https://doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n2p188-213>
- Pordeus, G. G. N., Girão, L. F. D. A. P., & Duarte, F. C. D. L. (2018) A Probabilidade de Negociações Informadas vs Disclosures de Negociações dos Insiders: Análise do caso da JBSS3. In *Anais do XII Congresso UFPE de Ciências Contábeis*. Recife, PE.
- Ribeiro, J. E., Souza, A. A., & Moraes, E. A. (2020). The risk of asymmetric information on the liquidity of agricultural commodities futures contracts. *Brazilian Review of Finance*, 18(2), 1–22. <https://doi.org/10.12660/rbfin.v18n2.2020.81072>
- Ribeiro, J. E., Souza, A. A., Carvalho, G. A., & Amaral, H. F. (2019). The impact of the introduction of market makers on the negotiations of the brazilian depository receipts. *RCCC – Revista Catarinense da Ciência Contábil*, 18(54), 1–16. <https://doi.org/10.16930/2237-766220192804>
- Rzayev, K., & Ibikunle, G. (2019). A state-space modeling of the information content of trading volume. *Journal of Financial Markets*, 46, 100507. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2019.100507>
- Siqueira, L. S., Amaral, H. F., & Correia, L. F. (2017). The effect of asymmetric information risk on returns of stocks traded on the BM&FBOVESPA. *Revista*

*Contabilidade & Finanças*, 28(75), 425-444. <https://doi.org/10.1590/1808-057x201705230>

Tonin, J., Costa Junior, G., & Martines Filho, J.G. (2017). Liquidity costs in emerging corn futures markets. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 18(6), 201-223. <https://doi.org/10.1590/1678-69712017/administracao.v18n6p201-223>

Wooldridge, J. M. (2010). *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning.

Yildiz, S., Van Ness, B., & Van Ness, R. (2020). VPIN, liquidity, and return volatility in the US equity markets. *Global Finance Journal*, 45, 100479. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2019.100479>

Yoon, H., Zo, H., & Ciganek, A. P. (2011). Does XBRL adoption reduce information asymmetry?. *Journal of Business Research*, 64(2), 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.01.008>

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Contribuição	João Eduardo Ribeiro	Laise Ferraz Correia	Felipe Dias Paiva
1. Idealização e concepção do assunto e tema da pesquisa	✓	✓	
2. Definição do problema de pesquisa	✓	✓	
3. Desenvolvimento da Plataforma Teórica	✓	✓	✓
4. Delineamento da abordagem metodológica da pesquisa	✓	✓	✓
5. Coleta de dados	✓		
6. Análises e interpretações dos dados coletados	✓	✓	✓
7. Conclusões da pesquisa	✓	✓	✓
8. Revisão crítica do manuscrito	✓	✓	
9. Redação final do manuscrito, conforme as normas estabelecidas pela Revista.	✓		
10. Orientação	✓	✓	✓