

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUILHERME HENRIQUE MARTINI

*HIGH-FREQUENCY TRADING: OS ALGORITMOS E AS OPERAÇÕES DE ALTA  
FREQUÊNCIA NAS BOLSAS DE VALORES*

Curitiba

2015

GUILHERME HENRIQUE MARTINI

*HIGH-FREQUENCY TRADING: OS ALGORITMOS E AS OPERAÇÕES DE ALTA  
FREQUÊNCIA NAS BOLSAS DE VALORES*

Artigo apresentado como Monografia no curso de graduação em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme Silva Vieira

Curitiba  
2015

## RESUMO

O presente artigo tem como proposta elucidar algumas das características de um tipo de negociação em bolsa de valores ainda pouco abordado no Brasil: as operações de alta frequência a partir de algoritmos programados, ou *high-frequency trading* (HFT). Para tanto, apresenta conceitos primários, como as negociações de ativos, algoritmos e as primeiras operações computadorizadas para contextualizar o início da prática de alta frequência. Leva em conta a intensidade deste tipo de operação nos Estados Unidos e as medidas tomadas após os impactos negativos do episódio do *flash crash*, em 2010. Expõe também a presença no Brasil, considerando a crescente procura pelos métodos programáveis e a posição dos órgãos reguladores brasileiros. Ao longo do texto, busca estabelecer um balanço entre os pontos positivos e negativos das HFT, abordando a perturbação causada no mercado e reafirmando a necessidade da construção de sólidas ferramentas de controle e segurança antes da implementação dos recursos algorítmicos nas bolsas de valores.

Palavras-chave: Alta frequência. Algoritmos. Bolsa de valores. Mercado financeiro. Mercado acionário.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 ALGORITIMOS E ANÁLISES COMPUTADORIZADAS .....</b>	<b>6</b>
2.1 AS OPERAÇÕES DE ALTA FREQUÊNCIA.....	8
2.1.1 As operações de alta frequência nos Estados Unidos .....	12
2.1.1.1 O <i>Flash Crash</i> .....	15
2.1.2 As operações de alta frequência no Brasil .....	19
<b>3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A negociação é prática milenar e tem seus registros até mesmo na mitologia, onde conflitos de interesses, persuasão e técnica entremeiam-se em um embate que nem sempre será benéfico ou satisfatório para todos os envolvidos. O ideal de maximizar as vantagens diante de uma situação em que uma parte possui anseios tão grandes quanto a outra revela deste encontro mais de uma possibilidade de resultado, e observadas as escolhas e consequências, cada *player*<sup>1</sup> fará o melhor (ou o possível) para atingir seus objetivos com os menores dispêndios e maiores ganhos.

O avanço nas técnicas de negociação atravessou os séculos diante das dificuldades e novas oportunidades que surgiram a partir da expansão comercial, criando ambientes voltados a este tipo de atividade. Neste cenário, a especulação ganhou força e encontrou sua zona de crescimento, desenvolvimento e permanência nos negócios modernos, especialmente naqueles abordados neste trabalho: os mercados de valores mobiliários. As operações de compra e venda de moedas, metais e títulos eram realizadas em casas especializadas que tiveram seu início ainda na antiguidade, e que no ambiente contemporâneo, tornaram-se entidades organizadas que administram transações de ativos de diversas complexidades, tais como ações, títulos de renda fixa, contratos e mercadorias. É nesse contexto que surge a bolsa de valores, novas ferramentas e posteriormente a informatização do mercado, e a proposta deste trabalho é a de apresentar um destes resultados do processo: as operações de alta frequência.

O mercado de ações e títulos de propriedade das grandes empresas alcançou grande notoriedade e as bolsas de valores deixaram de ser entidades sem fins lucrativos, passando a abrir seu capital e revelando espaço para muitas outras empresas com diferentes capacidades lançarem seus papéis e capitalizarem-se. O aprimoramento em termos de volume, velocidade, capacidade e segurança pavimentou o caminho para que oportunidades fossem vislumbradas pelos

---

<sup>1</sup> Aqui definidos como os participantes das negociações de um mercado. O termo será utilizado em todo o trabalho com este conceito.

participantes do mercado, que encontraram variadas soluções de viabilidade para sua busca pelo lucro nas negociações dos ativos, que serão iniciadas na próxima seção deste trabalho. Soluções que tiveram em sua essência a diferenciação das tradicionais técnicas de negociação manual e atingiram altos níveis de informatização, desde o investidor individual até nas grandes corporações especializadas no mercado financeiro, encontrando zonas frutíferas ao seu desenvolvimento nos mercados norte americanos, além de marcar presença também no território brasileiro.

O processo fez surgir ferramentas de transações em tempo real conectadas diretamente ao sistema das bolsas, análises técnicas das oscilações de preços de ações, análises fundamentalistas cada vez mais sólidas e abrangentes, profissionais qualificados e dedicados a este nicho de atividade, estabelecendo a partir desses fatores a manutenção das ferramentas de alta frequência, que passaram a adquirir maior solidez através da experiência do mercado. Além disso, foram capazes também de expor este mesmo ambiente às intempéries que se romperam com o uso intensivo destas ferramentas, estimulando seu estudo e reforçando o olhar cauteloso que deve ser lançado pelos reguladores frente à tecnologia. Esta capacidade de inovação, seu potencial gerador de recursos e tantos outros artifícios cancelaram o mercado financeiro e de capitais como um dos principais pilares de sustentação das economias do mundo, oferecendo condições para criação de crédito para o desenvolvimento das empresas, investimento, emprego e renda.

## 2 ALGORITIMOS E ANÁLISES COMPUTADORIZADAS

Aqueles que buscam no mercado de capitais sua fonte de renda ou mesmo complemento de renda precisam munir-se da maior quantidade possível e disponível de informações que sejam relevantes para determinar preços de ativos, oscilações e capacidades de geração de valor futuro das empresas. Para isso, orientam-se em dois principais tipos de análise: técnica e fundamentalista.

Na análise técnica, os investidores lançam mão de gráficos, estudo de tendências e modelos estatísticos para determinar sinais de compra e venda das ações, identificando padrões em séries históricas de preços dos mais variados períodos de tempo. As ferramentas usuais são: médias móveis, índice de força relativa, indicador William's %R, estocástico e indicador de média móvel convergência-divergência (ELDER, 1993). Para a análise fundamentalista, os aspectos macro e microeconômicos são o cerne, e um dos pontos principais é encontrar o valor justo das ações através da capacidade das empresas em gerar lucro, e a chave da valorização ou desvalorização consiste no desempenho dos indicadores macroeconômicos e financeiros do país (ou mesmo do mundo todo), além do desempenho das empresas envolvidas na análise. Neste tipo de estudo, as ferramentas mais utilizadas são: preço sobre o lucro por ação, *dividend yield*, lucro por ação, *payout ratio*, além dos recursos de análise contábil de saúde financeira das empresas.

Com o passar dos anos, investidores, profissionais e instituições aperfeiçoaram seus métodos, aumentando também sua gama de recursos e ferramentas para garantir a evolução da eficiência de suas estratégias nas operações nas bolsas de valores. Nesse cenário, desenvolvedores e analistas de mercado financeiro buscaram na matemática uma aliança que parecia promissora: negociações via algoritmos. Numa definição de Medina e Fertig (2005), algoritmo é “um procedimento passo a passo para a solução de um problema. Uma seqüência detalhada de ações a serem executadas para realizar alguma tarefa”. Dentro da oportunidade vislumbrada pelo mercado financeiro, algoritmo é representado por uma combinação de métodos de análise técnica, fundamentalista e inclusive reconhecimento automático de notícias relacionadas aos ativos, ou mesmo somente

um destes elementos, que construídos a partir de sucessivas mensagens, critérios e filtros parametrizados, são capazes de identificar padrões, analisar o *timing* dos mercados e tendências, e preparar ordens de compra ou venda o mais próximas possível das ordens ideais, sem qualquer intervenção humana após esse período de estruturação e da ativação do sistema, sendo necessária apenas a confirmação de um agente para as compras e vendas. A FIGURA 1 representa um esquema simples de funcionamento de um algoritmo sobre a negociação de uma determinada ação frente a leituras de mercado, em que a observância de dois possíveis choques positivos no lucro da empresa leva o algoritmo a produzir um sinal de compra da ação:

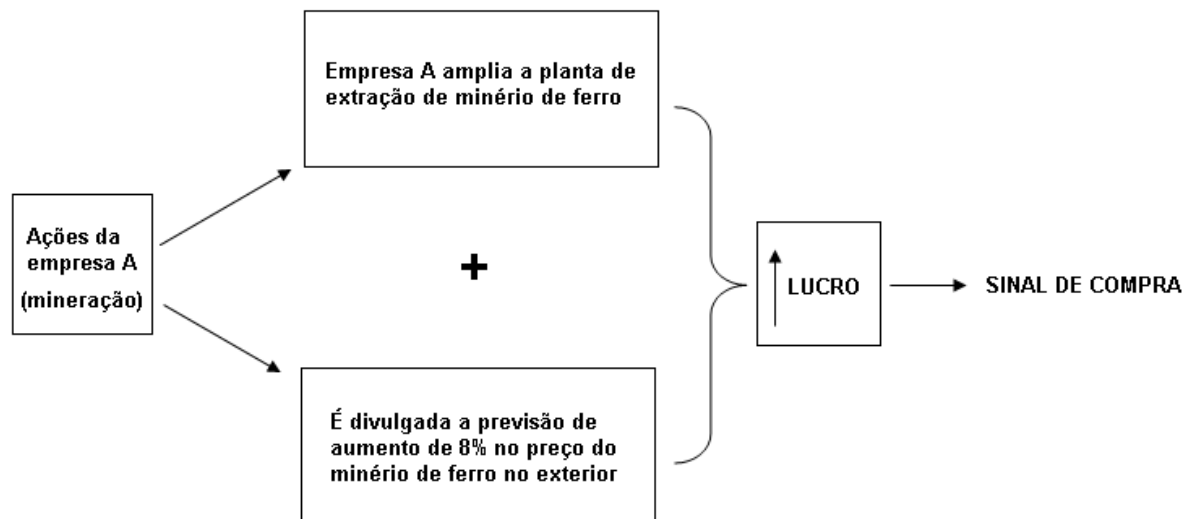


FIGURA 1 – ESQUEMA SIMPLES DE FUNCIONAMENTO DE UM ALGORITMO

Os algoritmos baseiam-se em critérios de arbitragem de oportunidade, buscando compras e vendas em mercados distintos e extraindo ganhos a partir das diferenças entre os preços, onde a programação identifica momentos de distorção de preços entre ativos, retirando de desequilíbrios o seu lucro; de pequenas variações de preços aliadas a grandes volumes de dinheiro até métodos de negociações de longo prazo. Surge, então, o que conhecemos como algoritmos de negociação (AN), que podem ser eletrônicos ou simplesmente fluxos de tomada de decisão utilizados pelos participantes. Ademais, a tecnologia tornaria possível a aplicação de conceitos e análises antes praticadas por seres humanos, entregando



resultados computadorizados de ordens de execução específicas a cada tipo de caso lido pelo algoritmo, gerados através de seus conjuntos de regras, filtros e desencadeamentos pré-determinados.

## 2.1 AS OPERAÇÕES DE ALTA FREQUÊNCIA

Como subgrupo dos algoritmos de negociação e foco deste trabalho, as *high-frequency trading* (HFT), ou operações de alta frequência, podem ser observadas como fruto, resultado e consequência do desenvolvimento dos algoritmos de negociação, levando sua aplicação a níveis superiores de transações de ativos em mercados de valores mobiliários. As HFT são resultado de um processo evolutivo de métodos e implementos de negociação de ativos financeiros, é a forma como o mercado reagiu ao longo dos anos com a concorrência, inovação e novas regras de regulação. (GOMBER et al., 2011).

Em um mercado de negociação de ativos tradicional, informatizado ou não, realizam-se compras e vendas de ativos, arbitragem de preços e diversificação, e ainda que existam disparidades nas capacidades de alocação de recursos nestes mercados entre os participantes, é possível identificar que os métodos e ferramentas utilizadas para tanto são relativamente equilibradas, com transparência e robustez constantes.

As operações de alta frequência surgem como um rompimento com investimento tradicional de longo prazo, apresentando-se de uma forma muito mais rápida, ininterrupta e inexaurível ao habitual no mercado, uma vez que são ordens disparadas automaticamente e em tempo real por algoritmos com programação mais complexa e inteligente do que os algoritmos tradicionais, comprando e vendendo grandes volumes de dinheiro e de ações em operações segregadas em frações de segundo, realizando lucro para seus responsáveis a partir de mínimas oscilações de preços de ativos. Por exemplo, se um algoritmo lê um sinal de compra de um lote de 100.000 ações negociado a um preço de 10 unidades de moeda por ação e, no próximo segundo, cada uma das ações passa a valer 10,05 unidades de moeda, aliado à leitura do algoritmo de um sinal de venda, o investidor acaba de realizar um

lucro de 5.000 unidades de moeda com a venda deste pacote. Agora multiplique este exemplo diversas vezes, com diversos papéis, tipos de operações e mercados, e ficará claro o impacto dessa tecnologia.

Esta prática de pequenos ganhos a partir de grandes volumes é característica intrínseca da modelagem de robôs de operações de alta frequência, e é incorporada através da prática dos *scalpers* de mercado, ou seja, a busca de diversas operações de curtíssimo prazo com *spreads*<sup>2</sup> positivos baixos, resultando em ganhos significativos ao final de um dia de trabalho. Além disso, na mesma velocidade em que produzem ordens, são capazes também de cancelar de acordo com suas leituras de mercado, aumentando, assim, sua consistência. Em outras palavras, mecanismos de HFT operam a partir de forte arbitragem de oportunidades, avaliando as correlações entre os diversos ativos, buscando e fornecendo liquidez a diversos papéis em diferentes mercados e também verificando quais as decisões tomadas pelos principais participantes. (HANNA, 2015).

Em face dos tradicionais algoritmos de negociação, as operações de HFT apresentam características notavelmente mais ágeis, uma vez que sua ação é pautada principalmente na capacidade e na velocidade em que a leitura das variáveis do mercado é feita. Com isso, as estratégias de investimentos que possuem como ferramenta um robô de alta frequência apropriam-se também do dinamismo, buscando a liquidação total ou pelo menos da maior parte de suas posições em ativos antes do fechamento dos mercados, isso significa que, diferentemente dos algoritmos de negociação tradicionais, os *players* buscam fechar e abrir seus dias com a menor quantidade de ativos em carteira possível, lançando mão das operações de compra e venda no mesmo dia: os *daytrade*.

No QUADRO 1, traduzido e ampliado do trabalho “*High-frequency trading*” de Peter Gomber, Björn Arndt, Marco Lutat e Tim Uhle (2011), são evidenciadas e adicionadas importantes características dos algoritmos de negociação e das operações de alta frequência, relacionando os itens de cada tipo de ferramenta e mostrando que apesar da incorporação dos conceitos básicos de algoritmos, os robôs HFT destacam-se e despontam por sua maior e melhor capacidade e

---

<sup>2</sup> Aqui definido como a diferença entre o preço pago na compra do ativo e o preço negociado no momento da venda deste mesmo ativo.

sofisticação no processamento das informações, além da geração de comandos operacionais de forma mais direta nos sistemas dos ambientes de negociação, em que os pequenos ganhos por operação são ainda mais potencializados pelo encurtamento do tempo de latência (tempo entre o disparo da ordem de compra ou venda e sua execução), através do *co-location*, que permite que o operador instale seus disparadores de comandos de compra e venda diretamente nos servidores de processamento de dados da bolsa de valores, aumentando seu poder de mercado ao elevar sua velocidade de negociação.

ALGORITMOS DE NEGOCIAÇÃO	HIGH-FREQUENCY TRADING
1) Agente de negociação presente 2) Ordens limitadas 3) O objetivo é definido e específico 4) As posições podem ser mantidas no longo prazo 5) Estratégias de recebimento de proventos (*) 6) Sofisticação e customização de algoritmos menos intensiva (*) 7) Pouca busca pela redução de latência 8) Não existe a obrigatoriedade de redução da distância do operador e a bolsa (*) 9) Minimização de impacto com baixo volume e margens de diversas amplitudes (*) 10) Possibilidade de negociar ativos abrindo mão da alta liquidez	1) Presença constante do agente desnecessária 2) Número muito alto de ordens 3) Cancelamento rápido de ordens 4) Ativos mantidos em carteira por períodos muito curtos 4.1) Posição em carteira insignificante ao fechamento do dia (*) 5) Lucro por compras e vendas <sup>3</sup> 6) Operações com robôs altamente customizáveis (*) 7) Baixa latência exigida 8) Proximidade com os ambientes de negociação ( <i>co-location</i> )(*) 9) Margens de ganhos muito baixos por cada operação 10) Preferência por liquidez

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DOS ALGORITMOS DE NEGOCIAÇÃO E DAS HIGH-FREQUENCY TRADING

FONTE: PETER GOMBER, BJÖRN ARNDT, MARCO LUTAT E TIM UHLE (2011). TRADUÇÃO NOSSA COM OBSERVAÇÕES E INCUSÕES SINALIZADAS POR (\*).

Para Chlistalla (2011), é importante destacar que as HTF não são estratégias de negociação, mas sim implementos que aplicam tecnologia e aliam às tradicionais estratégias de negociação computadores que buscam os melhores

<sup>3</sup> Diferentemente das operações tradicionais ou também nas operações baseadas em algoritmos de negociação, onde os lucros podem ter origens não apenas de compras e vendas, mas também do recebimento de proventos.

resultados possíveis a partir das compras e vendas. Mas, certamente, não se trata apenas disso, mas de ferramentas que buscam a maior eficiência possível combinando elementos como os do QUADRO 1, e evidenciando que sua diferenciação das tradicionais técnicas de negociação é um dos pontos chave para o aumento de sua participação nos mercados. Segundo Bruno Biais (2011), o início da eletronização e aplicação de tecnologia nas operações de mercado de capitais são indícios de uma tendência de automatização de processos, que apresentam impactos e reflexos em toda a indústria de serviços. Além disso, este tipo de *trading* e de análise é estimulado não somente pela possibilidade da produção de ganhos com operações de milissegundos<sup>4</sup>, mas também pela redução dos custos operacionais de negociação pelos bancos e corretoras de valores mobiliários. Dentro dessa automatização a partir de robôs de alta frequência, três principais tipos se destacam:

TIPO	CARACTERÍSTICAS
<i>Black Box</i>	Estratégias baseadas em preços, prontas e executoras: combinação de parâmetros onde o robô executará uma determinada estratégia construída pelo fornecedor, cabendo a este customizá-lo com passos bem definidos e com objetivos diretos.
<i>White Box</i>	Plataformas de estratégias sensivelmente mais flexíveis e customizáveis pelo usuário, adicionando diversas variáveis e possíveis impactantes de resultados na análise. Portanto, exige maior conhecimento de programação de algoritmos.
Proprietárias	Plataformas muito mais sofisticadas, analíticas, completas e complexas. Este tipo de modelo requer conhecimento avançado em programação e exige também a construção da ferramenta desde a ponta inicial até a final, incluindo sistemas de ordens específicos para cada robô criado.

QUADRO 2 – TIPOS E CARACTERÍSTICAS DE ROBÔS DE OPERAÇÕES DE ALTA FREQUÊNCIA  
 FONTE: O SEGREDO DOS ROBÔS DE ALTA FREQUÊNCIA – HFTS. ANDRÉ HANNA (2015)

<sup>4</sup> O algoritmo observa os dados de mercado e outras informações a uma velocidade e frequência muito altos e, baseado numa pré-programação, envia instruções de compra ou venda que muitas vezes são realizadas em milissegundos. (CHABOUD et al. 2009, tradução nossa).

É preciso compreender a diferenciação das classes de robôs de alta frequência para estudar seus efeitos, uma vez que cada uma delas deverá ter diferentes tipos de demandantes. Devido a sua simplicidade, as *black boxes* são comumente utilizadas por investidores de menor porte que buscam automatização de processos básicos no dia-a-dia. As *white boxes* são demandadas por investidores de médio porte e mesmo instituições que, atraídas pela possibilidade de maior customização, conseguem adequar melhor suas estratégias. Os robôs proprietários são construídos por grandes investidores e instituições, já que não se tratam de modelos algorítmicos a serem seguidos, mas construções próprias que se ajustam e que permitem o contínuo aperfeiçoamento de estratégias específicas.

### 2.1.1 As operações de alta frequência nos Estados Unidos

Diante do potencial de obtenção de melhores resultados, do aumento da concorrência e da profissionalização do mercado, os robôs ganharam amplo espaço para crescimento. Nos Estados Unidos, berço de boa parte das inovações financeiras e com instituições importantes nos mercados de capitais, a adoção dos robôs é conhecida há bastante tempo, e sua representatividade vem ganhando força com o passar dos anos. Além dos pontos acima, o argumento de alguns autores para explicar o aumento na incidência de operações de alta frequência passa por aspectos como o fornecimento de liquidez ao mercado, melhora na eficiência de troca de informações nas operações e, conforme citado anteriormente, a redução dos custos operacionais.

Na medida em que a legislação norte americana pouco tratava das negociações de alta frequência, dava espaço para o crescimento das práticas, e o progressivo e sistemático desenvolvimento das ferramentas alimentava ainda mais esse processo, desencadeando uma revolução eletrônica ou “corrida armamentista” de caráter tecnológico-financeiro que empenhava-se em encontrar as melhores alocações de tecnologia da informação no mercado financeiro. (CHLISTALLA, 2011,

p. 2). Segundo “*The Trade – Annual Algorithmic Trading Survey*”<sup>5</sup>, citado por Chlistalla (2011), alguns dos maiores motivos para o uso dos robôs nas negociações são: redução de custos, velocidade e produtividade. Para tanto, buscar a extinção da necessidade de presença física e aprimorar a automatização do processo de envio e execução de ordens tornava-se a chave. Em outras palavras, é possível ponderar que o crescimento do uso destas ferramentas também foi alimentado pela possibilidade da introdução de certo grau de industrialização<sup>6</sup> no mercado financeiro, buscando na inovação e na escala ganhos mais consistentes e promissores.

Entretanto, no ano de 2011, o economista Asani Sarkar, do *Federal Reserve Bank of New York*, abordou o tema e declarou a dificuldade em regular algo que não se entende com a devida profundidade, afirmando que não havia informações e conhecimento o suficiente sobre os *high-speed trades*, seu impacto e aplicação sobre o mercado para que políticas fossem recomendadas. Este fato relatado por um membro de uma das instituições líderes de política e supervisão do mercado financeiro e da economia revela a carência de informações sobre o tema e reforça a relevância deste artigo.

A ascensão das negociações por vias eletrônicas teve seu início nos EUA na metade dos anos 80, e abastecido pelo sentimento positivo quanto às novas ferramentas, o mercado norte americano prosperou e iniciou uma guinada por volta dos anos 2000 no avanço tecnológico de seus ambientes de negociação. Conforme a FIGURA 2, em que o eixo vertical (y) representa o percentual da proporção de HFT e o eixo horizontal (x) o ano em questão, as operações negociadas por robôs de alta frequência atingiram um patamar de representatividade próximo dos 75% em 2009. O organismo americano responsável pela regulação, supervisão e coordenação das regras e leis federais de valores mobiliários é a *U.S. Securities and Exchange Commission* – SEC, e junto a ele, participantes do mercado passaram a aumentar sua observância após importantes episódios como a *Black Monday* (1987) e o *Flash*

---

<sup>5</sup> *THE TRADE. The 2012 Annual Algorithmic Trading Survey*. Edição 31. Jan-mar 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/5EhUfY>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

<sup>6</sup> A palavra industrialização aqui remete aos modelos produtivos de escala, onde os capitalistas valem-se de seu porte na economia para angariar benefícios fiscais, mão-de-obra ou melhorar suas possibilidades de investimento, além de substituir a presença humana por máquinas.

*Crash* (2010), este segundo que será abordado neste artigo com maior profundidade adiante.

Segundo Sanati (2012), a SEC busca alternativas de taxação que busquem desestimular o uso excessivo e abusivo de HFT que possam produzir estresse no sistema. Apesar disso, os autores da reportagem da *Bloomberg Business* de 10 de abril de 2014 “*Slow Cop, Fast Beat: SEC Takes Its Time on High-Frequency Trading Rules*”, Dave Michaels, Matthew Philips e Silla Brush, acreditam que ainda existe uma abordagem pouco produtiva do tema por parte da SEC, e que essa ausência de enfoque conta com o apoio de participantes do mercado que temem que possíveis reformas possam trazer mais malefícios do que benefícios. O argumento da presidente do SEC, Mary Jo White, rebate e afirma que se mudanças na legislação tiverem de ser feitas, elas serão, porém a abordagem do assunto está sendo feita cautelosa e disciplinadamente a partir de dados de mercado.

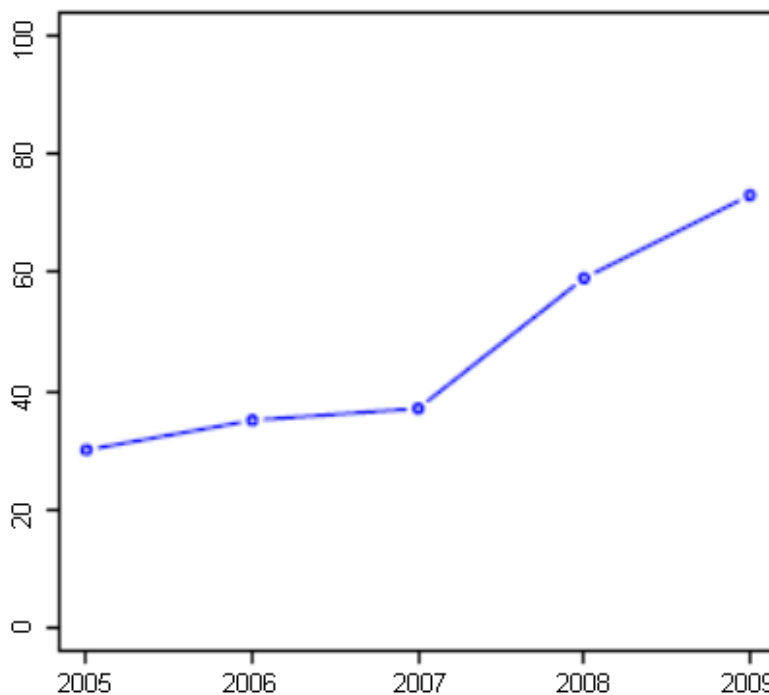


FIGURA 2 – PROPORÇÃO DE HFT NO TOTAL DE NEGOCIAÇÕES NO MERCADO DE AÇÕES DOS ESTADOS UNIDOS  
FONTE: SMITH (2010)

### 2.1.1.1 O *Flash Crash*

Em 6 de maio de 2010, o mercado financeiro norte americano experimentou uma de suas piores intempéries durante 36 longos minutos, onde o índice *Dow Jones Industrial Average* (DJIA) mergulhou negativamente e se recuperou com velocidade incrível, gerando uma volatilidade há muito tempo não vista para índices futuros, opções, fundos e ações negociadas nessa casa. Este episódio ficou conhecido como o *flash crash*.

As análises computadorizadas ganharam ainda mais atenção da comunidade financeira e também dos órgãos reguladores após o importante episódio. Meses depois, no relatório "*Findings regarding the market events of may 6, 2010*" a *Commodity Future Trading Commission* (CFTC) e a SEC divulgaram informações sobre impactos do *flash crash*, noticiando que mais de 20.000 negociações em mais de 300 ativos foram executadas a preços muito diferentes dos valores que estavam sendo negociados antes do choque, essa disparidade chegou a mais de 60%. Segundo o relatório, com um início de dia apresentando uma turbulência incomum proveniente da inconsistência do mercado europeu e da crise da dívida de certos países do velho continente, ainda alimentados pela desvalorização do Euro, o sentimento de deságio e de baixa liquidez já tomava conta do ambiente e de alguns ativos em específico. Neste cenário, às 14h32min, o algoritmo de um grande *player* disparou o gatilho de venda de aproximadamente 4,1 bilhões de dólares em contratos futuros em apenas 20 minutos, tempo que em condições normais de mercado seria de aproximadamente 5 horas.

Em boa parte, a ponta compradora destes contratos foram robôs HFT. Porém, rapidamente após essa explosão de venda, algoritmos de outros investidores fizeram a leitura do novo ambiente de estresse gerado e iniciaram uma venda em massa dos papéis. Dentro de minutos, o sistema *stop logic* da Bolsa pausou todas as operações durante 5 segundos a fim de mitigar um desencadeamento de vendas ainda maior. Após o curto espaço de paralisação, os compradores voltaram seu interesse e iniciaram um forte processo de compra que recuperou o fôlego dos índices e reestabilizou o cenário, mas que ainda se manteve desvalorizado. A FIGURA 3 mostra quão grande foi o deslocamento de preços e



volumes, revelando a magnitude da volatilidade gerada em um indicador que até então apresentava movimentos relativamente estáveis.

A partir da combinação de uma venda consideravelmente grande, em um horizonte de tempo de execução da operação mal calculado e da falha de diversos robôs em identificar que se tratava de uma quebra, fica evidente como a representatividade das operações de alta frequência contribuiu para a origem da quebra. O resultado foi uma desvalorização de aproximadamente 9% do DJIA (-998.5 pontos), além de lições óbvias que talvez não tivessem sido experienciadas se não fosse o choque do dia 6 de maio, como o entendimento de que em um mercado sob estresse, grandes operações podem desencadear movimentos extremos e inesperados de algoritmos de negociação. Outra observação feita pela CFTC e pela SEC é o fato de que cada grande participante tem suas próprias versões de robôs, o que leva a diferentes construções de ordens a partir de diferentes leituras dos sinais de mercado, bem como crises de liquidez e incerteza dos investidores sobre os resultados esperados

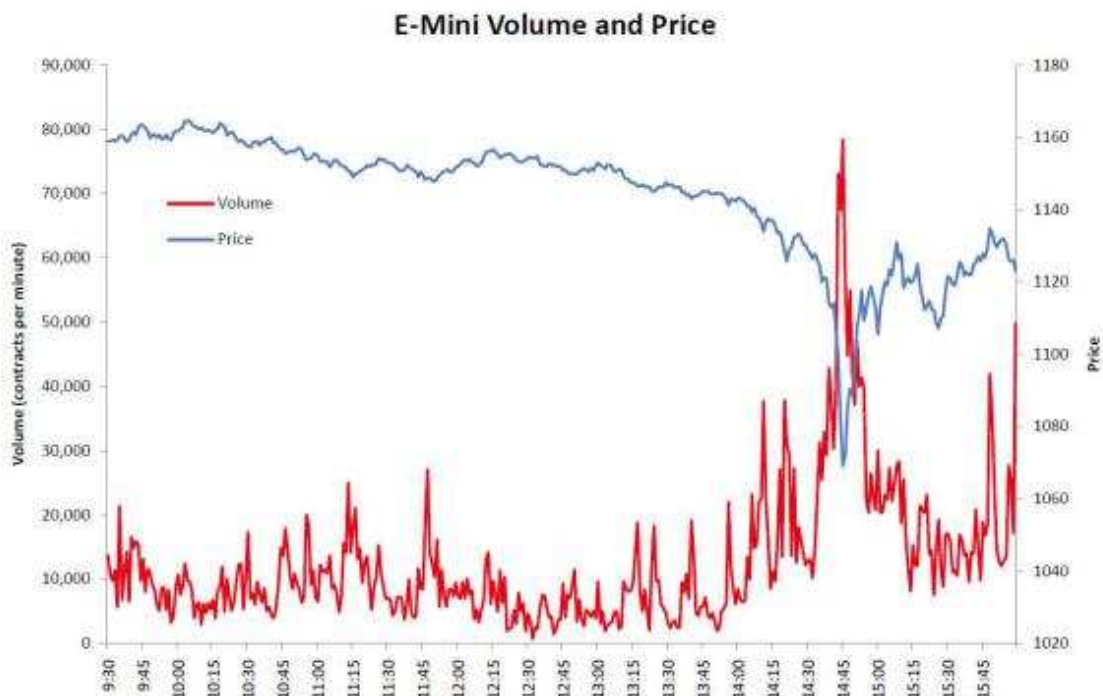


FIGURA 3 – PLOTAGEM DE VOLUME E PREÇO DAS NEGOCIAÇÕES DOS CONTRATOS QUE GERARAM O FLASH CRASH EM RELAÇÃO AO TEMPO.

FORNE: FINDINGS REGARDING THE MARKET EVENTS OF MAY 6, 2010 – REPORT OF THE STAFFS OF THE CFTC AND SEC TO THE JOINT ADVISORY COMMITTEE ON EMERGING REGULATORY ISSUES (2010).

O relatório informa que a CFTC e a SEC passaram a buscar, junto a todos os mercados de capitais, a “recalibração dos sistemas de pausa de operações”, e que os fatos ocorridos em maio de 2010 “demonstram claramente a importância dos dados sobre os sistemas de automatização e suas estratégias”. Meses depois do episódio, a então presidente da SEC, Mary Schapiro, iniciou uma reavaliação das estruturas dos mercados norte americanos, buscando elaborar, ao lado de diversos líderes participantes, corretivos e preventivos que mitigassem o comportamento volátil e a possibilidade de uma nova quebra. Com isso, o cenário norte americano instaurou um sentimento de apelo aos reguladores sobre novas políticas e regulamentações, uma vez que poucas ações haviam sido efetivamente tomadas em meio à intensa discussão, e o argumento da SEC de que os mercados não são manipulados não satisfazia a todos os investidores.

Ainda em 2010, a SEC propôs algumas medidas que dariam melhores condições de supervisão e controle aos reguladores. No dia 26 de maio, recomendou a criação de sistemas específicos de trilhas de auditoria, o que daria às autoridades melhores informações sobre o ritmo das inovações tecnológicas e de negociação. Em junho, foi aprovada uma medida de contenção prática, onde haveria um reforço nos disjuntores que travam temporariamente as operações em uma ação individual que apresentasse preços variando mais de 10%, isso tem como objetivo arrefecer o mercado e dar fôlego para que os investidores consigam identificar se a variação tem origem em reflexos do mercado ou é fruto de uma falha.

Posteriormente, foram criados também disjuntores que são ativados por variações de preços de uma gama maior de ativos a partir de índices de ações, como o índice DJIA, muito comentado à época do *flash crash*, que mais tarde fora substituído por um índice mais amplo para medir as variações de mercado, o S&P 500. Outras intervenções regulatórias incluem limitações sobre ordens de compra com preços muito abaixo dos normais, sobre o cancelamento de ordens e adoção de maiores controles de risco que previnam que ordens errôneas cheguem ao mercado. Em 2012, um sistema um pouco mais sofisticado de prevenção entrou em cena: as ações mais líquidas teriam as negociações canceladas quando os preços variassem 5% para cima ou para baixo dos preços de 5 minutos imediatamente anteriores. Para os demais papéis, o percentual é de 10%.

Anos depois, a precaução parece existir, no entanto o consenso de que as medidas não são suficientes ainda resiste. Os reguladores e até mesmo o FBI continuam a afirmar que estão examinando se as análises de alta velocidade estão tornando o mercado injusto e anticompetitivo na medida em que os maiores investidores possuem amplo acesso às facilidades da alta frequência. Contudo, Steven Russolillo, jornalista do *Wall Street Journal*, afirma em sua reportagem "*Flash Crash, Four Years Later, Still Haunts Wall Street*", de 6 de maio de 2014: "*Embora muito tenha sido discutido sobre o assunto, pouco foi feito para mudar a atual estrutura de mercado nos Estados Unidos. E enquanto isso não acontece verdadeiramente, os temores de outro flash crash continuarão a assombrar Wall Street*".

Apesar dos relatos, as investigações não cessaram, e em abril deste ano, o operador londrino de alta frequência, Navinder Singh Sarao, foi acusado de fraude eletrônica e manipulação, além de fazer parte do que desencadeou o *flash crash*. Segundo reportagem<sup>7</sup> do Reuters Brasil, Sarao teria ordenado através dos robôs uma enorme venda de contratos que provocou a repentina queda nos preços, cancelando-as em seguida e comprando os contratos quando os preços estavam muito baixos. Essa prática de envio de ordens seguido de cancelamento é chamada de *spoofing* quando o objetivo é beneficiar-se da volatilidade. Ainda neste ano, Harvey Pitt, ex-presidente da SEC, em entrevista<sup>8</sup> para o CNBC, disse que as chances de uma nova quebra como o *flash crash* são grandes, e acredita que as investigações estão gerando dispêndio de esforços exagerado apenas no agente britânico, alegando que as medidas tomadas até agora não protegem suficientemente o mercado.

---

<sup>7</sup> REUTERS BRASIL. **Operador britânico é preso por "flash crash" de 2010**. Por Douwe Miedema e Sarah N. Lynch. 21 abr 2015. Disponível em: <<http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0NC2P820150421>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

<sup>8</sup> CWALINSKI, Kristin. **Ex-SEC Chairman Pitt says chances 'high' for another 'flash crash'**. CNBC, 06 mai 2015. Disponível em: <<http://www.cnbc.com/id/102655032>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

### 2.1.2 As operações de alta frequência no Brasil

No Brasil, as notícias e reportagens sobre as operações de alta frequência ganharam espaço na mídia – o assunto tem chamado a atenção e o caldo de conceitos tem ficado fervoroso. Apesar disso, ainda poucos trabalhos acadêmicos abordam as ideias, e menos ainda são aqueles que estudam os impactos reais nos mercados. Segundo o Relatório Anual de 2013 divulgado pela Comissão de Valores Mobiliários – CVM<sup>9</sup>, o volume em termos financeiros do total negociado por este tipo de ferramenta se elevou de menos de 0,6% em 2010 para 12% em 2013 – um aumento considerável para tão pouco tempo. Vale ainda reforçar que o critério para a composição dos números relativos à HFT no Relatório Anual da CVM reforça a modalidade de *co-location*, apresentado no QUADRO 1 da seção 2 deste trabalho, onde, na bolsa de valores brasileira, existe o acesso direto: “Tal modalidade caracteriza-se pela contratação da locação do espaço no centro de processamento de dados da Bolsa”<sup>10</sup>.

A ascensão das novas ferramentas teve seu início em meados de 2005, quando todas as operações passam a ser eletrônicas a partir da extinção dos comandos viva-voz que eram utilizados até então nas operações. Além disso, alguns investidores avaliam o país com um otimismo exacerbado, afirmando que o Brasil encontra-se em uma posição semelhante ao dos Estados Unidos antes do processo de eclosão das operações HFT. Para Alice Botis (2011), o Brasil inicia seu processo de expansão na atividade, em parte, graças às políticas de regulação e estímulo que são propostas nos ambientes de negociação, como a Política de Tarifação de Operações para Investidores de Alta Frequência – *High Frequency Trader*<sup>11</sup>, que estabelece tarifação diferenciada e decrescente em função do volume operado.

---

<sup>9</sup> “A Comissão de Valores Mobiliários (CVM) foi criada em 07/12/1976 pela Lei 6.385/76, com o objetivo de fiscalizar, normatizar, disciplinar e desenvolver o mercado de valores mobiliários no Brasil.” Fonte: sítio eletrônico da CVM, disponível em: <http://www.cvm.gov.br/>.

<sup>10</sup> COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS – CVM. **RELATÓRIO SMI/Nº 008/11: Acesso Direto ao Mercado (DMA) via Co-location Modalidade Corretora – Segmento Bovespa.** São Paulo, 11 fev. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/0pF7Y4>>. Acesso em: 27 maio 2015.

<sup>11</sup> BM&FBOVESPA. **028/2010-DP – Ofício Circular: Nova Política de Tarifação de Operações para Investidores de Alta Frequência – High-Frequency Trader.** São Paulo, 02 ago. 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/CoHIOO>>. Acesso em: 27 maio 2015.

Além de artifícios obrigatórios que buscam minimizar a possibilidade de surgimento de riscos operacionais que levem às quebras, como o sistema LiNe, que foi divulgado através do Ofício Circular 067/2012-DP, de 04 de dezembro de 2012. Os riscos operacionais não são difíceis de prever após os incidentes internacionais. Se este cenário for mantido, a tendência de evolução na participação da alta frequência é nítida.

### 3 CONCLUSÃO

O crescimento da prática de *high-frequency trading* tem gerado recentes debates, e atrelado aos avanços iniciados na década de 80, possíveis falhas e inconsistências foram identificadas ao longo do processo e levantaram discussões sobre o funcionamento e a capacidade de controle dos robôs. Originalmente, a eletrônica promoveu a democratização do cenário financeiro, onde investidores puderam beneficiar-se de uma agilidade que reduzia custos e que até então era igualitária. Contudo, as características dos robôs HFT trouxeram ao mercado a possibilidade de exploração de um potencial que o *trader* manual dificilmente atingiria sem a velocidade, eficiência e capital dos grandes investidores.

A concorrência e a inovação tornaram o mercado menos acessível a menores investidores através de regimes especiais, como os serviços de localização mais próximos das bolsas e do estímulo que isso teria gerado para a preferência às necessidades dos *high-frequency traders*. Portanto, parcela dos participantes do mercado iniciaria seus trabalhos em desvantagem operacional e tecnológica, quando muito, empregando em suas ações tipos essencialmente básicos de robôs como os *black boxes*. A ausência de uma perspectiva que aborde aspectos dos investidores que constroem estratégias de retenção de papéis buscando resultados de longo prazo também incorpora a discussão.

Baseados na característica de operar com grandes volumes de ativos e observando o episódio do *flash crash*, é possível afirmar que os algoritmos de alta frequência podem ser fatores contribuintes para o surgimento de desequilíbrio nos preços, acelerando alterações e ajudando a instaurar, ainda que momentaneamente, sinais de compra ou venda forjados em objetivos individuais de *players* específicos, e este efeito é ainda mais potencializado em uma condição de estresse nos mercados. Alguns autores argumentam que a liquidez e a melhor fluidez de informações são benefícios importantes fornecidos pelas HFT, entretanto em uma avaliação mais cautelosa, este caminho polido de dados tem em suas pontas estritamente algoritmos de negociação, uma vez que a velocidade com que a informações são disparadas e lidas torna inviável a entrada de qualquer investidor manual neste fluxo, reafirmando a existência de um viés que ampara tão somente os

grandes investidores que lançam mão da tecnologia. Além disso, a CFTC afirma em seu relatório sobre o 6 de maio que, em momentos de volatilidade e instabilidade, operações com grandes volumes de ativos não são indicadores confiáveis de que o mercado está líquido, uma vez que a liquidez pode ser fruto de desencadeamentos podem ser resultado de informações ou ordens incorretas e mal intencionadas.

Visto isso, fica claro que o papel dos reguladores vai além da fiscalização, e reside também na capacidade da construção de controles, procedimentos e ferramentas que tornem os mercados mais sólidos, confiáveis, acessíveis e justos igualmente para todos os participantes. As propostas sobre regulação partem de taxas e tarifas e atingem também os aspectos operacionais, com limitações e travas de segurança que promovam o uso mais diligente dos robôs de alta frequência. Ademais, a própria essência das operações de alta frequência pode ser geradora de desníveis com seus elementos de sofisticação e de capacidade, além das vantagens que são concedidas através das políticas de incentivo, como taxas diferenciadas e *co-location*.

Biais (2011) sugere a adoção de tributos na forma de impostos de Pigou, onde cobranças seriam feitas sobre operadores de HFT na mesma medida em que danos sobre os demais operadores fossem verificados, ou seja, um imposto no valor do custo gerado ao mercado seria cobrado sobre as operações de alta frequência. Contudo, a dificuldade de mensuração torna essa perspectiva distante. Além disso, o processo evolutivo nos mercados financeiros é uma realidade, e a tendência observada neste ambiente e em boa parte dos outros setores da economia leva a uma conjuntura de especialização e crescente presença da tecnologia, que além de aperfeiçoar lucros e promover a eficiência, originam dúvidas e brechas a serem exploradas e estudadas.

## REFERÊNCIAS

BIAIS, Bruno; WOOLLEY . *High-frequency trading. Toulouse School of Economics*. França, Março de 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/3OW8jD>>. Acesso em: 21 maio 2015.

BM&FBOVESPA. **028/2010-DP – Ofício Circular**: Nova Política de Tarifação de Operações para Investidores de Alta Frequência – High-Frequency Trader. São Paulo, 02 ago. 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/CoHIOO>>. Acesso em: 27 maio 2015.

BM&FBOVESPA. **067/2012-DP – Ofício Circular**: Controle do Risco de Operações de Alta Frequência (HFT) – Utilização obrigatória da ferramenta de Risco pré-negociação LINE. São Paulo, 04 dez. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/iZR9cf>>. Acesso em: 27 maio 2015.

CHABOUD, Alain; HJALMARSSON, Erik; VEGA, Clara and CHIQUOINE, Ben, *Rise of the Machines: Algorithmic Trading in the Foreign Exchange Market (Federal Reserve International Finance Discussion Paper No. 980)*, 2009. SSRN eLibrary. Disponível em: <<http://ssrn.com/paper=1501135>>. Acesso em: 27 maio 2015.

CHLISTALLA, Michael. *High-frequency trading: Better than its reputation? Deutsche Bank Research*. Frankfurt, 07 fev. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/a9kZge>>. Acesso em: 21 maio 2015.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS – CVM. **RELATÓRIO ANUAL 2013**. Rio de Janeiro, 30 abr. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/myi0go>>. Acesso em: 27 maio 2015.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS – CVM. **RELATÓRIO SMI/Nº 008/11** : Acesso Direto ao Mercado (DMA) via Co-location Modalidade Corretora – Segmento Bovespa. São Paulo, 11 fev. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/0pF7Y4>>. Acesso em: 27 maio 2015.

CONWAY, Brendan. *What Is This ‘High Frequency Trading’ Of Which You Speak?* The Wall Street Journal. Washington, D.C. 04 out. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/Obtptz>>. Acesso em: 27 maio 2015.



ELDER, A.. ***Trading for a Living: Psychology, Trading Tactics, Money Management***. New York: John Wiley and Sons, 1993.

FORUM, Tabb (Org.). ***A Lesson from Abroad: Pre-trade Risk in Brazil: HFT is coming to Brazil and that puts the spotlight on pre-trade risk***. 03 nov. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/zZcChI>>. Acesso em: 27 maio 2015.

GOMBER et al. ***High-Frequency Trading***. 06 jun. 2011. 86 f. *Chair of Economics and Business Administration, Goethe University, Frankfurt..* Disponível em: <[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1858626](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1858626)>. Acesso em: 21 maio 2015.

HANNA, André. **O SEGREDO dos robôs de alta frequência – HFTs**. São Paulo: Scalper Trader, 2015. (100 min.), son., color. Disponível em: <<http://www.scalpertrader.com.br/conarobo>>. Acesso em: 23 maio 2015.

IESBICK, Tiago. **Modelo de discriminação de desempenho relativo da ações no mercado de capitais brasileiro: "Termômetro de investimento"**. 2008. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/ZGQVqt>>. Acesso em: 20 maio 2015.

KIRILENKO, Andrei A. et al. ***The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on an Electronic Market***. Cambridge, 27 maio 2011. Disponível em: <[http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1686004](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1686004)>. Acesso em: 21 maio 2015.

MEDINA, Marco; FERTIG, Cristina. **Algoritmos e Programação: Teoria e Prática**. São Paulo: Novatec, 2005.

MICHAELS, Dave; PHILIPS, Matthew; BRUSH, Silla. ***Slow Cop, Fast Beat: SEC Takes Its Time on High-Frequency Trading Rules***. Bloomberg Business. Washington, D.C, 10 abr. 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/5vWPfW>>. Acesso em: 01 jun. 2015.

PATTERSON, Scott. ***High-Frequency Trading Has Made Markets More Efficient: Larry Tabb***. The Wall Street Journal. Washington, D.C. 27 jun. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/6w96ZS>>. Acesso em: 27 maio 2015.

PROTESS, Ben. **Regulators Adopt New Tools to Prevent Another Flash Crash.** DealBook – The New York Times. New York. 01 jun. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/Aj4KIE>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

REUTERS BRASIL. **Operador britânico é preso por "flash crash" de 2010.** Por Douwe Miedema e Sarah N. Lynch. Reuters Brasil, 21 abr 2015. Disponível em: <<http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0NC2P820150421>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

RUSSOLILLO, Steven. **Flash Crash, Four Years Later, Still Haunts Wall Street.** The Wall Street Journal. New York. 06 maio 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/oUz7mc>>. Acesso em: 29 maio 2015.

SAFFI, Pedro A. C.. **Análise técnica: sorte ou realidade?** Revista Brasileira de Economia, [s.l.], v. 57, n. 4, p.953-974, 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/TOLc8b>>. Acesso em: 20 maio 2015.

SANATI, C. **Sorry, SEC. Fast trading on Wall Street is here to stay.** Fortune. Disponível em: <<http://finance.fortune.cnn.com/2012/02/28/high-frequency-trading-sec/>>. New York, 28 fev. 2012. Acesso em: 28 mai 2015.

SMITH, R.. **Is high-frequency trading inducing changes in market microstructure and dynamics?** 2010. Disponível em: <http://arxiv.org/pdf/1006.5490v3.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2015.

**THE TRADE. The 2012 Annual Algorithmic Trading Survey.** Edição 31. Jan-mar 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/5EhUfY>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

U.S. Securities And Exchange Commission – SEC. **The Investor's Advocate: How the SEC Protects Investors, Maintains Market Integrity, and Facilitates Capital Formation.** Disponível em: <<http://www.sec.gov/about/whatwedo.shtml>>. Acesso em: 27 maio 2015.

U.S. Commodity Futures Trading Commission e U.S. Securities & Exchange Commission. **Findings Regarding the Market Events Of May 6, 2010: Report of the staffs of the CFTC and SEC to the Joint Advisory Committee on Emerging Regulatory Issues.** Washington, D.C. 30 set. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/fJ3UZA>>. Acesso em: 28 maio 2015.

U.S. Securities & Exchange Commission. **SEC Approves Proposals to Address Extraordinary Volatility in Individual Stocks and Broader Stock Market.** Washington, D.C, 01 jun. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/DXTX13>>. Acesso em: 01 jun. 2015.