

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA

High-Frequency Trading (HFT) como frente inovadora e ápice da evolução
dos mercados de capitais

Estratégias, regulamentação e implicações de sua presença nos mercados de capitais.

Rebecca Helena de Carvalho Prelado

Matrícula de número 115181472

Monografia apresentada ao Curso de Ciências
Econômicas da Universidade Federal do Rio de
Janeiro como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. João Carlos Ferraz

RIO DE JANEIRO

Setembro de 2019

SUMÁRIO

Introdução.....	1
1. Inovação no Capitalismo.....	7
1.1. O Conceito de Inovação.....	7
1.2. Inovação e Concorrência na Evolução do Capitalismo	9
1.3. A Influência das Instituições e Resolução de Problemas.....	10
1.4. Tipos de Inovação	11
1.5. <i>Demand Pull</i> e <i>Technology Push</i>	14
2. Percurso e Motivos dos Mercados de Capitais.....	15
2.1. Funcionamento tradicional dos mercados financeiros.....	15
2.2. A transformação dos mercados de capitais.....	16
2.3. Estratégias de Negociação	25
2.3.1. O Processo Decisório, Aspectos Técnicos ou Fundamentais	25
2.3.2. Compra e Venda de Ações no Mercado à Vista.....	25
2.3.3. Formação de Mercado (<i>Market Maker</i>).....	26
2.3.4. Compra e Venda de Opções	27
2.3.5. Negociação de Direitos de Subscrição	27
2.3.6. Negociação no Mercado de Câmbio.....	28
2.3.7. Negociação no Mercado de Contratos Futuros.....	28
3. <i>High-Frequency Trading</i>	36
3.1. A Evolução das Formas de Negociação.....	36
3.2. Definição e Criação de Ordens HFT.....	37
3.3. Disseminação e <i>Crashes</i> do HFT.....	39
3.4. Desenvolvimento de Regulação para o HFT	40
3.5. A Dependência do <i>High-Frequency Trading</i>	42
3.6. O Avanço do HFT no Brasil	42
3.6.1. Acesso Direto ao Mercado (DMA)	43

3.7.	Programa de Incentivo às Operações de Alta Frequência	45
3.8.	O Impacto do <i>High-Frequency Trading</i> sobre os Mercados Tradicionais	47
3.9.	Estratégias de HFTr em Destaque	48
3.9.1.	Arbitragem Estatística ou <i>Statistical-arb</i>	49
3.9.2.	Estratégias Direcionais Baseadas em Eventos.....	50
3.9.3.	Criação de Mercado ou <i>Market-making</i>	52
3.10.	As Estratégias Prejudiciais aos Mercados	53
3.11.	Informação, Tempo e Escala no HFT	54
3.12.	Vantagens e Riscos do HFT	55
3.12.1.	Erros nos Códigos.....	56
3.12.2.	Volatilidade	56
	Conclusão	57
	Referências Bibliográficas.....	60

RESUMO

Os mercados de capitais são de grande importância para o desenvolvimento econômico, por isso foram escolhidos como objeto de investigação deste trabalho. Estes mercados evoluíram de forma demasiada nas últimas décadas, principalmente no que tange às mudanças tecnológicas neles implementadas. Por isso, serão abordados nos capítulos que se seguem os principais conceitos econômicos sobre a temática de inovação tecnológica relevantes para a compreensão do tema, seguidamente será relatado o desenvolvimento dos mercados com atenção especial ao cenário brasileiro e, por último e mais importante, será estudado o fenômeno de *High-Frequency Trading* (HFT). O HFT será estudado como ápice do enriquecimento de modelos de negociação dos mercados de capitais. Além disso, serão detalhados conceitos fundamentais, principais estratégias, regulação e riscos ao sistema econômico.

Palavras-chave: Inovação, Tecnologia da Informação, *High-Frequency Trading*, Bolsas de Valores, B3.

ABSTRACT

The Capital markets have a great importance for economic development, so they were chosen as the object of investigation from this work. These markets increased too much in the last decades, especially regard to the technological changes implemented in them. For this reason, the following chapters will discuss the main economic concepts on the topic of technological innovation relevant to the understanding of the theme, then the development of markets with special attention to the Brazilian scenario will be reported. Lastly and the most importantly, will be studied, the phenomenon of High Frequency Trading (HFT). HFT will be studied as a culmination enrichment of capital markets trading models. In addition, fundamental concepts, key strategies, regulation and risks to the economic system will be detailed.

Keywords: Innovation, Information Technology, High-Frequency Trading, Stock Exchanges, B3.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram criadas até hoje, por sua imensa misericórdia e graça em minha vida e por cumprir esta promessa.

À minha mãe por todo seu amor, todo sacrifício e toda palavra de apoio, incentivo e pela fé em minha capacidade quando eu mesma já não a possuía, toda situação engraçada e inúmeros jantares tarde da noite ao meu lado.

À minha avó também por seu amor, atenção e por toda gargalhada em momentos de tensão. Eu não me esquecerei de todas as vezes que, mesmo distante, a sra. me desejou “boa prova”.

Minha gratidão se estende à Aline Muniz pelo companheirismo durante vários semestres, aos professores do Instituto de Economia que me fizeram amadurecer em escolhas e atitudes, em especial o professor João Carlos Ferraz e aos colegas do Instituto pelas interações.

De igual forma sou grata ao Eduardo Prosdocimi por abrir as portas de sua casa quando foi necessário, aos amigos de infância que foram privados de minha companhia em diversas ocasiões e aos demais que confiaram em mim durante este longo processo.

“Aquele que leva a preciosa semente, andando e chorando, voltará, sem dúvida, com alegria, trazendo consigo os seus molhos.” Salmos 126:6

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Redução de Custos por Unidade Produtiva do HFT (latência em milissegundos) Relacionado com o *Trading* Tradicional (latência em segundos)

Imagem 2: *Call System* (versão 1)

Imagem 2: *Call System* (versão 2)

Imagem 4: *Trading Post*

Imagem 5: As Bolsas Brasileiras

Imagem 6: O Mercado de Capitais

Imagem 7: Boletas de Compra e Venda à Vista da BVRJ no Pregão Viva-Voz

Imagem 8: Boletas de Compra e Venda à Vista da BOVESPA no Pregão Viva-Voz

Imagem 9: Boletas Negociação de Contratos Futuros BM&F no Pregão Viva-Voz

Imagem 10: Boletas de Compra e Venda à Vista e de Opções na B3

Imagem 11: Boletas de Compra e Venda de Derivativos na B3

Imagem 12: Resumo de Negociações de Diversos Tipos

Imagem 13: Formas de Negociação nas Principais Bolsas de Valores

Imagem 14: Representações das Formas de DMA

Imagem 15: Dinâmica Simples de um *Book* de Ofertas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelo de Descontos para Contratos de Dólar

Tabela 2: Modelo de Descontos para Contrato de Ibovespa

Introdução

A inovação move os sistemas econômicos mundiais produzindo mudanças, aumentando a eficácia de processos e causando rupturas. Assim, incluídos em panoramas econômicos complexos, os mercados de capitais também compuseram estes ciclos econômicos e foram transformados pelo avanço tecnológico.

É evidente que a implantação de tecnologia nos mercados deve ser analisada de modo amplo, isto é, de forma que sejam identificados os impactos dos avanços sobre a ética nas negociações de mercado, além das variações econômicas e este trabalho trará esta tônica à luz. Afinal, “A tecnologia muda. As leis da economia não.” (SHAPIRO, 2003)

No princípio, a negociação nos mercados de capitais era realizada em locais físicos. As transações desde então já eram baseadas na competição entre compradores e vendedores para executar as ordens para os ativos de interesse dos investidores.

Os mercados, sem envolver processos eletrônicos, produziam uma disputa lenta entre os negociadores. A defasagem temporal, por sua vez, dificultava transações de altos montantes, apesar de estes serem priorizados. Por último, a falta de transparência nas informações sobre o processo negociação afastava investidores e tornava os mercados menos acessíveis. Este rápido parágrafo explica o porquê dos termos informação, tempo e escala serem imprescindíveis na análise que se seguirá.

Os mercados passaram a apresentar mais agilidade com o fim do pregão físico, o pregão viva-voz. A transformação foi fruto da evolução dos mercados de capitais para via eletrônica. Esta mudança facilitou a negociação em escala, viabilizou o acesso às informações dos investidores sobre os participantes dos mercados, sobre a formação dos preços de negociação, entre outros.

Além disso, o tempo de execução das ordens foi reduzido de forma expressiva. Mesmo com as mudanças, manteve-se a necessidade de intermediação, mas a cada novo sistema implantado a comunicação com o intermediador ganhava mais dinamismo.

A evolução do mercado sinalizou continuidade com o *Home Broker*, plataforma eletrônica de negociação na qual o próprio investidor tem acesso às condições de mercado e pode executar as ordens desejadas.

Os parâmetros da negociação ficaram melhor definidos: a redução temporal avançou, a escala se tornou viável e as informações se tornaram mais transparentes para os investidores e para as corretoras.

O operador se tornou facultativo no processo de compra e venda de ações, mas a intermediação por uma corretora ainda é necessária. A instituição corretora é responsável por divulgar corretamente as condições de mercado, por armazenar e por transmitir as ordens de seus clientes à Bolsa. Ou seja, são básicas para o sucesso das operações.

Vê-se que a tecnologia da informação invadiu os mercados de forma gradual até alcançar sua face de alta frequência abordada adiante. As mudanças iniciais não mudaram o núcleo do funcionamento das operações, apenas o tornaram mais transparentes ao expandir o alcance das informações e negociações de um ambiente físico para um ambiente virtual amplamente acessível.

O cenário, no entanto, transformou-se quando surgiram as formas negociação baseadas em algoritmos, entre elas o *algotrading* ou *automated trading*, ou seja, o uso de algoritmos matemáticos para efetivação de transações financeiras e o *High-Frequency Trading* (HFT).

Os sistemas de informação usados nos últimos modelos de negociação são mais sofisticados e podem impactar a sociedade de forma mais notável, pois se estendem do campo informacional aos âmbitos ético e social como levantado por ATHERINO, 1998.

O *High-Frequency Trading* (HFT) ou Negociação [Algorítmica] de Alta Frequência (NAF) constitui uma técnica de negociação baseada em algoritmos. De maneira mais específica, é uma combinação de “modelos algorítmicos computadorizados capazes de ler dados e informações”¹.

O HFT aplica estratégias variadas resultantes em um elevado número intradiário de mensagens enviadas aos sistemas de negociação das bolsas, justificando a nomeação de ‘alta frequência’. Nesta forma de negociação, a ordem temporal ronda entre nano e microssegundos.

¹ CLARKE, 2014 apud OLIVEIRA, 2016

Dado que os conceitos econômicos são atemporais, torna-se claro que as novas tecnologias são implantadas, como levantado na abordagem neo-schumpeteriana, para resolver problemas.

O HFT surge como solução para ruptura de ciclos vigentes nos mercados onde já eram comuns as formas de angariar lucros operacionais, o *trading* caminhava para a saturação enquanto surgiam apenas mudanças incrementais em estratégias como novas formas de análise de portfólio ou algumas táticas não tão disseminadas.

Desta maneira, investidores com alto volume de capital disponível para investimentos, como negociadores institucionais, precisavam de algo além de uma simples carteira composta por proteção (*hedge*) de seu negócio principal no mercado cambial e algumas estratégias com operações normais onde pagavam muitos impostos e mantinham seu capital atrelado por tempo demasiado. Eles precisavam de vantagem competitiva, alavancagem de ganhos e de sistemas mais independentes.

O caminho para atender estes quesitos, foi iniciado com o *algotrading* que possibilitou aos grandes investidores a redução do tempo dedicado ao operacional em si liberando espaço para o planejamento de estratégias.

Esta forma de negociação, no entanto, ainda exige tempo de profissionais para estimar cenários e demarcar pontos, ou seja, exige intervenção humana assiduamente para traçar cenários e pontos a serem cumpridos de forma automática posteriormente.

Com o desígnio de alçar maior independência e exatidão nas estratégias o que, por seu turno, viabiliza maiores ganhos, foram criados os robôs de alta frequência, como são chamadas as máquinas de *high-frequency trading*. Surgiu assim o novo modelo de negociação, não apenas mais uma estratégia de *trading*.

Representantes de grande vantagem competitiva e ruptura de ciclo, as máquinas de *high-frequency* atuam apenas com base nos códigos pré-estabelecidos sem que haja intervenção humana direta além da programação inicial.

Os códigos são responsáveis por realizar transações fundamentadas nos objetivos traçados pelos seus proprietários no ato de sua programação que pode ser modificada posteriormente conforme as pretensões dos agentes dada a leitura do mercado. A interpretação geralmente tem como base a escola de análise fundamentalista, estratégias direcionais, ou a escola de análise técnica, arbitragem estatística ou criação de mercado.

A tecnologia usa a mesma lógica de emissão de ordens, entretanto, a velocidade e o dinamismo de emissão e cancelamento de ordens é mais avançada. A saber, as operações em alta frequência são encerradas no mesmo dia da abertura (*flat* ou *day trade*).

As estratégias dos *High-Frequency Traders* (HFTr) são baseadas essencialmente em arbitragem estatística, formação de mercado e táticas direcionais com eventos. Com a velocidade do modelo de negociação surgiram estratégias com menos éticas em detrimento das anteriores, elas são erguidas sobre a manipulação de mercados.

Os sistemas de informação avançaram em eficiência e, em contrapartida, os custos para a utilização destes também cresceram e surgiu a corrida armamentista por tecnologia dos HFTr que usam as estratégias menos éticas. Os HFTr que usam as demais táticas dependem da baixa latência, mas possuem recursos analíticos além da velocidade.

Ademais, é importante notar que o aumento da velocidade e da independência carregam intrinsecamente maior nível de risco, porque não há um humano a supervisionar a inteligência artificial.

Para demonstrar esta instabilidade, compete mencionar os episódios relativamente recentes de pânico nos mercados em decorrência de falhas nos códigos de máquinas de alta frequência. Cabe então lembrar que, mesmo sendo os robôs os realizadores e até mesmo a inteligência por trás das decisões, sempre há investidores reais que os programam, traçam objetivos e estratégias.

Pessoas físicas/jurídicas são as verdadeiras responsáveis pelos atos das máquinas e serão as penalizadas em caso de perda de controle das operações. Portanto, especialistas em economia e mercados continuam sendo fundamentais em período de avanços tecnológicos para acompanhar o funcionamento e as operações executadas pelos robôs.

Para haver penalização é necessária a existência de regulamentação e são justamente as normas que compõem a parte mais sensível do atual quadro em desenvolvimento para operações de alta frequência.

Países mundo a fora, principalmente Estados Unidos e países europeus que possuem mercados de capitais mais avançados, têm se debruçado ao raciocínio para constituição de regulação pertinente e eficaz. O Brasil também é um dos países que avança na regulação desta forma de negociação.

A regulação influencia o processo de negociação de ativos nos mercados, por isso será necessário realizar uma análise deste âmbito. Por exemplo, a regulamentação dos Estados Unidos propiciou a criação das *dark pools*, isto é, bolsas de valores privadas, que fragmentam os mercados e retroagem no quesito transparência operacional oferecendo aos investidores de baixa frequência uma fuga aos *high frequency traders*.

Estas bolsas são entraves para atuação dos negociadores de alta frequência, no entanto, podem não ser totalmente positivas para o negociador tradicional. As *dark pools* traduzem a insegurança dos investidores quanto à atuação dos negociadores de alta frequência, pois as estratégias destes dependem do acesso às informações de negociação dos demais negociadores e elas, supostamente, as omitem.

Finalmente, o objetivo traçado neste trabalho é analisar a evolução dos mercados de capitais, principalmente o brasileiro, até a chegada da negociação de alta frequência e a relação desta com o mercado tradicional, ou seja, de baixa frequência e com maior grau de intervenção humana, de forma bem organizada.

Na estruturação será considerado que a forma de negociação se enquadra nos padrões de inovação tecnológica da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) e, por esta causa, no capítulo um a aplicabilidade das teorias sobre inovação será ponderada.

Em seguida, no capítulo dois, será verificada a evolução dos mercados financeiros e como o cenário progrediu até viabilizar o *high-frequency trading*. Para tal o funcionamento da negociação dos principais ativos, isto é, dos mais líquidos, no mercado de renda variável do mercado de capitais do Brasil, será explorado para que seja possível correlacionar a negociação tradicional com o HFT. Os princípios de tempo, informação e escala serão analisados de forma contínua em juntamente aos conceitos.

A última seção, capítulo três, abordará então o conceitual do *high-frequency trading* desde os aspectos fundamentais até a ruptura com o mercado tradicional. Os destaques serão as estratégias baseadas no princípio de formação de mercado que funcionam apenas com o acesso aos detalhes (informações) das ordens dos investidores; no imenso volume de mensagens que podem ou não se converter em ordens que integram as táticas de arbitragem e direcionais (escala); e na baixa latência (tempo) alcançada através do Acesso Direto ao Mercado (*Direct Market Access – DMA*) especialmente o DMA 4, ou melhor, *Co-location* ou partilha de instalações.

Desta forma, faz-se necessário verificar as implicações do *trade* de alta frequência e a regulação do mesmo para chegar à conclusão mesmo que parcial sobre o grau de impacto, como incentivo ou limitação, que as normas exercem sobre a evolução dos mercados de capitais. Sem deixar de olhar para os riscos quanto à integridade do mercado e eficiência ou transparência de mercado (IOSCO, 2011).

As estratégias principais da negociação tradicional serão comparadas às da negociação de alta frequência, englobando os aspectos escala e tempo. A insegurança dos investidores tradicionais e o surgimento de *dark pools* será tratado para mostrar como pode influenciar os mercados de forma negativa.

1. Inovação no Capitalismo

1.1.O Conceito de Inovação

Serão abordados neste capítulo os principais conceitos econômicos sobre a temática de inovação tecnológica relevantes para a monografia. O primeiro objetivo será analisar a inovação de forma exploratória a partir das conclusões sobre concorrência e inovação de Schumpeter e da abordagem Neo-schumpeteriana.

Faz-se necessária a abertura do trabalho com estas apreciações para que o assunto de *High-Frequency Trading* seja esclarecido desde seus primórdios, ou seja, desde seu enquadramento econômico representado pelo conceito de inovação.

A relevância da inovação para o desenvolvimento econômico já foi versada por grandes nomes, alguns deles serão aqui citados e terão suas teorias explanadas. São eles: Schumpeter em ‘A Teoria do Desenvolvimento Econômico’, Dosi em ‘*Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation*’, Freeman em ‘A Economia da Inovação Industrial’, Perez em ‘*Revoluciones tecnológicas y capital financiero*’, Nelson e Winter em ‘Uma Teoria Evolucionária da Mudança Econômica’. Schumpeter será capturado como responsável pela ruptura para com a análise neoclássica de inovação e os demais como alguns de seus principais sucessores.

A inovação, ou seja, a mudança tecnológica, foi relegada ao segundo plano no estudo sobre desenvolvimento econômico ao ser analisada sob a perspectiva neoclássica que estuda a economia sob caráter estático.

Para este grupo de pensadores a inovação condizia apenas com uma estratégia de usufruto do agente racional maximizador de lucros. Schumpeter, por sua vez, pregava que as mudanças tecnológicas eram o “motor da dinâmica econômica capitalista” (POSSAS, 1989).

O autor esclareceu o fato de que os investimentos em inovações precisam ser incentivados, excluindo assim a competição perfeita defendida pelos neoclássicos. Afinal, a inovação e a concorrência induzem a evolução do sistema capitalista que está em transformação contínua. (POSSAS, 1989)

O *high-frequency trading* é uma representação clara de dinamização econômica por meio de inovação que impacta os mercados de capitais capazes de o receber, tendo em vista que as estratégias do modelo de negociação denominado de alta frequência são

factíveis apenas em mercados que apresentam liquidez e regulação que o habilite. É correto dizer isto, pois o HFT conduz os mercados onde é aplicado à eficiência, cuja definição será vista no capítulo três, e amplia a liquidez dos mesmos, desta forma ajudam o mercado a alcançar parâmetros desejáveis por seus integrantes.

Schumpeter definiu o inovador como agente que logra rendas (temporárias) monopolistas por se diferenciar dos concorrentes, distinguindo-se, portanto, esta abordagem da ótica neoclássica onde o monopolista é o vendedor único de um bem cujo mercado possui barreiras à entrada. Este é o processo básico através da inovação, não por falta de concorrência.

Ele também contrapõe a existência de preços rígidos, isto é, aqueles que não são totalmente influenciados pela lei da oferta e da demanda (flexíveis). Para ele os preços se adaptam ao progresso técnico. Por último, o economista exprime o desenvolvimento econômico como a ruptura de um fluxo circular equilibrado que, por seu turno, representa um sistema econômico capitalista.

Em suma, a análise de Schumpeter acompanham as trajetórias econômicas, a fuga ao equilíbrio estático e a existência de incerteza. A incerteza está conectada à inovação e seu resultado *ex-post*. Não há como determinar se uma mudança tecnológica será ou não benéfica antes de implementá-la, faz-se necessário que a firma, centro analítico, assuma o risco e os custos de forma irreversível e considere não só a sua decisão, mas também a de outros agentes do mercado.

O processo de obtenção de rendas monopolistas no mecanismo HFT acontece por meio de inovações em *software*, isto é, mecanismos de tecnologia da informação e de *hardware*, ou seja, infraestrutura suficientemente relevantes. Em outras palavras, mudanças tecnológicas que ampliem a capacidade das máquinas programadas em ler dados dos mercados ou que reduzam a latência, de outra maneira, que diminuam o atraso entre a emissão e a execução de ordens para tornar exequíveis as estratégias dos HFTr.

A adequação dos preços ao progresso técnico é identificada no HFT. Neste sistema inicialmente os dispêndios para implantação de tecnologia são altos, mas o custo marginal é baixo, ou seja, a tarifa é reduzida para a emissão de mensagem adicional dado o alto volume de mensagens intradiárias. Além disso, cumpre-se na implementação da tecnologia de HFT o resultado *ex-post* da inovação, porque o sucesso das táticas operacionais só é visível após as mudanças que visam melhorar a execução de ordens.

1.2. Inovação e Concorrência na Evolução do Capitalismo

A inovação e a concorrência deram tom aos escritos baseados em cenários dinâmicos dos evolucionistas onde a evolução do capitalismo parte das firmas que buscam inovar para manter vantagem concorrencial.

A inovação é a mola propulsora do desenvolvimento e é melhor disseminada em cenários situados entre os extremos de competição perfeita e monopólio (geralmente oligopólios) que são coordenados por grandes empresas (novas ou antigas). Segundo Schumpeter, as grandes empresas se diferenciam com mais frequência por possuir mais capital e maior inclinação em assumir os riscos de inovar.

A concorrência, por sua vez, induz a economia ao processo de transformação contínua e aos desequilíbrios que resultam na destruição criadora para que esta gere o progresso técnico e conduza a sociedade ao desenvolvimento econômico. Desta forma, a ideia de concorrência de preços neoclássica cede espaço à disputa por qualidade e nível de inovação.

A abordagem neo-schumpeteriana é voltada para resolução de problemas por meio da análise das inovações tecnológicas. A origem da abordagem está nas premissas schumpeterianas de modelo dinâmico, inovação e concorrência.

Para chegar às conclusões sobre seus ideais, os neo-schumpeterianos avaliam a concorrência como característica primordial do progresso técnico, o impacto das assimetrias do mercado, o estudo do espaço ocupado pelas inovações e como funciona sua relação com a estrutura de mercado.

A estrutura de mercado é moldada de acordo com o processo competitivo existente, logo a existência de monopólios demonstra a capacidade inovativa e de diferenciação das empresas monopolistas em relação às demais inclusive com a compra de tecnologias. Em concomitância, há no mercado características econômicas que garantem a apropriação da inovação.

As empresas implementam mudanças econômicas por meio de alterações técnico-produtivas em produtos e processos. Portanto, o processo competitivo, dada uma racionalidade econômica limitada dos agentes, origina o desenvolvimento econômico em meio à incerteza e desequilíbrios de longo prazo.

Os termos mais frequentes nesta análise e também para explicar o conceitual de *High-Frequency Trading* (HFT) são o desequilíbrio, a incerteza e a concorrência. Neste ambiente os agentes inovadores são responsáveis pela implantação e difusão da tecnologia que auxiliará no desenvolvimento econômico ao afetar as estruturas dos mercados de capitais e as instituições envolvidas no processo².

Empresas de grande porte são as que praticarão as maiores inovações em *high-frequency trading*, pois são elas que possuem capital suficiente para reger operações próprias em alta frequência assumindo o risco inerente às mesmas que serão detalhados em breve nesta monografia.

As ideias surgem, no entanto, normalmente surgem fora dessas grandes empresas que as colocarão em prática. Os fornecedores de robôs e soluções de *software* para negociação de alta frequência estão inseridos em mercados com formato de oligopólio. Neste mercado a concorrência é quem dita o ritmo de mudanças nas soluções oferecidas.

1.3.A Influência das Instituições e Resolução de Problemas

As instituições têm o poder de manipular a direção de um avanço tecnológico até chegar ao objetivo de sua existência: resolução de problemas ou aperfeiçoamento de técnicas. Elas fazem isto, essencialmente, por meio de regulação e incentivos.

As instituições são fundamentais para a aplicabilidade do *high-frequency trading*, pois elas ditarão se as táticas desta forma de negociação são legais ou não, criarão regras específicas para incentivar ou inibir a aplicação deste modelo e definirão os custos para emissão do elevado número de mensagens intradiárias e execução de operações.

A etapa de identificação e resposta do problema mencionado no primeiro parágrafo desta seção, para Dosi, chama-se trajetória tecnológica, é formada por inovações incrementais ou radicais e está condicionada ao acúmulo de conhecimento (*path dependence*). Freeman e Perez vão além das contribuições de Dosi ao aprofundar a análise para as implicações institucionais. (BECKER, 2009)

² As instituições fazem parte da análise, porque os neo-schumpeterianos ressaltam que o ambiente econômico competitivo vai além das inovações tecnológicas.

Aplicadas à negociação de alta frequência, a busca pela inovação e a difusão (aceitação) dela no sistema econômico podem resolver os problemas de informação, tempo e escala existente nos mercados de capitais.

As mudanças tecnológicas aceleram o processo de negociação e este o maior interesse do *high-frequency trading*. Ademais, ampliam as oportunidades de ganhos em mercados com alta liquidez por auxiliar os agentes a atuarem com mais precisão e maior escala usando as informações existentes.

A busca pela inovação, no entanto, permeia um processo moroso de seleção que inclui a identificação de características para confirmar a tecnologia como viabilizadora de mudança estrutural na economia.

No que tange ao HFT, o processo de seleção existe para verificar se a mudança tecnológica proposta aumentará a possibilidade de ganhos através das estratégias em grau suficientemente aceitável, ou seja, se os lucros provenientes das mudanças são iguais ou superam os montantes financeiros vultuosos investidos na criação de novos *softwares* e *hardwares* potentes.

A partir da análise dos conceitos anteriores, torna-se possível entender os preceitos básicos de *High-Frequency Trading* e como esta inovação está atrelada à microdinâmica, isto é, “a dinâmica das indústrias e mercados” (POSSAS, 1989).

1.4. Tipos de Inovação

As inovações são caracterizadas mediante alguns princípios, são eles: a redução de custos de produção por unidade, a introdução de um novo método de produção, a abertura de um novo mercado e o estabelecimento de uma nova organização industrial. As inovações usam o método de produção antigo como base e o atualizam através da mudança de métodos produtivos (caráter cumulativo com avanços). (POSSAS, 1989).

A convergência do *high-frequency trading* com a definição acima pode ser compreendida pelos esclarecimentos dos pontos a seguir:

- ✓ Os custos de produção por unidade decrescem após a implantação da tecnologia de alta frequência: o modelo funciona com a emissão de mensagens intradiárias e arbitra entre mercados ou ativos, desta forma o investimento em tecnologia para acelerar a velocidade entre emissão destas mensagens e a execução ou

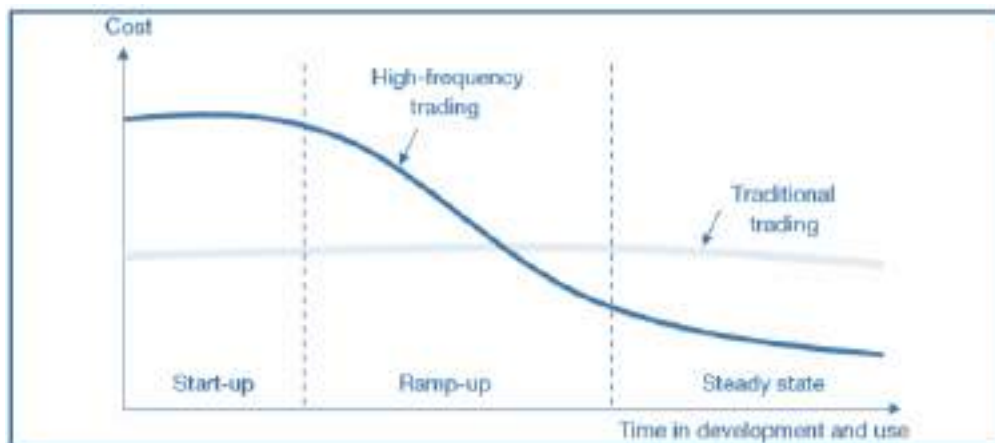
cancelamento das ordens por ela geradas permite a emissão de mais mensagens dentro de um mesmo intervalo de tempo em relação à tecnologia anterior. Por isso, o custo por mensagem decrescerá dado que mais operações poderão ser realizadas, isto é, há mais oportunidades para realização de operações lucrativas.

- ✓ As negociações de alta frequência são um subgrupo das negociações algorítmicas, portanto há inserção de novo método de produção que complementa a negociação eletrônica que, por sua vez, substituiu a negociação viva-voz detalhada no próximo capítulo. Houve, deste modo, um acúmulo de conhecimentos que gerou evolução no processo de negociação nos mercados de capitais.
- ✓ A abertura de um novo mercado e o estabelecimento de uma nova organização industrial pode ser vista no HFT através do surgimento de empresas especializadas em solução de software e hardware especializados. Estas firmas produzem robôs pré-programados cada vez mais evoluídos e com mais autonomia em relação ao operador humano que a coordenará. Além dessas firmas, o HFT estimulou a criação de bolsas privadas onde são feitas as negociações de ativos sem o conhecimento do grande público.

Logo, a indústria de tecnologia da informação foi fomentada pelo *high-frequency* e é também estimulada pelo avanço deste modelo de negociação. Da mesma maneira, a indústria de bolsas privadas também surgiu em virtude da disseminação do *high-frequency*.

Para Schumpeter, o capitalismo evolui de forma diretamente proporcional ao nível de inovações tecnológicas praticadas e a firma é o local onde são pensadas as formas de inovação que podem ajudar na evolução de certa indústria (POSSAS, 1997). No que cerne ao HFT, as empresas de sistemas de informação e as novas bolsas privadas (*dark pools*) são as firmas que cumprem o argumento do economista.

Imagem 1: Redução de Custos por Unidade Produtiva do HFT (latência em milissegundos) Relacionado com o *Trading* Tradicional (latência em segundos)



Fonte: ALDRIDGE, 2013.

Dadas as informações anteriores, torna-se possível canalizar as atenções para a teoria de Schumpeter onde o desenvolvimento é dado pela descontinuidade decorrente da utilização de novas combinações de meios produtivos.

Os cinco tipos de inovação descritos a seguir foram determinados pelo autor na obra SCHUMPETER, J.A., *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*, 1997 (Tradução Maria Sílvia Possas).

- ✓ Introdução de um novo bem que os consumidores ainda não estão habituados ou do aprimoramento da qualidade do mesmo;
- ✓ Introdução de um novo método de produção não necessariamente novo cientificamente, mas nunca antes testado pela indústria de transformação;
- ✓ Abertura de um novo mercado para indústria de transformação de determinado local;
- ✓ Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados outrora inexistente ou inexplorada;
- ✓ Reorganização de uma indústria, ou seja, rearranjo de sua posição no mercado como sua transformação em monopólio ou mesmo o processo reverso.

A negociação de alta frequência constitui-se em inovação do segundo tipo, porque há introdução de um novo método de produção eletrônico, baseado em algoritmos e com baixa latência viabilizado pela implementação infraestrutura e mecanismos de tecnologia da informação mais sofisticados em relação às demais técnicas. Em resumo, é uma inovação de processo, pois utiliza métodos de produção significativamente melhorados.

A intensidade das inovações tem dois parâmetros: a inovação incremental atrelada a mudanças de baixo risco nos mercados e a inovação radical ligada à criação de novos mercados e rupturas com as estruturas vigentes. (BURGELMAN, 2001 apud LOBO, 2018)

Ao analisar o fenômeno de *High-Frequency Trading*, vê-se que ele não pode ser apresentado simplesmente como inovação incremental. Aproxima-se mais de uma ruptura radical, apesar de ser uma inovação baseada em um produto já existente.

O modelo de negociação resulta em processos novos, apresenta grandes riscos com o investimento em tecnologia, produz fragmentação dos mercados vigentes ao estimular a criação das bolsas privadas (*dark pools*) e encorajou o mercado de tecnologia e sistemas de informação para criação de robôs de negociação de alta frequência.

Portanto, o HFT gerou descontinuidade, desenvolvimento de novas indústrias e segmentações incipientes. Logo, pode ser definido como inovação radical e de processo. A lógica de *High-Frequency Trading* será detalhadamente explanada no capítulo terceiro.

1.5. Demand Pull e Technology Push

Os fatores *demand pull* e *technology push* são herança dos estudos ortodoxos sobre o desenvolvimento econômico e é mais um ponto de ruptura dos neoschumpeterianos para com aqueles.

A demanda influencia a dinâmica econômica, no entanto, o avanço tecnológico impacta da mesma maneira. Existe uma troca mútua onde a demanda é o parâmetro *ex-ante* e a trajetória natural da tecnologia, isto é, a busca incessante por mudanças e melhorias, é a referência *ex-post*.

Dado que os principais indutores do *high-frequency trading* são a busca pela inovação, a incerteza, a cumulatividade do conhecimento, os mecanismos de aprendizado da máquina e a seleção de tecnologia, vê-se que os fatores indutores do avanço não são somente o estímulo da oferta e da demanda no processo.

2. Percurso e Motivos dos Mercados de Capitais

2.1. Funcionamento tradicional dos mercados financeiros

Como fundamento dos escritos a seguir, deve-se saber que os mercados de capitais são de grande importância para o desenvolvimento econômico. Empresas captam recursos nestes mercados com a primeira emissão ou com a emissão continuada (*follow-on*) de suas ações. Uma ação é a “menor parcela do capital social das companhias ou sociedades por ações” (CVM, 2014).

Os valores obtidos nas ofertas, por sua vez, são investidos posteriormente na chamada ‘economia real’, ou seja, núcleo de negócio principal da empresa emissora que será responsável por fomentar a atividade econômica. A empresa que abre seu capital está em busca de novos sócios e os atrai com repartição de lucros e possibilidade de resgate a qualquer momento através da venda de ações.

Os principais passos para emissões são as ofertas públicas das empresas para com os investidores em geral. O estágio de primeira emissão exige a realização da oferta pública inicial de ações – mais conhecida pela sigla em inglês IPO (*Initial Public Offering*) – e nas emissões continuadas (secundárias) ocorrem ofertas públicas comuns.

Em ambas as ofertas a formação de preço e a divisão de ações entre os interessados passa por etapas regulatórias e é concluída por meio do processo de *bookbuilding*, ou seja, estágio no qual é definido o preço justo dadas as estimativas dos participantes da oferta para o preço dos ativos. Tratando-se de IPO’s, os interessados têm menor base comparativa para formulação de preço em relação ao *follow-on*.

Após esta etapa, as ações passam a ser negociadas no mercado secundário. Os recursos transacionados neste mercado não serão repassados para as empresas às quais as ações estão atreladas. Ainda assim, as firmas buscam apreciar seus papeis (jargão comum para ações) a fim de proporcionar liquidez para o mesmo.

O mercado secundário é o *locus* da liquidez, sem ela os investidores não seriam atraídos para as ofertas e, conseqüentemente, as empresas não teriam o mercado de capitais como via alternativa de angariar capitais. Por isso, as firmas estarão ligadas ao mercado de forma vitalícia e serão obrigadas pelos órgãos regulatórios a prestar informações periódicas de seus resultados e informações relevantes aos investidores.

O capital é desvinculado do mercado com fechamento de capital através de OPA (Oferta Pública de Aquisição) ou de falência. Fora do mercado de capitais, empresas de grande porte precisariam recorrer a empréstimos indexados a taxas de juros ou em financiamento externo, este ligaria a dívida à moeda internacional podendo então fugir o controle à variação da moeda e, portanto, da dívida.

Existem dois tipos de negociadores no mercado acionário, os “*brokers*” e os “*dealers*”. Os “*brokers*” são intermediários, ou seja, são agentes comissionados para aproximar vendedores e compradores de ações (operam por conta de terceiros), já os “*dealers*” operam com capital próprio servindo de contraparte para o cliente. (NODA, 2010).

Nas operações de baixa frequência (tradicionais) mercados de capitais, cujo a evolução será explanada a seguir, são mais comuns os “*brokers*” ou “operadores” outrora ‘de pregão’ (local físico onde ocorriam as negociações antes de os ambientes eletrônicos específicos existirem) e hoje ‘de bolsa’. Os “*dealers*”, no entanto, condizem com o perfil de participantes de negociações de alta frequência, estes precisam de menos avais para transitar e operam volumes muito superiores aos anteriores de forma acelerada.

No tópico a seguir será abordada a evolução histórica das bolsas, principalmente no Brasil, para que sejam compreendidas algumas mudanças, são elas: a inserção dos “*dealers*” nas negociações para atuar em paralelo aos “*brokers*” participantes dos pregões desde a fundação das instituições em questão; a desmutualização das bolsas e como avanço nos mercados de capitais viabilizaram aumento na liquidez, redução temporal no decurso de operações e adicionaram mais transparência à estas.

2.2.A transformação dos mercados de capitais

A origem do nome bolsa é controversa, mas sabe-se que desde o século XIII existe a profissão de intermediador de negociações e, desde antes disso, os polos de trocas. A primeira Bolsa de Valores, no entanto, é datada do século XVII, a Bolsa de Amsterdã.

No Brasil, as operações no mercado de valores mobiliários foram iniciadas na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro em 1845. À época os corretores, outra denominação dada aos operadores, eram escolhidos pelo Estado. A segunda e a terceira constituíram as raízes da união BM&FBOVESPA, hoje chamada B3 pós-novas aquisições, foram elas a Bolsa Oficial de Valores em 1890 e a Bolsa de Mercadorias de São Paulo.

A evolução do mercado de capitais doméstico apresentou seu primeiro passo com a desvinculação das bolsas e de seus operadores para com o poder público. A mudança se deu na década de 1960 com as reformas do setor financeiro. Inicialmente as bolsas tornaram-se associações civis sem fins lucrativos e depois, com a desmutualização, isto é, a transformação das bolsas em instituições que visam lucro, as bolsas puderam abrir capital e ter suas próprias ações negociadas em bolsa (NODA, 2010; FORTUNA, 2008).

A desmutualização simplificou a forma de adesão de novas sociedades corretoras ao mercado, com o processo, para que pudessem operar, as sociedades precisavam estabelecer contratos de serviços com as bolsas, sem haver necessidade de formação de sociedade entre as instituições envolvidas.

A transformação das negociações dos ativos financeiros negociados em bolsa foi arrebatadora. Antes de 1999 as trocas eram feitas via pregão viva-voz, ou seja, os corretores se reuniam no pregão para negociar em favor de terceiros. O modelo viva-voz permitia alguns tipos de rodadas de negociação, os principais foram:

- ✓ *Call System*: tipo mais primitivo de negociação onde os operadores se reuniam em torno de um balcão circular onde eram abertos intervalos diferentes de tempo para negociação de ações. Desta forma, os operadores gritavam suas ofertas e o diretor de pregão as recolhia. Encerrado o intervalo de uma ação a mesma só podia ser negociada ao final do pregão ou no dia seguinte. Posteriormente, foram instalados vários balcões, mas a lógica de negociação era a mesma.

A limitação temporal para negociata fazia com que os corretores cometessem erros operacionais e interferia no pleno atendimento de solicitações dos investidores finais, neste caso lotes maiores eram priorizados e, portanto, havia restrição de acesso ao mercado.

- ✓ *Trading Post*: inovação frente ao sistema de *call system*. Neste modelo os postos de negociação eram dispersos no pregão sob divisão de setores de acordo com o núcleo de negócios e volume de cada empresa, os ativos eram negociados continuamente ao longo do dia ocasionando aumento exponencial do volume de negociações.

Este modelo deu origem à segmentação setorial até hoje usada no mercado, são os chamados índices setoriais – índice de consumo (ICON), de energia elétrica

(IEE), do setor industrial (INDX) e imobiliário (IMOB). Neste momento foi criado o painel digital, substituto do quadro de giz, com as cotações.

Para que as ordens chegassem nas rodadas de negociação, o investidor ligava para corretora a fim de conhecer as condições de mercado, já que não eram divulgadas fora do saguão da bolsa. Durante a ligação o cliente se inteirava sobre as cotações e tomavam a decisão de compra ou venda das ações, opções ou contratos futuros.

Dada a ordem, a corretora levava as informações aos operadores de “chão do pregão”, isto é, agentes alocados no saguão da bolsa, para que estes executassem de fato as solicitações. É nítida a passividade de erros no processo dada as condições do saguão, ou seja, muito barulho, gritaria e dispersão.

Além disso, antes da execução poderia haver mudança de mercado fazendo com que a ordem ficasse “fora de preço”, ou seja, diferente do que o mercado estava praticando no momento impossibilitando sua execução.

Imagem 2: *Call System* (versão 1)



Fonte: [B]³

Imagem 3: *Call System* (versão 2)



Fonte: [B]³

Imagem 4: *Trading Post*



Fonte: [B]³

O avanço tecnológico viabilizou o surgimento da negociação eletrônica, para ser assim considerada a negociação precisa seguir alguns critérios e, mesmo os mais básicos, mostram evolução do processo em relação ao pregão viva-voz.

O *Bank for International Settlements* demarcou características exigidas nos sistemas de negociação eletrônica: roteamento eletrônico de ordens, execução automatizada, disseminação eletrônica do *pré-trade* e informações pós-operação (tradução livre do original disposto em NODA, 2010).

A negociação eletrônica deu aos mercados características hoje imprescindíveis para o sucesso de operações e para a atração de novos investidores. Destacam-se entre elas:

- ✓ A transparência, pré e pós-operacional, com exibição do *book* (livro de ofertas) e detalhes dos parâmetros da execução de operações como preço médio, horário, etc.
- ✓ A redução de custos, visto que a entrada de mais investidores viabilizam escala e, conseqüentemente, aumentam a liquidez dos mercados fazendo com que os custos para manter a estrutura necessária seja repartida para o coletivo e impacte menos individualmente.
- ✓ O risco de crédito que é dirimido por meio da análise dos intermediários do investidor final que viabiliza a análise da conta e da capacidade de pagamento do acionista evitando *default*.

Os custos precisam ser destacados, tanto os de manutenção da estrutura foram reduzidos, quanto os custos de negociação. As principais cobranças nos mercados são de corretagem e taxas de registro. A corretagem difere de acordo com o intermediador escolhido, geralmente é calculada sobre o volume transacionado e quantidade de ordens.

À época do pregão viva-voz eram priorizados os lotes maiores, ou seja, havia seleção de ordens dado o curto tempo de negociação e clientes com maior poder aquisitivo tinham suas ordens executadas enquanto investidores menores eram, por vezes, relegados.

Quando, no entanto, foram implementados os sistemas eletrônicos a escala foi ampliada como mencionado há pouco, a restrição de tempo não mais existia e eram executadas demandas dos grandes e pequenos investidores e, portanto, o custo de

corretagem menor poderia ser utilizado mantendo a lucratividade dada a maior base de recolhimento.

No que tange aos custos de registro, os avanços tecnológicos tornaram o processo menos burocráticos. Para efeitos de comparação, durante a existência do pregão viva-voz ocorreu a “*paperwork crisis*”, em virtude do grande número de boletas geradas a NYSE fechava às quartas para processar todos os negócios realizados nos pregões dos demais dias da semana. Vê-se que era necessário investir em mão de obra e perder negócios para registrar todos os *tickers* (negócios) impressos pelo telégrafo ao longo do pregão

Com a implantação dos sistemas eletrônicos a quantidade de empregados responsáveis pelo registro decresceu e as bolsas não mais interromperam negociação para registro. Logo, houve arrefecimento de custos com pessoal e expansão de receita, tornando-se possível a redução de custos operacionais repassados aos investidores finais.

A liquidez também possui papel importante, porque o processo decisório dos potenciais investidores que desejam comprar a parcela do capital social representada pela ação inclui a rapidez que conseguirão se desfazer delas quando necessário através do mercado secundário acionário.

Por isso, as empresas, apesar de só obter capital para si na emissão primária de ações, preocupam-se com o seu status e aceitação no mercado secundário de ações³. Assim, pagam proventos, isto é, promovem a participação nos lucros da empresa por parte de seus acionistas por meio de ações preferenciais, emitem ações ordinárias que dão aos acionistas direito de voto nas assembleias da empresa, entre outros.

No que tange ao salto tecnológico das bolsas brasileiras até o cenário atual, as bolsas do Rio e de São Paulo, respectivamente, BVRJ e BOVESPA, destacaram-se. A BOVESPA implantou o CATS em 1990, o *Computer Assisted Trading System* (CATS) viabilizou o acesso das corretoras credenciadas espalhadas pelo país às informações pré e pós-operacional detalhadas como inerentes à negociação eletrônica.

³ Ações ordinárias são aquelas que concedem aos possuintes o direito de voto em assembleias gerais e garantem o ressarcimento de, no mínimo, 80% do valor por ação recebido pelo controlador caso a empresa seja vendida (*tag along*). As preferenciais, por sua vez, garantem a primazia no recebimento de proventos

A BVRJ usou o SENN, o Sistema Eletrônico de Negociação Nacional (SENN) cumpriu a mesma função do CATS e foi expandido posteriormente com o Sistema de Informações e Negociação Integradas (SINFONIA).

Estes sistemas interconectaram as bolsas e auxiliaram na divulgação de informações, sem eles o mercado brasileiro não seria eficiente, pois não teria “sistema de informações capaz de disseminar ampla e rapidamente, em todas as suas características, as transações nele realizadas” (ATHERINO, 1998).

As corretoras ganharam mais escala com estas mudanças e dispensaram o uso das boletas furadas do pregão, ainda que o pregão viva-voz continuasse em vigência. As bolsas ainda eram responsáveis por fiscalizar a atuação das corretoras e avançaram qualidade de atendimento ao investidor final, neste caso enfaticamente BVRJ e BOVESPA, com serviços de telefonia direta para concessão de informações e atualização em tempo real nos terminais de computador das operações nelas realizadas.

A BOVESPA criou a Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC) poucos anos depois do CATS. A CBLC foi a câmara de compensação e central depositária de ativos que aprimorou ainda mais a comunicação entre mercado e órgãos regulatórios.

Em 1997 a Bovespa começou a operar com o Mega Bolsa onde eram negociadas ações e opções sobre ações, já em 1999 a evolução do mercado brasileiro sinalizou continuidade em tecnologia com o *Home Broker*, fora do Brasil foi implantado em 1980.

O operador deixou de ser uma obrigatoriedade no processo de compra e venda de ações, entretanto, a presença de um intermediador é necessária. Ou seja, o investidor precisaria se cadastrar em uma corretora que está conectada ao sistema da bolsa.

Por meio do Acesso Direto a Mercado (DMA – *Direct Market Access*), que será reavaliado à frente, o próprio investidor ganhou acesso às condições de mercado e a liberdade para executar as ordens desejadas, escolher estratégias, preços, entre outros. Os parâmetros da negociação ficaram melhor definidos: a redução temporal avançou, a escala se tornou viável com mais pessoas físicas e as informações mais transparentes.

Nos anos 2000 a BOVESPA integrou as demais bolsas, inclusive a BOVRJ, além da CBLC e da área de Supervisão de Mercados. Em 2011 a BM&FBOVESPA, nome pós-integração, realizou um convênio com o CME Group para acessar a bolsa de Chicago e

se desmutualizou viabilizando abertura de capital na qual foi listada no melhor nível de governança corporativa (novo mercado).

Dados tais avanços, o pregão viva-voz começou a ser descontinuado em 2005 e o foi totalmente encerrado em 2009. O convênio da instituição com o CME Group promoveu o último e maior avanço da bolsa no que cerne a plataformas de negociação, a criação da Plataforma Unificada Multiativos (PUMA) *Trading System* – o ePUMA. Posteriormente, foram integradas as plataformas e *clearings* brasileiras, este processo deu origem à [B]³ (Brasil, Bolsa, Balcão – única Bolsa em operação no território nacional).

Imagem 5: As Bolsas Brasileiras, elaboração própria.

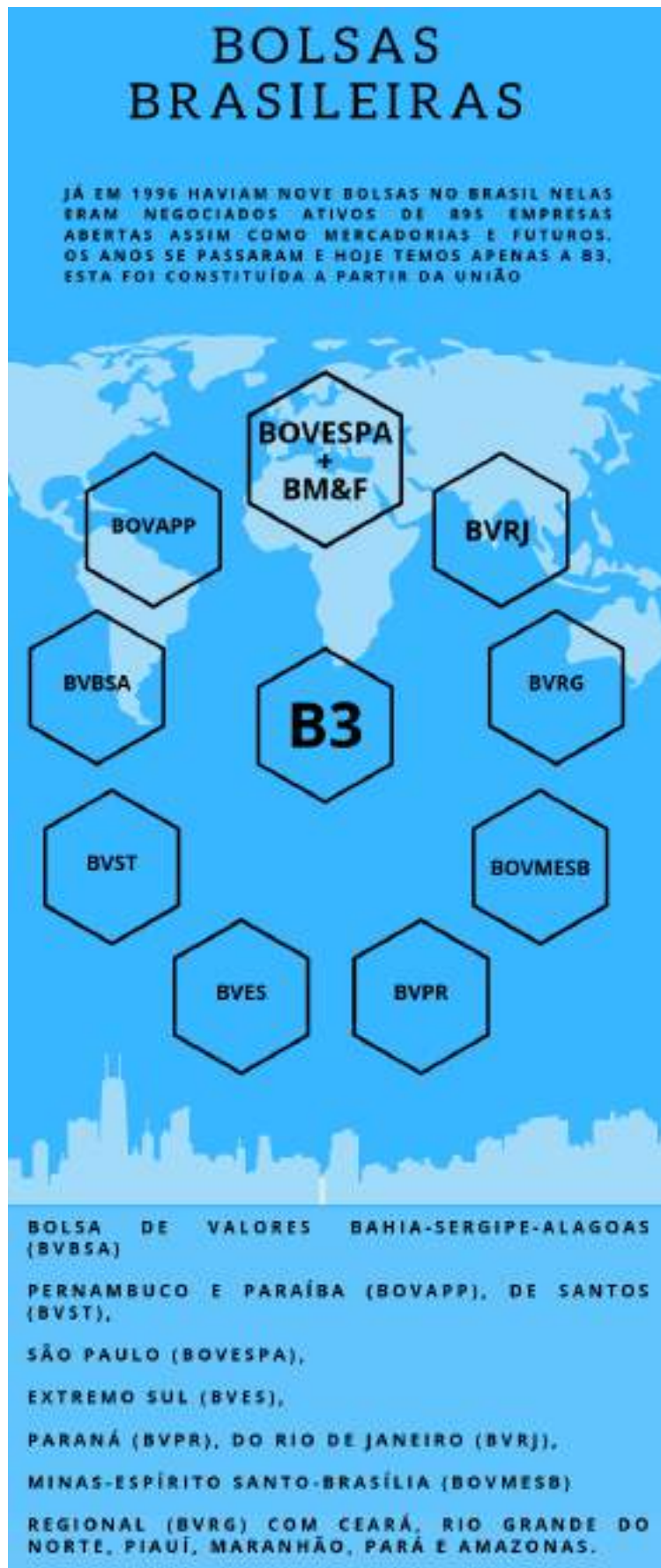


Imagem 6: O Mercado de Capitais, elaboração própria.



2.3. Estratégias de Negociação

As estratégias com negociações são variadas e numerosas, no entanto, para que se atinja o objetivo do trabalho em andamento, serão abordadas apenas as possibilidades de ganhos amplamente conhecidas e utilizadas no mercado a vista, opções, cambial e de contratos futuros.

Aquelas majoritariamente associadas ao *High-Frequency Trading* estão ligadas à criação de mercado, arbitragem e táticas direcionais (ALMEIDA, 2015). Ressalta-se que a negociação de alta frequência é um meio para aplicação de uma estratégia.

2.3.1. O Processo Decisório, Aspectos Técnicos ou Fundamentais

A escolha de investimentos baseada em aspectos técnicos é firmada em gráficos onde são reunidos os históricos de preços que, por sua vez, transparecem os fatos relevantes ocorridos com a empresa (resultados corporativos, etc.) e também proventos/subscrição (ajustes em virtude da distribuição de dividendos, bônus de subscrição, entre outros).

Já a alternativa de investir com base em fundamentos é alicerçada em fatores qualitativos e quantitativos das empresas, tais como resultados corporativos e anúncios de eventos ou divulgação de notícias que afetem o ambiente macroeconômico e o ativo de interesse.

2.3.2. Compra e Venda de Ações no Mercado à Vista

Os tipos principais de compra e venda no mercado à vista cuja execução pode ser feita por *traders* de alta frequência são a mercado, administrada e limitada. Representam estratégias direcionais, isto é, estimam vieses específicos para os preços de compra e venda dos ativos, ou táticas de arbitragem estatística. Para efetivação destas operações os investidores precisam detalhar as características das ações, ou seja, se são preferenciais ou ordinárias e quais são os emissores.

As negociações a mercado se concretizam, segundo as quantias pré-definidas pelos acionistas, quando o vendedor repassa suas ações ao maior preço possível no momento e o comprador as obtém ao menor preço do livro de ofertas obedecendo a fila de execução – regra da melhor execução (*best execution*).

Quanto às administradas, o investidor informa ao intermediador a quantidade de interesse e o último trabalha sobre a execução da ordem seguindo o princípio de *best execution*.

Já as ordens limitadas são recebidas com entaves de preços de compra ou venda, então o *trader* [humano ou não] pode lidar com a efetivação no preço ou em preço melhor em relação ao pré-estabelecido.

Além destas, podem ser inseridas ordens com níveis dados antecipadamente pelos investidores como objetivo das ações (*stop gain*), limites para perdas em investimentos (*stop loss*) e ordens programadas (*start*) disparadas automaticamente quando os ativos atingem patamar definido pelo investidor como ‘ponto de entrada’, isto é, preço justo para compra. Estas ordens são aplicáveis ao *algotrading*⁴ generalizado, não de alta frequência.

2.3.3. Formação de Mercado (*Market Maker*)

Market maker é o participante do mercado que atua nas pontas ofertante e tomadora de ativos a fim de prover liquidez para o livro de ofertas e também de reduzir a diferença entre os valores de compra e venda (o *spread*) dos ativos em questão.

O formador é responsável pelo resultado de suas operações limitadas, logo apuram lucro ou prejuízo das mesmas. Tendo isto em vista, fatores como existência de informação privilegiada (*insider information*) afetam o comportamento do *market maker*, porque confere risco à atuação do mesmo em detrimento dos possuintes desta informação (*insider trader* ou mesmo *insider*).

Os *market makers* atuam de acordo com informações amplamente divulgadas e podem perder em valor monetário no *trading* ao lidar com *insider traders*. Se o formador de mercado, no entanto, for o conhecedor de informação privilegiada estará, por conseguinte, impedido de exercer sua função até que o conteúdo seja divulgado ao mercado conforme regulamento da CVM (Instrução 384 de 17/03/03).

⁴ *Algotrading*, também conhecidos como *Automated trading*, é a operacionalização de sistemas eletrônicos baseados em programação algorítmica para operações de no mercado de capitais. Bússola do Investidor: https://www.bussoladoinvestidor.com.br/abc_do_investidor/comercio-algoritmico/

Os ganhos desta operação são provenientes do total alcançado por meio dos *trades* baseados na estratégia de eliminação na diferença de preços, ou seja, apropriação do *bid-ask spread*. Ademais, podem ser pagas comissões para os formadores de mercado em troca da prestação de seus serviços.

2.3.4. Compra e Venda de Opções

Opções são ativos segregados em opções de compra (*call*) e de venda (*put*), seus titulares têm o direito de comprar o ativo-objeto da opção a um valor pré-determinado conhecido com preço de exercício ou *strike* até a data de vencimento da opção (opções americanas) ou apenas na data de vencimento da opção (opções europeias). Passada a data de vencimento os ativos são extintos, ou seja, viram ‘pó’.

Os algoritmos trabalham a liquidez destes ativos e ganham ao trabalhar o *spread* dos livros de ofertas até que deixem de existir, isto ocorre quando o preço da opção no mercado somado ao *strike* assume o valor igual ao da ação abjeto.

Outrossim, é possível arbitrar a negociação de opções que possuem diferentes vencimentos ou mesmo preços de exercício diferentes. A finalidade é sempre reduzir do *bid-ask spread* seja entre ativos do mercado ou no livro de ofertas (na compra e na venda) de um mesmo ativo.

Estas operações de arbitragem são comumente feitas por negociadores de alta frequência no Brasil, visto que é uma das poucas formas permitidas por lei que são viáveis no país. Adiante será demonstrada a atuação de negociadores de alta frequência.

2.3.5. Negociação de Direitos de Subscrição

Atuais acionistas de uma empresa recebem como vantagem os chamados direitos de subscrição quando uma firma decide aumentar o capital social por meio da emissão de novas ações. Porém, ao concomitantemente ao recebimento desse bônus, as ações já dispostas no mercado sofrem ajuste, ou seja, têm seu valor nominal reduzido em virtude deste aumento de capital.

Portanto, é interessante que os acionistas possam negociar estes direitos a fim de reaver o valor do ajuste ou valor aproximado caso não tenham interesse de exercer seu direito de adquirir mais ações da empresa pelo preço data determinados. Demonstra-se mais um ponto onde é necessário vigência de um mercado contínuo.

2.3.6. Negociação no Mercado de Câmbio

Os mercados de *Foreign Exchange (Forex)* são contínuos *per se* em virtude do funcionamento ininterrupto, visto que são negociadas moedas de todo o mundo em diferentes horários. O segmento concentra operações de alta frequência e têm evoluído com os sistemas HFT que, por sua vez, corroboram para a continuidade destes ao proporcionar ainda mais liquidez para as operações.

A saber, mercados contínuos são aqueles com alta frequência de negócios, pouco *spread* entre compra e venda, ou seja, proximidade do preço justo do ativo, pronta execução de ordens e mínima variação de preço entre um negócio e o seguinte. (ATHERINO, 1998).

Os mercados de Forex apresentam algumas estratégias de arbitragem, mas elas envolvem a troca direta de moedas entre praças de investidores (países). No que tange às operações de bolsa e de alta frequência, o objetivo é voltado para o curto prazo e a maior parte dos envolvidos com estes mercados optam pela análise com base nos fundamentos da escola técnica para escolhas de táticas operacionais com pontos e *momentum* exatos.

2.3.7. Negociação no Mercado de Contratos Futuros

Conforme indicado pelo próprio nome, este mercado envolve a negociação de contratos referenciados em *commodities* em um âmbito flutuante, mas com data de vencimento futura para liquidação dos ativos em questão. O mercado de futuros brasileiro conta com a liquidação física dos contratos, mas situações deste tipo são incomuns. O que geralmente ocorre é a liquidação financeira desses ativos. As características mais relevantes e atrativas destes mercados para os negociadores de alta frequência são a possibilidade de ganhos alavancados e a agilidade na negociação, além do alto volume em valor financeiro investido pelos participantes nos diversos contratos.

Existem três tipos principais de participantes deste mercado, os *hedgers*, os arbitradores e os especuladores. Os *hedgers* assumem operações na posta oposta à tendência do mercado para proteger negócios da economia real e são responsáveis pelo próprio risco. Os arbitradores atuam operando em contratos e seus derivativos para ganhar no *bid-ask spread* sem assumir qualquer arrojo. Por fim, os especuladores são os responsáveis por conceder liquidez ao mercado, estes agentes assumem risco e exercem

suas estratégias de acordo com as tendências de mercado e, conseqüentemente, na ponta oposta ao *hedger* (FORTUNA, 2008).

Os riscos deste mercado são representados pela apuração de lucro ou prejuízo obtidos nos ajustes diários que variam de acordo com os valores de referência dos contratos ao ‘dormir posicionado’, isto é, manter a posição de um pregão para o outro quando se tratam de operações mais longas ou pela exposição ao movimento turbulento do mercado quando se referem às negociações de menor tempo.

Os *high-frequency traders* podem ser considerados especuladores, pois assumem os riscos das operações e trabalham em curtíssimo prazo a fim de atingir seus pequenos ganhos em larga escala. Ademais, eles corroboram para a existência de qualidades pertinentes ao segmento como a livre formação e a volatilidade de preços dos ativos.

Os contratos mais líquidos no Brasil atualmente são os referenciados em Índice Bovespa (Ibovespa futuro – IND ou WIN), em Taxas de Juro (DI) e em Taxa de Câmbio de Reais por Dólar Comercial (DOL ou WDO). Eles também são os mais importantes para as negociações de alta frequência no cenário doméstico.

Há exigência de depósito de margem de garantia por parte da B3 para todas as operações com estes contratos. Tratando-se de operações normais, ou seja, que sofrerão ajuste diário, a B3 atualiza esta taxa conforme risco da operação por inteiro.

Abordando-se apenas operações de *day trade*⁵, no entanto, as garantias são definidas conforme a corretora em que se negocia e, na maior parte das vezes, as últimas zeram as operações de clientes expostos em demasia ao risco que não encerraram suas operações no *intraday* através de robôs de mensuração de risco sem especificidade de nível para a latência

⁵ *Day trade* é "atividade de comprar e vender dentro de uma mesma sessão de negociação, ou um pregão da bolsa". Portal do Trader: <https://portaldotrader.com.br/aprenda/day-trade-curso-gratuito/conceitos-iniciais/o-que-e-day-trade>

Os contratos futuros de Taxa Média de Depósitos Interfinanceiros (DI de Um Dia – DI1) são os mais importantes e apresentam mais liquidez do que toda a bolsa brasileira. Entre janeiro e julho de 2019 foram negociados em DI1 R\$3.772.639.614 (três bilhões, setecentos e setenta e dois milhões, seiscentos e trinta e nove mil e seiscentos e quatorze reais), enquanto as operações em índices no mesmo período atingiram R\$308.237.878 (trezentos e oito milhões e duzentos e trinta e sete mil e oitocentos e setenta e oito reais)⁶.

Neste mercado imperam os negociadores institucionais em virtude do alto valor dos contratos e lote mínimo de negociação de cinco contratos, a unidade tem valor fixo de R\$100.000,00 (cem mil reais) descontada a taxa de juro calculada pelo Cetip³ com base no DI *overnight*⁷ praticado pelas instituições financeiras.

Da mesma forma são negociados contratos de DI com vencimento mais extenso (DI Longo) fundamentado no DI1, mas com expectativa para os juros de seis meses em vez de um dia. O valor do contrato oscila de acordo com as expectativas do mercado sobre as taxas de juros futuras, esta variável, por sua vez, impacta todos os mercados domésticos [à vista e futuros] e deriva desta ocorrência em teia a importância do mercado de DI's.

Os contratos futuros de Índice Ibovespa são referenciados nas expectativas do mercado quanto à oscilação da cesta teórica de ações e *units*⁸ que formam o índice em questão. Ao negociar estes contratos o investidor diversifica o risco, pois a operação sintetiza a negociação com todas as ações que compõem o índice formado pelas ações mais líquidas da bolsa.

Os contratos cheios de índice (IND) tem lote-padrão de cinco contratos, o tamanho do contrato é dado pela cotação do IND no momento multiplicado pelo valor de reais em cada ponto que, por sua vez, equivale a R\$1,00 (B3, 2018).

⁶ Estatísticas de Resumo das operações B3: http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/resumo-das-operacoes/estatisticas/

⁷ *Overnight* são as aplicações financeiras feitas no mercado aberto em um dia, para resgate no dia seguinte ou no próximo dia útil. Dicionário Google.

⁸ *Units* constituem um pacote de ações, composto de ações preferenciais e ordinárias. Bússola do Investidor: https://www.bussoladoinvestidor.com.br/abc_do_investidor/unit/

Os minicontratos (WIN) tem seu valor nocional verificado da mesma forma, entretanto, cada ponto equivale a R\$0,20 e o lote-padrão deste é de um contrato. Este é concentrado em investidores de menor porte, portanto, os contratos cheios (IND) receberam maior destaque nesta análise.

Três pontos são fundamentais para a atração de *traders* de alta frequência para este segmento, são eles: manutenção de posições altamente líquidas sem negociar ações individualmente no mercado a vista e viabilidade de arbitragem entre o mercado a vista com ações ou fundos de índice (ETF na sigla em inglês). Estas características são ressaltadas pela própria B3⁹ como vantagens.

Os contratos futuros em Taxa de Câmbio de Reais por Dólar Comercial estão ancorados em expectativas para o comportamental do dólar comercial dos Estados Unidos da América. Os investidores se posicionam nestes contratos a fim de participar dos movimentos da moeda mesmo sem a comprar no mercado à vista.

Os contratos cheios de dólar (DOL) têm lote-padrão de cinco contratos e cada um possui o tamanho de USD50.000,00 (cinquenta mil Dólares dos EUA), a cotação é dada em reais por mil dólares. Os minicontratos de dólares (WDO), segundo informações estatísticas da pela própria B3⁴, representam o segundo ativo mais negociado no mercado doméstico. O valor de 2019 já atinge R\$1.014.314.284 (um bilhão e quatorze milhões e trezentos e quatorze mil e duzentos e oitenta e quatro reais).

As vantagens do produto para os *high-frequency traders* são análogas àquelas dos contratos futuros de índice, ou seja, alta liquidez se comparados aos demais ativos negociados no cenário doméstico, transparência nas negociações e possibilidade de alavancagem no dólar sem se conectar ao ativo base (B3, 2018).

Vale ressaltar que, além de conceder informações viabilizadoras destas estratégias, as bolsas devem manter os registros dessas operações e executar a liquidação e guarda dos mesmos. Estes movimentos ajudam a identificar os responsáveis por erros e/ou infratores de regras de mercado. A seguir serão apresentadas algumas imagens que relatam a evolução das operações no mercado brasileiro de bolsa de valores.

⁹ Site [B]³ http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/futuro-de-ibovespa.htm

Imagem 7: Boletas de Compra e Venda à Vista da BVRJ no Pregão Viva-voz



Fonte: acervo pessoal de um operador de pregão

Imagem 8: Boletas de Compra e Venda à Vista da BOVESPA no Pregão Viva-voz

VENDEDOR		COMPRADOR	
VISTO	Nº	VISTO	Nº
VISTO BOVESPA			

STUDAV - Área Definição e Edição Ltda. - 02282

BOVESPA

NEGÓCIO

ACAO	CÓDIGO SAÍDA										TPD	
	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N		
ANW	B	O	B	O	B	O	B	O	B	O	1	1
CNG	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	2	2
ONE	D	O	O	O	O	O	O	O	O	O	3	3
REJ	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	4	4
SOP	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	5	5
TAU	G	T	G	T	G	T	G	T	G	T	6	6
HEU	H	U	H	U	H	U	H	U	H	U	7	7
IVV	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	8	8
JWJ	J	W	J	W	J	W	J	W	J	W	9	9
KXK	K	X	K	X	K	X	K	X	K	X		
LYL	L	Y	L	Y	L	Y	L	Y	L	Y	00	00
MZM	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	00	00

TPD: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00											
A	D	C	S	E	T	6	H	I	Z	K	L
R	N	D	F	G	S	1	T	U	V	W	1
QTD	QUANTIDADE										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

COMP. PERDO											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1
2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	2
3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	3
4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	4
5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	5
6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	6
7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	7
8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8
9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9

COMPR	PERDO
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

MERCADO	PRN	FUT	TER	ROC	USI	SVC
TPD DE Mercado						
USO REVERSA	COR	ANA	BV		BROSO	

ESTE DOCUMENTO PERTENCE
A CORRETORA Nº

— 039 — 6 —

BOVESPA

104.101.002

Fonte: acervo pessoal de um operador de pregão

Imagem 9: Boletas Negociação de Contratos Futuros BM&F no pregão viva-voz

The image shows a screenshot of the BM&F trading interface. On the left side, there are several input fields for contract details:

- Seleção:** A dropdown menu.
- Contrato:** A text input field.
- Nº:** A text input field.
- Valor:** A text input field.
- Op:** A dropdown menu.
- Neto:** A text input field.
- WTO MAR:** A text input field.
- 14182020-04 906**: A timestamp or reference number.

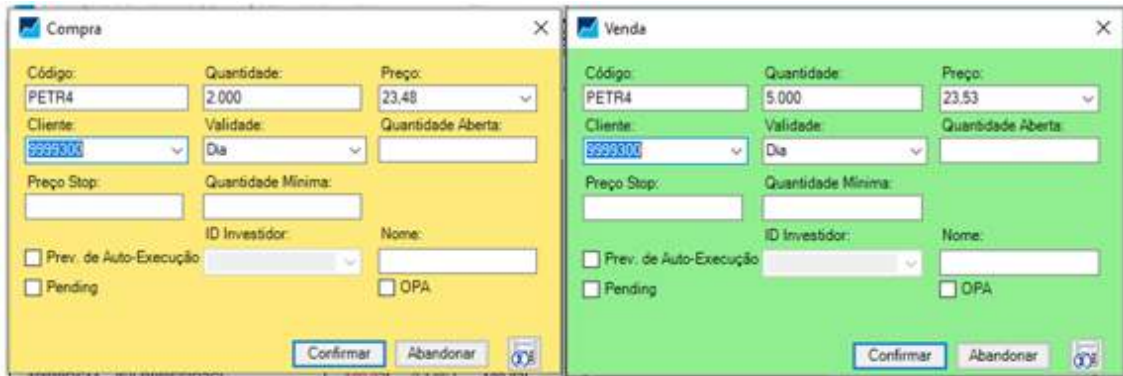
The main area of the screen is a large grid with multiple columns and rows, displaying contract negotiation data. The grid is organized into several sections, each with a header in orange:

- SELEÇÃO:** A header for the top section of the grid.
- CONTRATO:** A header for the second section.
- OPERAÇÃO:** A header for the third section.
- VALOR:** A header for the fourth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the fifth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the sixth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the seventh section.
- OPERAÇÃO:** A header for the eighth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the ninth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the tenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the eleventh section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twelfth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the thirteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the fourteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the fifteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the sixteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the seventeenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the eighteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the nineteenth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twentieth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-first section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-second section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-third section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-fourth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-fifth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-sixth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-seventh section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-eighth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the twenty-ninth section.
- OPERAÇÃO:** A header for the thirtieth section.

At the bottom right of the interface, there is the **BM&F BRASIL** logo.

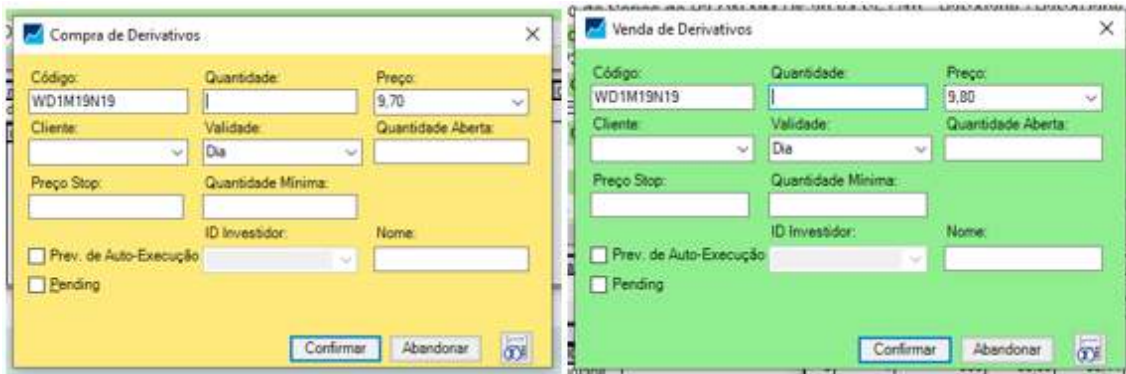
Fonte: acervo pessoal de um operador de pregão

Imagem 10: Boletas de Compra e Venda à Vista e de Opções na B3



Fonte: terminal de negociações e-PUMA

Imagem 11: Boletas de Compra e Venda de Derivativos na B3



Fonte: terminal de negociações e-PUMA

Imagem 12: Resumo de Negociações de Diversos Tipos

Fonte: terminal de negociações e-PUMA

3. *High-Frequency Trading*

3.1.A Evolução das Formas de Negociação

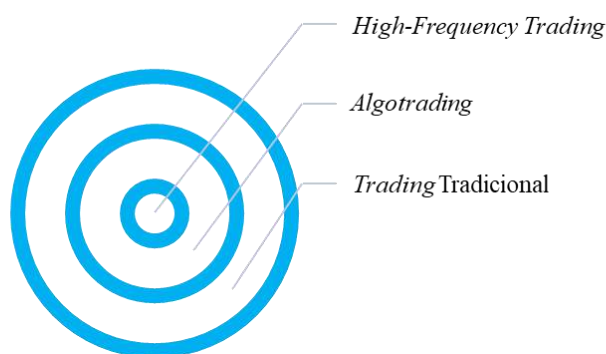
Com todos os avanços mencionados nos capítulos anteriores sob a ótica de inovação e também sob a análise prática das negociações em bolsas será possível enfim analisar a negociação algorítmica, ou seja, uso de algoritmos matemáticos para efetivação de transações financeiras (MADEO, 2012). Este tipo de negociação excede a eletrônica que hoje impera no mercado doméstico e no mundo.

A negociação baseada em programação (negociação algorítmica) é o mais rápido desde sua implementação e possui vários segmentos. Além da agilidade, este tipo de *trade* consegue evitar fortes impactos nos ativos sobre os quais atua ao operar de forma programada paulatinamente através da ‘pescaria’, ou seja, quando os robôs apregoam nos ativos mostrando pouca quantidade, mas a ordem original volumosa.

Ainda assim, os ‘robôs’ do *algotrading*, como são denominados os sistemas eletrônicos programados para operações de bolsa, exercem funções e são programados de forma distinta em relação aos robôs de *High-Frequency Trading* (HFT). A redução de intervenção humana é recorrente no *automated trading*, mas o trade de alta frequência potencializa esta questão ao eliminar o toque humano após a programação das operações aos quais forem designados.

Além disso e primordialmente, o *high-frequency trading* avança diante das demais formas de negociação em quesitos de informação, tempo e escala. Estes elementos orquestraram a evolução dos mercados e significam hoje o alicerce do HFT.

Imagem 13: Formas de Negociação nas Principais Bolsas de Valores



Fonte: elaboração própria com informações de OLIVEIRA, 2011

Após a autorização dada pelo órgão regulador do mercado de ações norte-americano, a *Security Exchange Commission* (SEC), para a existência de bolsas eletrônicas e a criação em 1971 da primeira bolsa eletrônica, a NASDAQ¹⁰, o caminho para a negociação de alta frequência foi aberto.

O estudioso pioneiro e considerado o criador do HFT há vinte e um anos foi Thomas Peterffy. Em 1977, Peterffy, à época CEO do Interactive Brokers Group e cofundador do Boston Options Exchange, comprou uma cadeira na bolsa de valores norte-americana e desempenhou um papel importante no desenvolvimento da negociação eletrônica.

Além disso, exerceu ele mesmo o fundamento primordial da negociação de alta frequência, ou seja, foi programador de computadores durante sua atuação em Wall Street. (SAHOO, Vishwajit. *Who started high-frequency trading?* - tradução livre).

3.2. Definição e Criação de Ordens HFT

O *High-Frequency Trading* (HFT) ou Negociação [Algorítmica] de Alta Frequência (NAF) é uma microestrutura inserida na estrutura de mercados de capitais. Constitui uma técnica de negociação baseada em algoritmos, especificamente, na combinação de “modelos algorítmicos computadorizados capazes de ler dados e informações”. (CLARKE, 2014 apud OLIVEIRA, 2016)

“Embora também seja visto como um subconjunto de um ET, o HFT não é sinônimo de programa de negociação (PT), ou mesmo de um algoritmo de negociação (AT). O HFT é uma forma de automatizar a realização de operações em mercado suportado em algoritmos matemáticos capacitados para decidirem, sem necessidade de intervenção humana, quando, como e onde negociar determinado instrumento financeiro. As máquinas conectadas aos sistemas de negociação (ET) recebem e processam constantemente as informações do mercado e decidem numa velocidade extremamente elevada, o que comprar e vender.” OLIVEIRA, 2011.

O HFT aplica estratégias variadas através do envio de um elevado número intradiário de mensagens aos sistemas de negociação das bolsas, portanto, justifica-se a nomeação de ‘alta frequência’.

A ordem temporal das negociações ronda entre micro, mili e nanossegundos, sendo os milissegundos os mais comuns no implemento de estratégias e os nanossegundos os mais ágeis e mais custosos dos mencionados.

¹⁰ NASDAQ (*National Association of Securities Dealers Automated Quotations*)

O dinamismo na emissão e cancelamento de ordens mostra avanço do HFT em relação às demais formas de negociação e as estratégias dos *High-Frequency Traders* (HFT_r) são fundamentadas, principalmente, na velocidade da emissão de mensagens. Ademais, são encerradas no mesmo dia da abertura (*flat*).

A microestrutura de HFT carece de níveis de investimentos ainda mais altos em relação às demais estruturas de mercados financeiros tanto em contratação de mão de obra especializada, a fim de viabilizar o progresso contínuo da tecnologia da informação, ou seja, dos *softwares* quanto em infraestrutura, isto é, de *hardware*.

Os programadores destes robôs não estão concentrados em uma indústria e fazem uso assíduo de *machine learning*. Eles ganham espaço pela excelência técnica, produção de algoritmos com mais precisão e capazes de interligar seus sistemas às plataformas de negociação eletrônica mais relevantes para os mercados nos quais se pretende atuar.

O uso do *machine learning* é fundamental para a eficiência dos robôs e, conseqüentemente, para adesão do mercado consumidor a ele. Para conhecimento, o uso do *machine learning* é, por definição, “um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos analíticos. É uma vertente da inteligência artificial que se baseia na ideia de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana” (Software & Soluções de Analytics¹¹).

“Os novos sistemas multilaterais de negociação (MTF), a redução do tempo de latência das estruturas de negociação, o incremento do número de transações diárias, a redução da quantidade média de instrumentos financeiros negociados por operação, as alterações na estrutura de mercado decorrentes do aumento do nível de liquidez, a redução da volatilidade e do spread, contribuem para um ambiente propício à implementação de estratégias de investimento suportadas em algoritmos eletrônicos de negociação (AT) , e, simultaneamente como um resultado dessas mesmas estratégias.” OLIVEIRA, 2011.

¹¹ https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/machine-learning.html, acesso em 03 de agosto de 2018.

3.3. Disseminação e *Crashes* do HFT

O *high-frequency trading* se difundiu amplamente nos principais mercados e, segundo estimativas, chegou a representar 60% dos negócios com ações nos EUA e cerca de 30% ~ 50% na Europa entre 2005 e 2009. (TADIELLO, 2016)

Existem projeções que estimam ganhos entre “USD 3 bilhões anuais a partir de uma amostra de dados de 120 ações negociadas na NASDAQ entre 2008 e 2010 até um potencial máximo de USD 21 bilhões anuais para o conjunto total de ações negociadas nas bolsas norte-americanas. [...] O ápice de 2009 calcula ganhos de USD 7,2 bilhões e o caminho decrescente até 2012 estima receitas de USD 1,2 a 1,8 bilhão, mantendo-se neste patamar até 2016.” (COSTA, 2018)

O impacto deste fenômeno, entretanto, avassalou o mundo em 2010 com o *flash crash* quando falhas nos códigos de programação de robôs de alta frequência provocaram volatilidade no índice Dow Jones. Na ocasião o índice apresentou uma queda de 9% em minutos em virtude do acionamento desmedido de ordens *stop* programadas a princípio para cessar a exposição ao risco por parte de *high-frequency traders* de um Fundo.

Foram vendidos minicontratos de índice referenciados no S&P 500 que apresentam função semelhante ao minicontrato de Ibovespa explicado anteriormente. As vendas representaram cerca de USD4.1 bilhões segundo relatório da SEC e da *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC). Como o mercado passava por alta volatilidade em virtude do panorama político, outros participantes do mercado também venderam suas posições até que o dispositivo de segurança fosse acionado interrompendo temporariamente o funcionamento do mercado. (ABRAHÃO, 2019)

Essa não foi a primeira crise da negociação algorítmica, outro episódio bastante conhecido foi a *Black Monday* em 1987. Em meio a resultados mais fracos do que o esperado na economia norte-americana o mercado apresentava volatilidade e ordens de *algotrading* com pontos *stop*, mecanismo detalhado no capítulo dois, foram acionadas em grande volume o que conduziu o mercado para baixo e acionou outras ordens *stop* de venda. Assim, o mercado entrou em efeito cascata. Ainda não haviam mecanismos de segurança como os do *Flash Crash* para interromper temporariamente os mercados.

3.4.Desenvolvimento de Regulação para o HFT

Em virtude dessas crises rápidas, mas também profundas, a forma de negociação, apesar de ser praticada em múltiplos ambientes, isto é, mercados regulamentados e sistemas de negociação multilateral ao redor do mundo mesmo sob divergências, é objeto de estudo dos órgãos regulatórios mundo a fora.

Os reguladores buscam maneiras de acompanhar as mensagens enviadas pelas máquinas de HFT que podem ou não culminar em operações, as conclusões são diversas e incluem a hipótese de que o *high-frequency trading* é incontrolável.

Não obstante todos os aspectos positivos, o auge sistemático desde a implantação de sistemas de informação, ou seja, o HFT implantado outrora para ampliar a eficiência dos mercados e alavancar ganhos, pode ser usado de modo a afetar a ética dos mesmos.

O *high-frequency trading*, segundo o Regulamento Europeu, deve possuir infraestrutura destinada a minimizar a latência de rede, ou seja, reduzir o intervalo de tempo entre a transmissão e a recepção de dados informáticos; deve possuir sistemas para entrada de ordens algorítmicas como a partilha de instalações ou *co-location*, alojamento de proximidade ou acesso eletrônico de alta velocidade; e necessita de capacidade para abrir, gerar, encaminhar e executar ordens sem a intervenção humana. Além de ser capaz e enviar quantidade elevada de mensagens intradiárias de ordens, ofertas de preços ou cancelamentos. (Regulamento EU, 2014 - tradução livre)

O Regulamento Estadunidense apresenta características semelhantes às daquelas do Regulamento Europeu. Menciona a necessidade de o *high-frequency trading* apresentar curto espaço de tempo entre estabelecimento e liquidação das posições, emissão e cancelamento numeroso de ordens, ou seja, alto volume de mensagens intradiárias e os *high-frequency traders* precisam terminar o dia *flat*, isto é, com todas as posições encerradas (*day trade*). (U.S. SEC, 2010 - tradução livre)

O Regulamento Brasileiro também se preparou para a nova forma de negociação nos últimos anos. Em 2016 a Comissão de Valores Mobiliários brasileira (CVM) instituiu o Núcleo de Inovação em Tecnologias Financeiras para acompanhar o desenvolvimento e a aplicação do HFT e de outros que impactem o mercado de valores mobiliários conforme Portaria CVM/PTE/Nº 105.

Em suma, a CVM separou das demais funções a educação dos investidores, o acompanhamento de riscos e impactos sobre os mercados regulados pela CVM e o estímulo às inovações tais como HFT.

Apesar de ter aumentado a preocupação com o HFT, a CVM ainda está longe do que os órgãos reguladores estadunidense e europeu promoveram. Por exemplo, no Brasil há apenas uma bolsa em atuação e o HFT realiza grande volume de operações em arbitragem incluindo arbitragem entre bolsas, logo estratégias são prejudicadas pelo monopólio da B3. Apesar de incentivar os mercados, a CVM não esclarece em seus regulamentos, apesar de não caber mencioná-los individualmente, como outras bolsas poderiam atuar no território doméstico.

Como única Bolsa, a B3 opera à frente da CVM na regulação do HFT mesmo mantendo seu monopólio e evitando a operacionalização de outras bolsas ao concentrar todos os processos do mercado de valores mobiliários. Segundo seu Manual de Procedimentos Operacionais de Negociação, a B3 controla a emissão de ordens HFT ao fazer com que seja necessária identificação de comitente em todas as ofertas, os demais participantes do mercado não atendem tal critério.

Além disso, o controle de risco pré-negociação é mais rígido para este segmento, uma plataforma de controle de risco foi criada especificamente para cuidar das operações de alta frequência, o Pré-Negociação LINE. O sistema permite bloqueio das operações que estiverem com falha para validações de limites de risco ou que não atendam às especificidades da B3.

A regulação é impreterível para a continuidade ou inibição desta forma de negociação, no caso da Europa a diretiva DMIF¹² promulgada em 2007 para unificar os mercados financeiros europeus visando mais transparência e proteção ao investidor colaborou com o HFT ao fomentar a concorrência entre estruturas de negociação expandindo o uso de tecnologia. Este incentivo melhorou a qualidade da execução de ordens e do acesso à informação nos mercados (OLIVEIRA, 2011).

¹² DMIF: Diretiva dos Mercados de Instrumentos Financeiros de Portugal

3.5.A Dependência do *High-Frequency Trading*

Além de formação de mercados, as estratégias com HFT vão desde arbitragem entre ações de diferentes tipos, isto é, ordinárias e preferenciais ou *units*, até a arbitragem entre diferentes mercados. Portanto, os algoritmos formulados para atingir os objetivos em questão dependem da baixa latência.

As operações são executadas com baixo nível de lucro individual, por isso e para aproveitar as oportunidades de ganhos precisam ser efetivadas rapidamente e em larga escala. Então, quanto maior a velocidade de execução, mais sítios são abertos para o envio de novas mensagens que podem culminar em ordens e, no cenário positivo, em lucro.

“[...] o HFT depende totalmente destas conexões com latência ultrabaixa e numa base regular, uma vez que as estratégias de investimento e estratégias de execução são sinônimas neste caso.” OLIVEIRA, 2011.

Em virtude da vinculação do HFT à latência de execução, sua coevolução no tempo foi marcada pela redução da última que passou a ter subclassificações de acordo com a medida de tempo necessária para o envio das mensagens, são elas:

- ✓ Baixa latência para mensagens inferiores a 10 milissegundos
- ✓ Ultra latência inferior a 1 milissegundo
- ✓ Ultrabaixa latência que atinge os microssegundos

A evolução também é composta pela possibilidade de negociação simultânea em mais de uma plataforma e o nível de rotação das carteiras de investimentos que é determinado por essa quantidade de mensagens, chamada de ultrarrotação.

3.6.O Avanço do HFT no Brasil

No mesmo ano do *Flash Crash*, o Brasil avançou em aspectos viabilizadores de negociação de alta frequência ao lançar a modalidade de *Direct Market Access* (DMA) para o mercado de ações a vista, os contratos BM&F já contavam com este modelo de negociação desde agosto de 2008.

O Acesso Direto ao Mercado (DMA na sigla em inglês) formulado para reduzir latência transformou a forma de atuação dos intermediários financeiros, principalmente das instituições corretoras de títulos e valores mobiliários o somente corretoras. O modelo de negociação atrai os *high-frequency traders*, já que afeta o quesito mais importante para as negociações de alta frequência, a velocidade transacional.

Somente as corretoras podem conceder o acesso direto ao investidor e, para tal, necessitam assumir o Termo de Adesão e Responsabilidade Referente à Prestação de Serviços de DMA, porque elas são as Participantes que responderão à B3 e precisarão repassar as informações registradas à CVM em caso de suspeita de irregularidades.

Elas também precisam controlar os Riscos assumidos pelos clientes, este processo é feito através do mecanismo de *Order Management System* (OMS). Além disso, é necessário verificar se os mesmos possuem garantias suficientes, isto é, bens financeiros para liquidação em caso de prejuízo a fim de impedir *default* no mercado.

3.6.1. Acesso Direto ao Mercado (DMA)

A seguir serão apresentadas as formas de DMA autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários brasileira (CVM) e implementadas pela B3 conforme exposto no Relatório SMI/Nº 005/10 e no Ofício Circular 030/2010-DP. Os relatórios identificam a forma reestruturada e atualizada do DMA 1 e relatam as demais, isto é, DMA 2, 3 e 4.

- ✓ Tradicional: com a introdução do *home broker* já analisada anteriormente surgiram as Conexões Automatizadas, com a união das bolsas BOVESPA e BM&F as Conexões foram renomeadas e aprimoradas para o DMA 1.

Neste segmento os *traders* enviam suas ordens pelo terminal de cliente, elas navegam na infraestrutura própria da corretora, principalmente no OMS para diversas análises sobre as condições dos clientes e posterior roteamento das ordens para a Bolsa. Logo, a latência do percurso, ou seja, o tempo para o processamento desde a emissão até a execução da ordem, é significativa.

- ✓ Via Provedor: neste o cliente está conectado à empresa provedora de DMA que envia as ordens ao *Global Trading System* (GTS) da B3, portanto, a ordem trafega pela infraestrutura do provedor substituindo a corretora no processo. Entretanto, mesmo sem passar pela estrutura da corretora, os registros das ordens são enviados para estas a fim de que ocorra análise de riscos, margens de garantia, entre outros no OMS gerido por ela.

Os dois modelos diferenciam-se pela atuação do provedor de DMA, que dispõe de o *software* e o *hardware* neste caso. Ademais, a empresa provedora pode ter sua estrutura inserida no Centro de Processamento de Dados (CPD) da B3.

- ✓ **Conexão Direta:** as ordens dos investidores são passadas diretamente para a B3 sem a utilização de infraestrutura intermediária da corretora ou de empresa provedora de DMA. Ainda assim, há vínculo lógico entre *trader* e corretora. As ordens são controladas no OMS destas instituições com permissões da B3 para controle de riscos, etc.

A redução de latência deste modo para com o primeiro é considerável pelos mesmos motivos distinguem os modelos um e dois. Do terceiro em relação ao segundo modelo, no entanto, é necessário avaliar o posicionamento geográfico e capacidade de processamento da empresa provedora de DMA atuante no segundo. A latência será um diferencial maior caso a estrutura do provedor esteja fora do CPD da Bolsa, mas, caso esteja inserido neste ambiente, o diferencial será menor.

- ✓ **Co-location:** Os investidores possuem *software* instalado em seus servidores e estes estão obrigatoriamente hospedados no *Data Center* (CPD) da B3, ou seja, a operação é feita com a infraestrutura da Bolsa na Área de *Co-location* desta. As corretoras continuam com o vínculo lógico e responsabilidades de controle, acompanhamento, entre outros para com os clientes e viabilizam as operações.

De maneira formal, baseia-se na locação de Unidades de Hospedagem na B3 com área de testes para os equipamentos (Área de *Staging*) e auxílio técnico da B3 (Apoio Técnico de *Smart Hand*). (Ofício Circular 028/2009-DP)

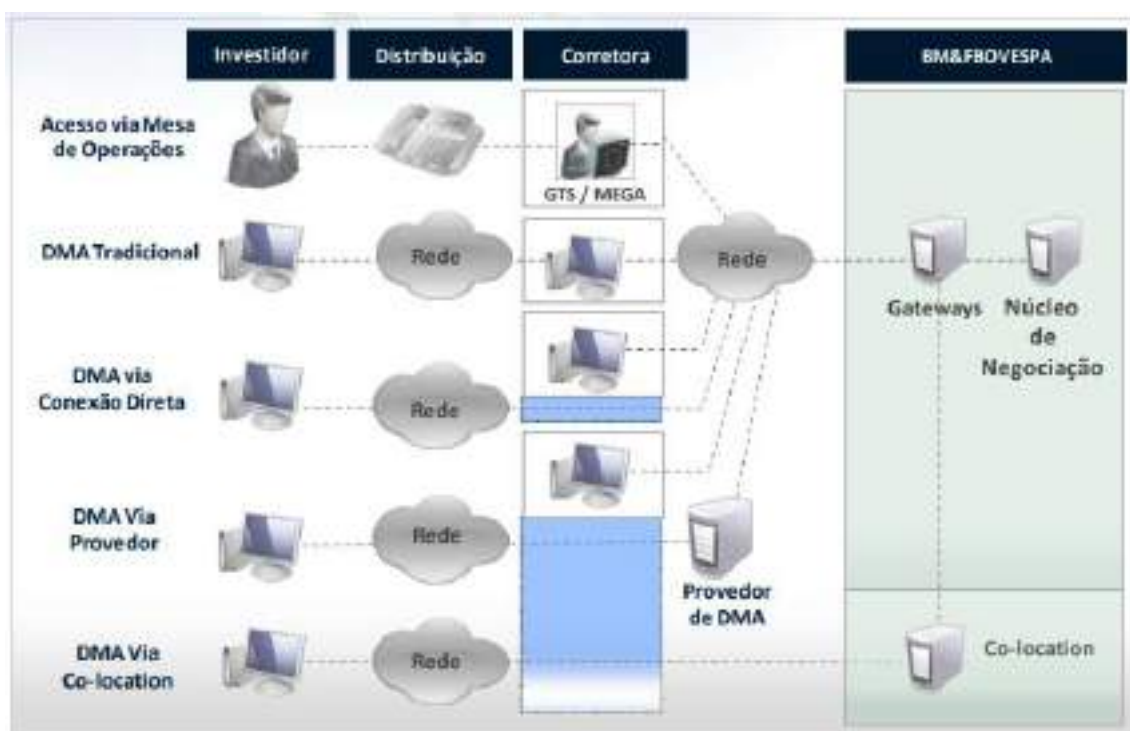
Com a união das bolsas houve uma reestruturação profunda dos *data centers*, este movimento incentiva as operações de *high-frequency* no cenário doméstico. A redução de latência destas operações é significativa em relação a todos os demais modelos, ela elimina o papel de todos os intermediários no que tange à infraestrutura de processamento e liga o *trader* diretamente à Bolsa.

Apesar de incorrer em mudanças como a não obrigatoriedade de utilização das Mesas de Operações, as corretoras ainda são fundamentais para a negociação nos mercados de capitais.

Como demonstrado nas explicações sobre os modelos de DMA, não é diferente no cenário doméstico, isto é, em ambiente B3. Elas são responsáveis por todas as ordens e negócios dela originados e pelo acesso de clientes aos sistemas.

No final de 2018 o DMA 4 teve sua primeira adesão em território doméstico por parte da corretora Modal Mais, ela oferece a infraestrutura. A corretora usou um sistema de negociação algorítmica chamado MetaTrader que é bastante conhecido no mundo. O *software* pode ser customizado e programado também para realização de estratégias de HFT, porque apresenta baixa latência e dispensa intervenção humana nas operações.

Imagem 14: Representações das Formas de DMA



Fonte: BVM&FBOVESPA

3.7. Programa de Incentivo às Operações de Alta Frequência

Como mais uma forma de incentivo, a B3 oferece um programa com custos diferenciados para *high-frequency traders* (HFT) em contratos futuro. Os contratos de dólar, Ibovespa, S&P 500 e Petróleo possuem tabela diferenciada e os demais ativos têm um desconto de 70% (setenta por cento) em relação ao valor pago pelos demais agentes do mercado.

É importante dizer que o DI1 comentado anteriormente como o contrato de maior liquidez no mercado doméstico possui uma versão do exclusiva do programa enfatizando a importância econômica do ativo.

Para obter os valores especiais é necessário que o HFTr faça adesão ao termo junto a uma corretora (Participante), assim ele será enquadrado como operador de alta frequência mediante os órgãos pertinentes.

As diferenças de preços incidem sobre o valor dos emolumentos e taxa de registro variável. Os contratos com preços específicos têm seu custo baseado no *Average Daily Volume* (ADV), isto é, média diária de contratos negociados. O modo de apuração dessa média fica à critério do investidor, podendo ser diária ou periódica (bimestral).

Neste estudo a atenção maior se volta para contratos de índice Ibovespa, dólar e DI. Portanto, seguem tabelas representando as cobranças para estes ativos.

Para os contratos de DI1 os descontos são definidos após o cálculo do custo médio, do custo unitário e da aplicação de incentivos fiscais: Emolumentos e Taxa de Registro Variável com redução de 70% sobre o valor calculado.

Tabela 1: Modelo de Descontos para Contratos de Dólar

ADV		Emolumentos (R\$)	Taxa de registro	
De	Até		Componente variável (R\$)	Componente fixo (R\$)
1	3.500	0,20	0,24	0,044288
3.500	7.000	0,12	0,10	0,044288
7.000	14.000	0,09	0,08	0,044288
14.000	28.000	0,08	0,05	0,044288
Acima de 28.000		0,07	0,04	0,044288

Fonte: Programa de Tarifa HFT B3

Tabela 2: Modelo de Descontos para Contrato de Ibovespa

ADV		Emolumentos (R\$)	Taxa de registro	
De	Até		Componente variável (R\$)	Componente fixo (R\$)
1	1.800	0,30	0,24	0,044288
1.800	3.600	0,12	0,10	0,044288
3.600	5.400	0,09	0,08	0,044288
5.400	9.000	0,08	0,05	0,044288
Acima de 9.000		0,07	0,04	0,044288

Fonte: Programa de Tarifa HFT B3

3.8.O Impacto do *High-Frequency Trading* sobre os Mercados Tradicionais

O inspetor da CVM Guilherme Tadiello definiu HFT destacou recentemente que o HFT “[...] tem como principal vantagem competitiva a velocidade, destacando-se a sensibilidade à latência, alto giro e elevada taxa de cancelamento”¹³. Essa mesma vantagem competitiva nos conduz a analisar o impacto das operações de alta frequência sobre o mercado tradicional, ou seja, com latência considerada estável operando no campo dos segundos enquanto o HFT atua dos microssegundos aos nanossegundos como mencionado outrora.

É comum dizer que o ‘mercado é soberano’, esta expressão resume o conceito de mercado eficiente. Neste os preços dos ativos sempre incorporam todas as informações disponíveis no mercado conforme definição da Hipótese do Mercado Eficiente (HME) de Eugene Fama. (ABRAHÃO, 2019)

Existem condições para que o mercado seja eficiente são elas: nenhum custo de transação de ativos, disponibilidade de informações para todos os agentes do mercado e concordância entre os participantes do mercado sobre o possível impacto das informações sobre os preços atuais ou futuros de ativos do mercado. (ABRAHÃO, 2019)

No entanto, as anomalias de mercado influenciam temporariamente a eficiência do mercado que depois retoma a tentativa de absorver todos os dados do mercado aos preços dos ativos, por isso sempre há fatores passíveis de correção em valores. (ABRAHÃO, 2019)

Desta forma, pode-se considerar os mecanismos de HFT como equalizadores do mercado, dado que, como será visto mais tarde neste estudo, eles trabalham com tempo e velocidade antes inexecutáveis e em posse de informações relevantes para eliminar ineficiências/diferenças de preços entre ativos, bolsas ou mercados (à vista e futuros).

Com a redução de custos da B3 detalhada acima, abre-se ainda mais espaço para que este tipo de negociação se dissemine e continue a limpar o mercado de assimetrias constantes, por enquanto apenas no mercado de contratos futuros.

¹³ Palestra sobre HFT, no Centro Educacional da CVM-RJ:
<http://www.cvm.gov.br/noticias/arquivos/2017/20171005-2.html>.

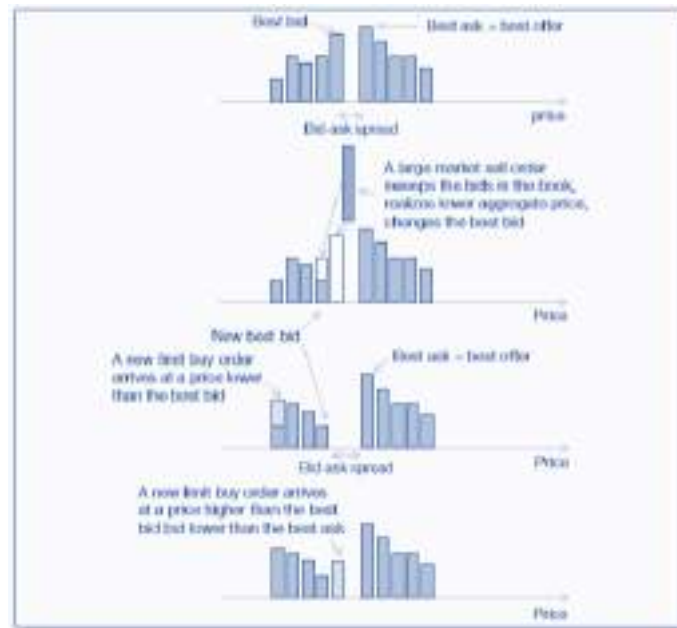
O mecanismo, mesmo sem diferenciação de custo, auxilia em menor grau no mercado doméstico empresas de capital aberto a chegar em um preço justo para suas ações. Isto ocorre através da programação dos servidores para leitura de dados históricos em gráficos com base na escola de análise técnica abordada no capítulo dois e também de acordo com as notícias e análise de resultados das firmas já relatado neste estudo.

3.9. Estratégias de HFTr em Destaque

Para melhor compreensão da forma de negociação e o motivo de ser considerada equalizadora de mercado serão detalhadas as três principais vertentes de *trading* tradicional (de baixa frequência) que se repetem no HFT conforme relatado em ALDRIDGE, 2013.

- ✓ Arbitragem Estatística ou *stat-arb* derivado de *statiscal arbitrage*: os traders avaliam as condições econômicas ou não capazes de influenciar os preços de ativos e calculam quais seriam os preços justos desses, ou seja, analisam sob a ótica fundamentalista fundida com a estatística. Quando são HFTr, as máquinas arbitram as discrepâncias na avaliação de curto prazo a fim de lucrar.
- ✓ Estratégias Direcionais: estimativa sobre a direção no mercado a ser causada por uma mudança iminente no mercado. No que tange aos HFTr, estas táticas são usadas quando possuído acesso superior às informações, estas não necessariamente são informações privilegiadas, podem chegar antes aos robôs em virtude da divulgação em plataforma paga a qual o grande público não tem acesso. Também pode acontecer pela habilidade de seus softwares programados para avaliar com rapidez e precisão situações imediatas do mercado. São sensíveis ao tempo, isto é, depois de alguns minutos podem não ser boa fonte de negócios, por isso são executadas a mercado de forma mais agressiva.
- ✓ Criação de Mercado ou *Market-making*: basicamente utilizadas pelo *market makers* já mencionados anteriormente neste estudo, são aquelas que fornecem liquidez ao mercado mesmo na ausência de informações relevantes a fim de obter lucro no *spread* entre o preço de compra e venda de ativos. Os algoritmos são programados para cumprir os objetivos desta estratégia com preço limitado ao mesmo a mercado.

Imagem 15: Dinâmica Simples de um *Book* de Ofertas



Fonte: ALDRIDGE, 2013.

3.9.1. Arbitragem Estatística ou *Statistical-arb*

Voltando à arbitragem estatística, as estratégias mais disseminadas de negociação de ações envolvem pares, diferentes classes de ações do mesmo emissor, negociação de pares neutros (arbitragem de risco), arbitragem de liquidez e repercussão de informações. A seguir serão explicadas três das estratégias que podem funcionar no mercado brasileiro.

Estratégia de Pares

São baseadas em uma relação entre níveis de preços ou outras variáveis que interligam quaisquer dois instrumentos financeiros. Os instrumentos precisam ter certa liquidez para que o número de observações na frequência desejada seja possível, em Aldridge, 2013 o exemplo usado é de uma ação negociada pelo menos uma vez a cada hora na frequência desejada.

Escolhidos os ativos com relacionamento estável de pelo menos dois anos, é feita a mensuração da diferença entre os preços deles e, finalmente, são realizados procedimentos estatísticos para aproveitamento de *spread*. Por exemplo, EMBR3 (Embraer) e dólar – a Embraer possui grande parte da receita atrelada às exportações e faz *hedge* em contratos futuros de dólar.

Arbitragem entre Ações do Mesmo Emissor

Ações de um mesmo emissor contam com o mesmo fundamento econômico, porém, por vezes, divergem em histórico de dados. Os HFTr operam de acordo com a desconformidade considerando em seus códigos de programação fatores relevantes na precificação que podem de fato afastar o preço de ações de um mesmo emissor sem que haja oportunidade de ganho, como direito ou não de voto e número de ações em circulação, porque quanto mais ações maior a liquidez e mais facilmente haverá um *gap* com a classe com menor quantidade de ações disponíveis.

Geralmente os robôs são programados para identificar a liquidez e os desvios-padrão entre as classes. Por exemplo, ações PETR3 e PETR4 – ativos da Petrobras com alta liquidez no mercado doméstico.

Arbitragem de Risco

Construída sobre o Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM na sigla em inglês) fundamentado na ideia de que os retornos de todos os títulos são influenciados pelos amplos retornos do mercado. Mensura a probabilidade de ativos específicos se movimentarem em concordância com índices compostos por diversos ativos ou mesmo obedecendo situações econômicas. Por exemplo, as ações de bens básicos performam melhor em relação às de consumo supérfluo quando de sinais de fraqueza econômica.

O CAPM é dado por $r_{i,t} - r_{f,t} = \alpha_i + \beta_i(r_{M,t} - r_{f,t}) + \varepsilon_t$, onde $r_{i,t}$ é o retorno do título i no momento t , $r_{f,t}$ é a taxa de juros livre de risco válida no período t e $\alpha_i + \beta_i$ representam, respectivamente, o retorno anormal que é intrínseco ao título e o comprometimento do título com o mercado.

3.9.2. Estratégias Direcionais Baseadas em Eventos

São estratégias fundamentadas em arbitragem de eventos, para prover ganhos os robôs são programados para estudar eventos em um processo de três estágios, que são a identificação das datas e horas dos eventos passados nos dados históricos, com base nestes dados calcular as mudanças históricas de preços dos ativos de interesse e nas frequências desejadas para o *trade* para assim obter as respostas esperadas de preços para operar.

Os eventos podem ser corporativos, macroeconômicos ou industriais. O impacto dos anúncios pode ser estimado em uma regressão linear simples $R_t = \alpha + \beta \Delta X_t + \varepsilon_t$, onde R_t são as devoluções em torno do anúncio, ΔX_t representa as mudanças inesperadas, ε_t representa os erros. Ambas as incógnitas estão organizadas na ordem dos anúncios. α é o intercepto estimado que captura mudanças nos retornos devido a fatores fora os anúncios e β mede o impacto médio do anúncio sobre o ativo de interesse.

Mercado de Câmbio

Segundo Aldridge, 2013, o mercado de câmbio é o mais sensível às notícias sobre a atividade econômica real, mas há pouco impacto da inflação sobre o mesmo. Como já tratado no capítulo dois, o mercado de câmbio é contínuo com negociações ininterruptas, esta continuidade auxilia na rápida e eficiente absorção de informações divulgadas ao mercado.

No entanto, o fato de não ter mecanismos de pausa exceto em casos de catástrofes, faz com que os ativos se mantenham voláteis por um período mais longo em relação aos demais mercados quando são realizados anúncios. Portanto, os HFTs podem aproveitar a volatilidade por mais tempo e concretizar operações com base nessa desconformidade. As negociações de certo utilizariam a baixa latência para ultrarrotacionar a carteira e obter pequenos ganho em muitos *trades*.

Mercado de Ações

Os preços de ações oscilam de forma assimétrica em relação às notícias macroeconômicas e isto dificulta a análise, os robôs de HFT com memória e programados para tal podem ter mais sucesso em verificar movimentos repetitivos no mercado e executar negócios alicerçado nesses movimentos. Basicamente as máquinas consideram os resultados trimestrais para verificar os ganhos das empresas e as taxas de desconto dos ativos em relação à análise de dados internos de *valuation* como taxa de retorno de investimentos, entre outros.

Há oportunidade de negócios considerando principalmente a memória da máquina de HFT que poderá arbitrar ou ultrarrotacionar o portfólio em questão.

Mercado de Contratos Futuros

O mercado de contratos futuros de igual maneira ao mercado de câmbio absorve com extrema velocidade anúncios de eventos econômicos e a volatilidade também persiste por um período maior. Dessa forma, há espaço para atuação de máquinas, principalmente por meio de programação que reconheça os movimentos redundantes do mercado em questão e torne possível a prática de arbitragem ou mesmo compra e venda em baixa latência.

3.9.3. Criação de Mercado ou *Market-making*

Os formadores de mercado assumem muitos riscos como já tratado anteriormente, mas também podem lucrar bastante com as operações realizadas especialmente ao modelar o fluxo dos ativos em que pratica suas funções. Os robôs são programados para observar e extrair informações do fluxo de negócios para depois negociar com os demais participantes do mercado ‘alimentado’ por dados especiais.

Os modelos de fluxo são impactados principalmente por autocorrelação de fluxo que mostra a esperança dos operadores de baixa frequência quanto à direção do mercado, pela agressividade, proximidade do preço das ordens com o preço do *book*, nas operações que formam o fluxo, formação do *book* de ofertas e a evolução das cotações.

Geralmente esta estratégia é aplicada à negociação de opções e de direitos de subscrição já explicados no capítulo dois, pois são ativos menos líquidos e onde o modelo de fluxo de ordens se enquadra de forma excepcional promovendo ganhos para os HFTr.

Imagem 12: As Principais Estratégias de HFT



Fonte: ALDRIDGE, 2013.

3.10. As Estratégias Prejudiciais aos Mercados

Ao retroceder no ponto anterior que cerne à ética, faz-se necessário lembrar que, apesar de apresentar aspectos positivos, o *high-frequency trading* pode ser empregado de maneira indevida. A seguir serão explicadas estratégias úteis para demonstrar o uso inadequado da tecnologia em questão, os mandatários destas ações também são conhecidos como “*hackers*” no mercado.

As estratégias relatadas a seguir são em sua maioria baseadas no princípio de manipulação de mercado, no imenso volume de mensagens que podem ou não se converter em ordens e na baixa latência, as últimas características são comuns às demais táticas de HFT.

Latency Arbitrage: é a já conhecida arbitragem de preços utilizada, neste caso, em frações de segundos. É a obtenção de ganhos a partir de uma posição momentaneamente discrepante no mercado.

O problema desta tática é que, diferentemente das estratégias de arbitragem abordadas anteriormente, causam a corrida armamentista (*arms race*) pela menor latência sem considerar aspectos do mercado propriamente ditos.

Ou seja, os grandes negociadores de alta frequência investem muito em *hardware* e, principalmente, *software* para que sejam cumpridos seus interesses e acabam afastando investidores menores do mercado.

O afastamento desses investidores, por sua vez, gera fragmentação de mercados e, onde a regulação permite, impulsiona a criação de sistemas alternativos de negociação como as bolsas privadas (*dark pools*). Nestas bolsas as negociações ficam ocultas e são divulgadas ao mercado e aos próprios clientes aderentes apenas após a finalização, ferindo os princípios de negociação eletrônica abordados no capítulo anterior.

Order Anticipation: busca detectar no mercado ordens provenientes de grandes investidores institucionais ao submeter repetidamente ordens de negociação de pequeno porte, possui o intuito de verificar se há liquidez oculta no mercado para assim negociar antecipadamente e lucrar com a revenda dos ativos posteriormente. É melhor arquitetada se utilizada em mais de uma plataforma de negociação, como duas bolsas públicas ou privadas distintas.

Flash Orders: pagamento para ter acesso à informação da entrada de ordens de compra ou venda antecipadamente a fim de agir antes dos demais negociadores do mercado e obter vantagem lucrativa.

Spoofing: é o nome dado à inserção de ordens falsas no mercado a fim de influenciar os preços dos ativos para posterior execução de posição oposta à sinalizada ou em preço melhor. Em resumo, há distorção do proposital do *book* de ofertas e hoje é amplamente considerada ilegal em virtude da manipulação de mercado.

Layering: diferencia-se da anterior apenas no que tange a dissimulação das informações falsas. Há uma preocupação maior, por isso depreende em etapas para proceder com a estratégia. É uma estratégia legítima, apesar de ser antiética, usada por *market makers*.

Quote Stuffing: é a submersão do mercado em um elevado número de ordens que obstrui a rede de processamento e leva os participantes mais lentos do mercado a investir tempo em pesquisar o motivo do alto volume posicionado enquanto HFT_r negociam livremente de acordo com seus interesses.

Smoking: é a postagem de ordens limitadas para atrair *traders* lentos e rapidamente cancelar estas ordens, isto é, “apagar” as mensagens enviadas e enviar novas com valores menos atrativos a fim de lucrar com o fluxo de ordens vindo dos outros negociadores do mercado.

3.11. Informação, Tempo e Escala no HFT

Todos os conceitos vistos até aqui sobre o *High-Frequency Trading*, estão condicionados ao acesso à informação, o tempo de trânsito das operações e a escala de execução das mesmas. Esses três conceitos fundamentam e explicam todos os riscos e vantagens do HFT.

As próprias estratégias, éticas ou não, só são possíveis em decorrência da baixa latência, ou seja, do pouco atraso entre a emissão e a execução da ordem medida comumente por milissegundos (ms)¹⁴. Assim sendo, a velocidade é fundamental. Por esta causa, são criados mecanismos como a partilha de instalações (*co-location*) e há *arms race*, isto é, corrida armamentista para redução de latência.

¹⁴ Definição de latência disponibilizada pelo Hostinger Blog: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-latencia/>

A informação, por sua vez, é o que viabiliza todas as operações. Sem ela as estratégias direcionais e estatísticas não fariam sentido e o HFT perderia a maior parte de suas possíveis táticas. A informação pode ser caracterizada por diversos quesitos, como um anúncio de medidas econômicas ou mesmo dados sobre operações de outros operadores mais lentos presentes no livro de ofertas dos ativos de interesse.

As informações de outras ordens auxiliam em grande magnitude no sucesso das operações de alta frequência, porque dão a oportunidade de os robôs direcionarem seus intentos a elas. As operações de arbitragem, por exemplo, só são possíveis em virtude da presença destes agentes.

Já os anúncios de eventos, também considerados como informação, viabilizam as estratégias direcionais e estatísticas. Sem esses dados seria impossível parametrizar matematicamente os preços justos dos ativos e, portanto, não haveria meio para concluir as operações de alta frequência.

A escala, por sua vez, é imprescindível dado que os ganhos ocorrem em pequenas proporções através de grandes montantes financeiros em todas as táticas de *high-frequency*. Nota-se que todas as estratégias estudadas acima trabalham sobre *spreads*, sobre as informações que impactam rapidamente o mercado como os anúncios econômicos, entre outros.

3.12. Vantagens e Riscos do HFT

As vantagens do *High-Frequency Trading* proporcionam a eficiência e a liquidez para os ativos dos mercados em geral nos quais são aplicáveis as estratégias daquele. Auxilia na geração de eficiência, pois cumpre o objetivo desta que é a incorporação de todas as informações disponíveis no mercado aos preços dos ativos principalmente através das táticas direcionais estudadas anteriormente.

Já a liquidez é criada por meio de estratégias de arbitragem e de formação de mercado, os HFTr buscam lucrar com a diferença de *bid-ask*, para tal inundam os mercados de ordens limitadas e a mercado, isto é, com preço determinado próximo ou mesmo com preço igual aquele praticado no mercado e, conseqüentemente, este ganha em liquidez.

Os riscos, por seu turno, estão conectados à integridade do mercado, isto é, “equidade e ordem em seu funcionamento” e à eficiência ou transparência de mercado segundo estudo de 2011 feito pela Organização Internacional de Valores Mobiliários (IOSCO na sigla em inglês). (COSTA, 2018). As situações de risco mais importantes são a possibilidade de erros nos códigos e a volatilidade que pode ser gerada por HFTr.

3.12.1. Erros nos Códigos

Um erro no cenário de HFT pode ser catastrófico, porque a velocidade das ordens é enorme e, da mesma forma que garantem eficiência e liquidez ao mercado, podem causar pânico generalizado nos integrantes e intensificar a volatilidade que será abordada a seguir. Este é o *trade off* entre a inteligência artificial e a velocidade. Pequenas e grandes instituições estão sujeitas a situações deste tipo e podem preceder caos como ocorrido no *Flash Crash* de 2010.

3.12.2. Volatilidade

Em casos de estresse no mercado o *High-Frequency Trading*, pode aumentar a volatilidade do mercado e fazer os preços se afastem de seus patamares justos. Este risco impulsiona a permanência dos investidores na negociação mais lenta, porém com erros mais perceptíveis dando a ilusão de que os algoritmos são mais “controláveis” e para as *dark pools* que têm menos transparência nas informações, porém são menos voláteis.

Conclusão

O presente estudo teve como objetivo estudar os conceitos econômicos de inovação com alicerces na teoria schumpeteriana e neo-schumpeteriana para identificar o significado do *High-Frequency Trading* (HFT) para a economia global. Quando abordados os conceitos econômicos, houve cuidado em discernir características ortodoxas das neo-schumpeterianas para assim concluir sobre o conceito de inovação a ser utilizado como pano de fundo para a análise do objeto HFT.

Após a distinção, foi possível buscar quais seriam os principais parâmetros por trás da negociação de alta frequência. Foram ressaltados os tópicos de inovação por interrupção de processos, ou seja, a mudança tecnológica movida por fatores além da oferta e da demanda.

Estes fatores podem ser resumidos em concorrência e resolução de problemas de um mercado específico, como os mercados de capitais na presente análise. A concorrência foi introduzida para demonstrar que o interesse de agentes dos mercados em obter vantagem comparativa os conduzem à disrupção.

Já a análise da inovação sob a perspectiva de resolução de problemas ajudou a formar juízo sobre a função da negociação eletrônica e, posteriormente, do *High-Frequency Trading* em solucionar o problema de acesso à informação, o tempo das operações e a viabilidade de escala nas negociações nos mercados de capitais.

O estudo da evolução dos mercados permitiu o entendimento completo do tamanho do impacto das evoluções dos mercados, transformação de sua dimensão e facilitação de acesso desde o surgimento da negociação eletrônica, principalmente no cenário brasileiro. As estratégias de negociação pela via eletrônica conduzida por humanos dos ativos cuja a negociação de alta frequência também atua foi detalhada para a compreensão das táticas de *High-Frequency Trading*.

Foi definido durante o texto que o *High-Frequency Trading* faz parte do modelo de negociação baseado em algoritmos chamado *algotrading* ou *automated trading*, mas ascende em relação a este por ser programado apenas para que sejam direcionadas as estratégias e tendências. Portanto, não há intervenção humana no ato da operação.

O interesse em estudar especificamente o *High-Frequency Trading* foi demonstrar que as negociações deste tipo podem ser benéficas aos mercados em muitas nuances, aumentando a eficiência, a liquidez e, como consequência da liquidez, pode proporcionar a redução dos custos para todos os agentes do mercado. Para melhor abrangência, foram vistas as táticas comuns deste modelo de negociação que são aplicáveis no mercado doméstico e como elas realmente impactam os aspectos mencionados há pouco.

A queda de custos pode ocorrer em virtude do maior número de acessos e maior quantidade de ordens para manter uma mesma estrutura, isto é, maior fluxo de ordens para manter um mesmo centro de processamento de dados na bolsa de valores. Esta característica ainda não pode ser vista no Brasil, porque ainda falta abertura da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e mais pontos regulatórios. De certa forma, esta ausência inibe a atuação de *High-Frequency Traders* (HFTr).

Voltando-se para a Bolsa de Valores brasileira, B3, foi argumentado que, apesar de exercer monopólio atualmente, a Bolsa tem incentivado as operações de alta frequência no mercado doméstico. Tal prática demonstra que a própria Bolsa reconhece a importância destes negociadores para o desenvolvimento do mercado e interfere para os atrair. Grande sinal dessas medidas foi a instauração do DMA 4 (*Co-location*) em sua estrutura e a construção de centros de processamento de dados com alta capacidade.

Para que apresentasse mais cientificidade, também foram explicadas as estratégias da negociação de alta frequência que ferem a ética dos mercados e oferecem risco sistêmico. Ademais, foram relatadas as quebras temporárias que o *High-Frequency Trading* causou nos mercados mais importantes do mundo.

As quebras citadas acima conduzem à análise do *trade-off* entre risco e retorno criado pela alta velocidade das operações em questão. Da mesma forma que a negociação oferece alavancagem de ganhos em pequenas dimensões por operação, mas grande quantidade, caso haja erro em códigos de programação o caos pode ser instaurado e ser interrompido apenas por medidas de segurança institucionais.

Em virtude do alto grau de risco, as instituições têm importante função no que concerne a regulação do *High-Frequency Trading* e, por isso, foram mencionadas a Diretiva europeia e o regulamento dos Estados Unidos.

A intenção desta monografia foi mostrar que, como toda a evolução identificada até hoje nos mercados, o *High-Frequency Trading* possui pontos negativos e positivos. Entretanto, dado o cenário econômico atual do Brasil no qual a taxa básica de juros é a menor historicamente, a inflação está controlada e a poupança não é atrativa, o momento se torna o ideal para fomentação da negociação de renda variável no país.

Assim sendo, faz-se necessário tornar a regulamentação mais aberta ao modelo de negociação de alta frequência e ampliar o acesso de estrangeiros e investidores institucionais que fazem, em grande parte, uso desta tecnologia. Sem esquecer o possível benefício para as pessoas físicas ou investidores menores dadas as alterações e a abertura para os negociadores de alta frequência, em virtude da liquidez dos mercados e outros aspectos já mencionados.

Referências Bibliográficas

ALDRIDGE, I. **High-Frequency Trading Second Edition: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

ARAÚJO, A. C. de.; MONTINI, A. de A. **Análise da Relação Retorno e Volume no Mercado de Capitais Brasileiro com o Crescimento das Negociações em Alta Frequência**. São Paulo: FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão, v.19, n.2, 2016.

BECKER, M. M. **Concorrência e Inovação Tecnológica em Schumpeter e na Abordagem Neo-Schumpeteriana**. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, não publicado, 2009.

B3. **Direct Market Access (DMA)**. Site Oficial. Disponível em http://www.b3.com.br/en_us/non-resident-investor/how-to-get-connected-bm-fbovespa/direct-market-access-dma.htm, último acesso em 02 de setembro de 2019.

B3. **Market Data e Índices** - Resumo das operações. Site Oficial. Disponível em http://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/, último acesso em 02 de setembro de 2019.

B3. **Manual de Procedimentos Operacionais de Negociação da B3**. Manuais de Operações. Site Oficial. Disponível em <http://www.b3.com.br>, acesso em 24 de outubro de 2018.

B3. **Produtos e Serviços**. Site Oficial. Disponível em http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/, último acesso em 29 de agosto de 2019.

B3. **Tarifas de Programa HFT**. Site Oficial. Disponível em <http://www.b3.com.br>, acesso em 25 de agosto de 2018.

BM&FBOVESPA. **Comunicado ao Mercado**. Site Oficial. Disponível em <http://ri.bmfbovespa.com.br/ptb/860/CMDMA2Provider.html/CMDMA2Provider.html>, último acesso em 02 de setembro de 2019.

BM&FBOVESPA. **Ofício Circular 030/2010-DP**. Site Oficial. Disponível em: <http://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/informes/2010/agosto/OC030-2010DP.pdf>, último acesso em 02 de setembro de 2019.

CARVALHO, F.J.C. **Fundamentos da escola pós-keynesiana**: a teoria de uma economia monetária. In: AMADEO, E. J. (Org.) Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico. São Paulo: Marco Zero, 1989. p. 179-194.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Mercado de Valores Mobiliários Brasileiro**. Rio de Janeiro: CVM, 2014 (3^o edição).

COSTA, I. S. da. **High Frequency Trading (HFT) em Câmera Lenta**: Compreender para Regular. São Paulo: Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Direito de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2018.

DATHEIN, R. (Org.) **Teoria neoschumpeteriana e desenvolvimento econômico**. In: Desenvolvimentismo: o conceito, as bases teóricas e as políticas [online]. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Estudos e Pesquisas IEPE series, p. 193-222.

DIAZ-RAINEY, I.; IBIKUNLE, G.; MENTION, A. **The technological transformation of capital markets**. Revista Acadêmica Technological Forecasting & Social Change, p. 1-8, 2015. Disponível em <https://www.journals.elsevier.com>, acesso em 29 de setembro de 2018.

FORTUNA, E. **Mercado Financeiro**: produtos e serviços. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2008 (17^o edição).

HADDAD, W. E. **Inovação tecnológica em Schumpeter e na ótica neoschumpeteriana**. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, não publicado, 2010.

GONÇALVES, L. **Negociação de alta frequência** – alta voltagem ou curto circuito. Porto, Portugal: Banco Carregosa – manchete semanal, 2013.

LOBO, L.A. **Estratégia de inovação e o modelo *demand-pull***: uma análise do caso de redução de açúcar da coca-cola. Rio de Janeiro: Monografia de Bacharelado, não publicada, 2018.

MARTINI, G. H. **High-Frequency Trading**: os Algoritmos e as Operações de Alta Frequência nas Bolsas de Valores. Curitiba: Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Paraná, não publicado, 2015.

NODA, M. **Acesso eletrônico e tendências para a intermediação no mercado de valores mobiliários**. São Paulo: Dissertação de Mestrado apresentado à Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, não publicado, 2010.

OECD. **Manual de Oslo** diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação terceira edição. Rio de Janeiro: Copyright, 1997 (Tradução FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos).

OLIVEIRA, M. T. P. da G. M. de. **“High Frequency Trading”**: o novo paradigma da negociação automatizada. Lisboa: Dissertação de Mestrado em Direito Empresarial apresentada à Faculdade de Direito de Lisboa integrante da Universidade Católica Portuguesa, não publicado, 2016/2017.

PENTAGNA, A. P. **High Frequency Trading**: Riscos e Propostas de Regulamentação. Curitiba: trabalho de conclusão apresentado ao curso de graduação em Economia da Universidade Federal do Paraná, não publicado, 2015.

POSSAS, M. L. **Em direção a um paradigma microdinâmico**: a abordagem neoschumpeteriana. In: AMADEO, E. J. (Org.) Ensaio sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico. São Paulo: Marco Zero, 1989. p. 157-177.

SHAPIRO, C. & VARIAN, R. V. **A Economia da Informação**: como os princípios econômicos se aplicam à era da internet. Tradução autorizada da edição publicada por Harvard Business School Press (1999). Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. (tradutor R. Inojoso), 2003.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural Ltda., 1997 (Tradução Maria Sílvia Possas).

TADIELLO, G. **High Frequency Trading e Eficiência Informacional**: Uma Análise Empírica do Mercado de Capitais Brasileiro no Período 2007-2015. São Paulo: Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2016.

VELLEGO, M. G. B. **Sistemas de negociação eletrônica automatizada**. São Paulo: Monografia submetida como exigência parcial para a obtenção do Grau de Tecnólogo em Processamento de Dados pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo, não publicado, 2011.

VIEIRA, M. R. **Teorias da firma e inovação**: um enfoque neo-schumpeteriano. Minas Gerais: Monografia defendida na Faculdade de Ciências Econômicas Universidade Federal de Minas Gerais, não publicado, 2010.