

**RAFAEL HENRIQUE LEMES GALVÃO**

**HIGH-FREQUENCY TRADING:  
UMA OPERAÇÃO APLICÁVEL NO BRASIL?**

Monografia submetida à apreciação de banca examinadora da Coordenadoria Acadêmica do PECE, como exigência parcial para obtenção do grau de Especialização em Engenharia Financeira, elaborada sob a orientação de Pedro Pinto.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Programa de Educação Continuada em Engenharia  
2015

41

MBA-EF  
2014  
E139 L

597



Escola Politécnica - EPEL



31500023597

M201495 \*

**Galvão, Rafael Henrique Lemes**

**High Frequency Trading: uma operação aplicável no Brasil?**  
/ R.H.L. Galvão. -- São Paulo, 2015. 4  
35 p.

**Monografia (MBA em Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.**

**1.Negociação de Alta Frequência – Brasil 2.Finanças I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.**

[2716397]

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço ao autor da minha fé e consumidor da minha salvação, Jesus Cristo. Sem a confiança nEle, não teria conquistado mais esse objetivo. À Deus, as primícias de todas as realizações da minha vida.

Agradeço também aos meus autores, meus pais Argemiro e Ester Miria, pelo amor incondicional, carinho, amizade, educação, pelos princípios e valores transmitidos. Muito obrigado por sempre me incentivarem nos estudos! Obrigado pela confiança e pelo apoio. Mesmo distantes fisicamente, estão sempre presentes mostrando interesse pela conclusão deste curso. Amo vocês!

Agradeço às amigadas que construí ao percorrer este caminho: Aline, pela companhia de av. Bandeirantes e Marginal Pinheiros às 18h, somos heróis. Terra, o cara mais da hora do curso, boto muita fé no seu projeto educacional. Coutinho, sempre disposto a ajudar, "é nós mlk". Adriana, por compartilhar seu vasto conhecimento, "valeu".

Agradeço ao meu amor Raquel Madruga, pelo amor, paciência, respeito, compreensão, companhia e pela contribuição indireta nesse trabalho. Mais uma vez obrigado por estar sempre ao meu lado e sempre me incentivar. Te amo!

Em especial, agradeço ao Pedro Pinto pela orientação neste trabalho. Obrigado pelas sugestões, conselhos, paciência que permitiram a oportunidade de aprendizado. Obrigado pelo café com discussão sobre mercado financeiro.

“Para que Cristo habite pela fé nos vossos corações; a fim de, estando arraigados e fundados em amor poderdes perfeitamente compreender, com todos os santos, qual seja a largura, e o comprimento, altura, e a profundidade, E conhecer o amor de Cristo, que excede todo o entendimento, para que sejais cheios de toda a plenitude de Deus.”

Efésios 3:17-19

**GALVÃO, RAFAEL H. L. HIGH-FREQUENCY TRADING: UMA OPERAÇÃO APLICÁVEL NO BRASIL?** São Paulo, 2014. Monografia de Especialização (MBA Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Programa de Educação Continuada em Engenharia.

## **RESUMO**

Devido à dificuldade de encontrar artigos e estudos sobre High Frequency Trading no Brasil, o presente trabalho tem o propósito de apresentar um pouco mais de literatura sobre as operações de H.F.T no Brasil e comparar com o volume operado nos Estados Unidos.

**Palavras chaves:** HFT, Trade, BOVESPA

**GALVÃO, RAFAEL H. L. HIGH-FREQUENCY TRADING: UMA OPERAÇÃO APLICÁVEL NO BRASIL?** São Paulo, 2014. Monografia de Especialização (MBA Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Programa de Educação Continuada em Engenharia.

## **ABSTRACT**

Due to the difficulty of finding articles and studies about High Frequency Trading in Brazil, this paper aims to present a bit more of the literature on the operations of HFT in Brazil and compare with the volume traded in the United States.

**Keywords:** HFT, Trading, BOVESPA

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	09
1. REFERENCIAL TEÓRICO	
1.1 Conceito .....	10
1.2 Breve Histórico e Definições .....	10
1.3 Quem são os fundos <i>High Frequency</i> ? .....	13
1.4 Contra Senso.....	14
1.5 Dark Pools.....	17
2. BRASIL x E.U.A .....	17
3. Dados BM&F BOVESPA .....	21
4. Atualidades	
4.1 Alunos de Harvard criam fundo de algoritmos no Brasil .....	25
4.2 Taxas de negociação e liquidação para HFT .....	28
5. Modelos usados em High Frequency.....	30
Conclusão .....	34
Referências Bibliográficas .....	35



## INTRODUÇÃO

“The Answer to The Ultimate Question of Life, the Universe, and Everything is 42.” <sup>[1]</sup>

A frase que abre este trabalho é de uma obra de ficção. Um computador super inteligente demora alguns muitos anos para calcular a resposta extremamente precisa sobre a vida, o universo e tudo mais.

Por um lado, atingir a resposta correta é uma grande vantagem, pois considerou-se todas as variáveis, eliminou-se possíveis enganos e abordou-se todas as fontes de informações. Por outro lado, o tempo gasto nessa busca não reflete a realidade que hoje temos referente ao tempo disponível para nos dedicarmos a apenas um problema, o qual ainda pode ser influenciado por outros fatores do mercado enquanto estamos no meio de sua resolução.

Saindo do campo da ficção, os trades realizados hoje em bolsas de valores são influenciados a cada segundo por novas informações que alteram o cenário econômico mundial. Para tentar acompanhar essa dinâmica, iniciou-se uma onda de criação de algoritmos que fossem capazes de analisar de forma rápida e precisa essas alterações constantes do mercado financeiro. Essa linha mostrou-se tão eficiente, que os programadores resolveram testar se o próprio algoritmo seria capaz de tomar uma decisão, baseado em conhecimento de histórico de base de dados e a uma combinação de valores de variáveis pré-estabelecida.

A evolução na velocidade de tomada de decisão desses algoritmos ficou conhecida como high frequency trading, que é o assunto o qual será abordado neste trabalho, o qual tem o propósito de apresentar um pouco mais de literatura sobre as operações de H.F.T no Brasil e comparar com o volume operado nos Estados Unidos.

---

<sup>[1]</sup> “The Hitchhiker’s Guide to the Galaxy” Douglas Adams

## 1. Referencial Teórico

### 1.1 Conceito

High Frequency é uma modalidade de fundo de investimento no qual as decisões sobre as aplicações financeiras são tomadas por modelos matemáticos adaptativos, o que contribui para a melhoria e atualização contínua do próprio modelo. Seus algoritmos consideram uma vasta gama de variáveis e correlações, e para isso contam com uma extensa base de dados históricos.

Os parâmetros do modelo são atualizados em tempo real ao longo dos pregões, permitindo-o manter-se rigorosamente a par de qualquer mínima mudança de cenário e calcular a melhor alternativa de investimento a cada instante.

A melhor alternativa de investimento pode estar tanto dentro do escopo da estratégia vigente ou de uma outra estratégia programada em paralelo que o sistema ativa quando entender ser a mais apropriada para a situação. Uma vez que a melhor alternativa é calculada, o modelo gera ordens de compra ou venda de ativos que são encaminhadas as bolsas de negociação com auxílio de sistemas de comunicação direta.

O nome "*high frequency*" refere-se a altíssima frequência de atualizações dos parâmetros do modelo (*real-time*) e das conseqüentes gerações de ordens, que podem chegar a centenas por segundo.

As principais vantagens desse conceito de fundos são a retirada de fatores emocionais no processo de tomada de decisão, a possibilidade de execução de complexas estratégias de trading em frações de segundo, e o controle do risco determinado pelo próprio modelo como uma condição de cálculo. Combinados, estes fatores refletem uma significativa redução do risco total.

### 1.2 Breve Histórico e Definições

Um fundo quantitativo baseia seu processo de seleção de ativos em modelos de análise quantitativa. O conceito centra-se no desenvolvimento de tecnologias capazes de compreender ou antecipar o comportamento dos ativos, através de complexos modelos matemáticos e estatísticos. Nos chamados "Quant puros" a decisão final sobre a venda ou compra de um ativo cabe exclusivamente ao modelo, entretanto, são também muito

comuns estratégias híbridas, onde a capacidade de julgamento do gestor é adicionada ao modelo quantitativo.

A origem dos gestores quantitativos pode ser encontrada nos profissionais com extensa bagagem matemática e computacional, egressos principalmente das áreas de controles de risco de grandes instituições financeiras americanas. Os gigantescos avanços tecnológicos observados na indústria de computadores, verificados a partir de meados da década de 90, permitiu que um conjunto significativo de pesquisas em finanças desenvolvidas dentro da academia ao longo de muitos anos pudessem finalmente ser testadas. Os primeiros fundos quantitativos surgiram, portanto, nos EUA, com a promessa de mitigar o caráter emocional e os possíveis riscos operacionais envolvidos no processo de tomada de decisão humana. A taxionomia do conjunto de estratégias que podem ser classificadas como quantitativas é vasta e de difícil categorização. Dentre os principais grupos podemos destacar: Estratégias de Alta Frequência (*HFT*), Média/Baixa Frequência e Modelos Seguidores de Tendência (*Trend Following*).

As estratégias *HFT* podem ser entendidas como a busca de oportunidades no "intraday", valendo-se da identificação de oportunidades de arbitragens. O pressuposto implícito é que, ao contrário do que nos diz a literatura convencional de finanças, o mesmo ativo pode sim apresentar preços discrepantes no mesmo instante de tempo (um bom exemplo pode ser encontrado em arbitragens entre os mercados tradicionais e fracionários, onde o mesmo ativo está sendo negociado, porém, em preços distintos). Esses ganhos de arbitragens, apesar de muito pequenos, podem ser encontrados diversas vezes ao longo do dia - e em diversos mercados. A chave do sucesso de uma estratégia *HFT* é, portanto, a capacidade da construção de algoritmos que sejam capazes de identificar essas oportunidades no menor intervalo de tempo possível (falamos aqui de disputas na casa dos milissegundos).

Os *HFT* são fundos relativamente recentes. Em 1998, a U.S Securities and Exchange Commission (SEC) autorizou a criação de bolsas com pregões eletrônicos nos Estados Unidos. O primeiro tipo de negociação high-frequency que se tem notícia veio a ocorrer no ano seguinte, 1999. Nesse período os negócios realizados tinham um tempo médio de alguns segundos para serem executados.

O crescimento desse tipo de estratégia, porém, foi galopante. No início do ano 2000, o *HFT* era responsável por menos de 10% do volume de ações operados nas bolsas americanas. Entre os anos de 2005 e 2009, de acordo com dados obtidos na NYSE, o *HFT*

cresceu aproximadamente 164%, atingindo assim, no primeiro semestre de 2009, um total de US\$ 141 bilhões.

O fenômeno não se limita aos Estados Unidos. De acordo com estudos recentes feitos pelo Banco Central Inglês, estima-se que os fundos de HFT nos mercados de ações da Europa são responsáveis por aproximadamente 40% dos papéis negociados no Continente. No mercado asiático, esse percentual chega a aproximadamente 10%, com perspectiva de rápido potencial de crescimento para os próximos anos.

As estratégias de média/baixa frequência, por sua vez, têm, como seu exemplo mais convencional, as operações de arbitragem estatística. Parte-se aqui da construção de portfólios com grande quantidade de ativos, não necessariamente ações, com base na hipótese de reversão à média. Os portfólios são construídos utilizando-se ferramental econométrico e processamento computacional.

Nas estratégias que envolvem ações busca-se a construção de carteiras neutras ao comportamento da trajetória do mercado (*Beta* zero). Através do histórico e da série de preços dos ativos, os algoritmos matemáticos almejam a identificação de padrões de correlação entre pares de ativos ou carteiras buscando, portanto, oportunidades de ganho quando discrepâncias consideradas relevantes são identificadas.

Por fim, os modelos de *Trend Following* podem ser entendidos como estratégias de investimentos que buscam identificar movimentos direcionais do mercado. Os modelos matemáticos são os responsáveis por identificar futuros movimentos de alta ou baixa. Muito utilizados nos mercados de commodities, a estratégia envolve, ao contrário de grande parte das estratégias quantitativas, a assunção de riscos direcionais.

Em síntese, os Fundos Quantitativos apresentam perfil de investimento que difere significativamente da indústria de fundos tradicional. Entre os pontos positivos comumente elencados cabe destacar: capacidade de avaliar e implementar um vasto número de oportunidades com uma velocidade muito maior que os métodos de gestão convencionais, pulverização de riscos com a diversificação dos ativos e mercados, gestão de carteira de forma disciplinada. Para isso, seguem-se rigorosamente parâmetros de risco e regras de zeragem de posições pré-estabelecidas no momento da construção dos algoritmos. Ademais, a baixa correlação com os produtos tradicionais torna os produtos menos sensíveis ao risco sistêmico.

Dentre as críticas normalmente levantadas sobre as estratégias quantitativas de investimento destacamos: a chamada “Crítica de Lucas” (modelos estatísticos baseiam-se

em dados passados ou históricos não podendo levar em consideração eventos inesperados), incapacidade de os modelos monitorarem todas as variáveis de mercado, respostas aos acontecimentos de forma automática, sendo incapaz de agregar novos parâmetros

### 1.3 Quem são os fundos high frequency?

Os grandes destaques dentre os fundos high frequency internacionais são os geridos pelo renomado Jim Simons da Renaissance Technologies, hedge fund com sede em NY especializado em fundos quantitativos.

O Medallion Fund é o principal e mais antigo da casa. Este fundo iniciou-se na década de 80 com aporte dos próprios sócios e empregados, em sua maioria PhD's em áreas não-financeiras como matemática, estatística, física e astrofísica. O fundo opera em mercados não acionários, como US bonds, câmbio, commodities e seus derivativos. O Medallion, que já foi fechado para novos aportes, atualmente gere cerca de US\$ 8 bi e durante a última década vem apresentando rendimentos anuais médios de 35%.

Além do fundo Nova, que foca em ações da NASDAQ e já chegou a responder por cerca de 14% do movimento diário da bolsa eletrônica, a Renaissance mantém vários fundos que operam nos mais diversos mercados, inclusive o de hipotecas. O maior deles, o RIEF, com foco em institucionais, fechará para aplicações quando captar US\$ 100 bi.

Com a crise de 2008, os fundos da Renaissance fecharam o ano com perdas entre 12% e 16% e mesmo assim superaram o S&P500 em 4% a 6%.

Internacionalmente e principalmente nos Estados Unidos, os fundos high frequency são bastante difundidos e existem diversos fundos que utilizam-se de modelos quantitativos para compor, parcial ou integralmente, suas estratégias de operação, como por exemplo, o Global Alpha do Goldman Sachs, o Barclay Global Investors, Jump Trading e muitos outros. Como o segredo é a alma deste negócio, as informações são bastante restritas, por isso estes fundos são apelidados de "black box".

Já no Brasil, a difusão dos fundos high frequency ocorreu mais tardiamente. Dentre os pioneiros em gestão de fundos quantitativos podemos citar a Orbix Global Partners e o WestLB.

Em alguns fundos a decisão de investimento não é delegada inteiramente ao modelo, como é o caso do Príncipe Hedge Plus, no qual o modelo aponta as oportunidades mas a palavra final é do gestor. Neste caso o fundo dificilmente opera em high frequency, uma vez que a análise do gestor leva tempo e o volume e a frequência de ordens são

reduzidos. Outros fundos de destaque no Brasil são o Pátria Quantitative e os FICs da Kadima.

## 1.4 CONTRA-SENSO

A disputa entre a disciplina dos robôs e a inteligência dos homens transcende os filmes de ficção científica. No universo dos investimentos, além dos fundos que se fiam na capacidade de seleção dos gestores, há os que preferem a imparcialidade dos programas de computador. Usar algoritmos sofisticados não garante ao fundo um retorno superior ao de outras carteiras disponíveis no mercado, conclui uma pesquisa realizada no Centro de Estudos em Finanças da Fundação Getúlio Vargas (GVcef) e divulgada com exclusividade para o Valor. É um campo que gera muita polêmica no exterior, mas ainda é pouco estudado no Brasil, o que deve mudar com o crescimento dos quantitativos no país. "Em termos estatísticos homem e máquina se equipararam", aponta o estudo da FGV, assinado pelo coordenador do GVcef, professor William Eid, e o pesquisador associado Adalto Acir Althaus Junior. A estatística não permitiu taxar que o uso de algoritmos leva a resultados piores. A pesquisa, entretanto, indica nesse sentido. "Como no fim do dia o que interessa ao investidor é mais dinheiro no bolso, o homem venceu o desafio", escrevem os pesquisadores. No período de 24 meses, o retorno acumulado pela carteira administrada pelos humanos foi de 20,7%, contra 15,1% dos fundos geridos com auxílio de computadores. Além disso, afirmam, o maior retorno desses fundos foi obtido correndo-se menos risco.

Como não há uma categoria específica de quantitativos, foram avaliados 13 fundos brasileiros que têm o termo "quant" no nome entre 31 de outubro de 2011 e a mesma data de 2013. Como essas carteiras são classificadas como multimercados, elas foram comparadas com um portfólio de 144 fundos da mesma categoria que não têm os algoritmos como principal estratégia. O teste econométrico da FGV permitiu rejeitar a hipótese de que existe diferença significativa entre o desempenho médio mensal dos dois tipos de fundos. A conclusão vale tanto para o retorno absoluto quando para o Índice de Sharpe, que mede o retorno oferecido em relação ao risco corrido pelo investidor.

O estudo ressalva que o curto período de análise pode limitar a amplitude das conclusões, mas esse era o tempo em que estava disponível no país uma quantidade razoável de fundos geridos com auxílio de computador.

O grupo analisado soma patrimônio de cerca de R\$ 500 milhões. Ao todo, o mercado brasileiro tem 22 fundos multimercados com estratégia predominantemente quantitativa

segundo levantamento da provedora de informações financeiras Quantum. Essas carteiras têm patrimônio total de R\$ 1,2 bilhão e renderam na média 8,34% nos 12 meses encerrados em fevereiro, um pouco abaixo dos 8,66% do Certificado de Depósito Interfinanceiro (CDI) no período, referencial para aplicações conservadoras.

A pesquisa da FGV conceitua os fundos quantitativos como os que usam programas de computador capazes de avaliar um grande volume de dados e variáveis para buscar oportunidades de ganhos acima do mercado. Esses programas substituem total ou parcialmente a decisão de um gestor e, em mercados mais desenvolvidos, representam uma grande parcela do volume de transações realizadas. Para se ter uma ideia, citam os pesquisadores brasileiros, os robôs responderam por 73% das transações nas bolsas de valores dos Estados Unidos em 2009, segundo estudo de Terrence Hendershott, professor da Universidade da Califórnia.

"Esses modelos só funcionam se as relações entre variáveis forem estáveis. Nosso mercado é pequeno, pouco profundo e muito volátil", diz Eid.

Fora do Brasil, os quantitativos passam por uma crise. Os investidores estão perdendo a paciência com a estratégia depois de três anos de fraco desempenho, segundo reportagem publicada pela "Bloomberg" em fevereiro (ver página D2). Os hedge funds quantitativos sofreram saques de US\$ 4,9 bilhões no último trimestre de 2013, o maior volume de resgate no período de três meses em cinco anos. O instituto de pesquisa Hedge Fund Research estima que os fundos quantitativos somam patrimônio de US\$ 224 bilhões em todo o mundo.

O normal é que as carteiras quantitativas não sejam nem as de maior retorno nem as de menor a cada período, diz Gustavo Aleixo, gestor do fundo quantitativo da Kinea, que, com o nome Sistemático, não entrou no estudo da FGV. Uma característica que atrai para esse tipo de fundo, considera, é a baixa correlação com outros produtos, o que ajudaria a compor um portfólio. "São carteiras menos concentradas, mais pulverizadas", afirma Aleixo. Enquanto os gestores fundamentalistas compram poucos papéis com base em uma análise muito profunda, os modelos quantitativos operam uma grande quantidade de ativos. "Em geral esses fundos têm pequenos ganhos em muitas apostas", afirma o gestor.

Eid, da FGV, confirma que há uma correlação praticamente nula entre os 13 fundos quantitativos estudados e a carteira usada como referência.

Os gestores tradicionais, considera Aleixo, estão mais sujeitos à psicologia dos mercados e acabam caindo em armadilhas como seguir movimentos de pânico. "Tomar decisão a partir do modelo evita isso", afirma.

No ano passado - desafiador para a maior parte dos gestores -, o fundo da Kinea rendeu 5,79%, abaixo do CDI, mas desde que foi criada, em 2009, a carteira tem retorno médio mensal de 0,82%, o equivalente a 105% do indicador de referência para aplicações conservadoras.

Para Aleixo, é delicado tratar os quantitativos como um grupo único, já que eles usam estratégias muito diversas. Além de comprar e vender diferentes ativos, algumas carteiras operam com mais alta frequência do que outras.

"O fato de o fundo ser quantitativo ou fundamentalista na nossa opinião não é um fator determinante para aplicar", defende também Roberto Pullin, gestor da RMW Investimentos, especializada em análise quantitativa. O único fundo da casa, chamado de Azul, ultrapassa os 13% de retorno ao ano desde que foi criado, em 2010. Questões como o grau de risco, a consistência de resultados, a compreensão do modelo de gestão e das características do produto, diz Pullin, devem ser levados em conta.

Marcos Paolozzi, gestor do fundo quantitativo da Fator Administração de Recursos (FAR), também defende a diversidade de modelos e pondera que o período analisado é importante, já que o retorno desse tipo de estratégia varia muito com o contexto. No ano passado, o fundo quantitativo da casa rendeu 14,74%, bem acima dos 8,06% do CDI.

De forma simplificada, segundo Paolozzi, os períodos de maior volatilidade costumam ser mais rentáveis para a estratégia. "Quando tem muitas coisas diferentes acontecendo, em termos de fundamentos e notícias, a mente humana leva bastante tempo para avaliar os impactos, enquanto um sistema automatizado costuma capturar bem", diz. Ele exemplifica com 2008, ano da quebra do banco americano Lehman Brothers, em que os quantitativos apresentaram retornos expressivos.

Já em 2011, aponta Paolozzi, estratégias quantitativas com moeda no Brasil ficaram prejudicadas por um câmbio travado. Períodos de maior interferência do governo na economia são citados pelos gestores como desafiadores, já que isso muitas vezes faz com que os ativos não se comportem de acordo com o padrão histórico.

Em princípio, o conceito do fundo quantitativo não agrada a Sérgio Goldman, sócio da Maximizar, que gere os recursos de famílias de alto patrimônio. "Não consigo acreditar que entendendo muito bem o passado você possa prever o futuro. Prefiro um julgamento



mais qualitativo", afirma. Ele ressalva que vale olhar fundo a fundo, já que se sente atraído pela diversidade de estratégias. "A indústria de fundos no Brasil é historicamente muito padronizada", afirma. Como os investidores têm perfis variados, diz Goldman, é interessante conseguir oferecer a eles produtos diversos. "Quando alguém nos sinaliza que tem um produto diferente, nós vamos olhar."

Para Goldman, é preciso avaliar cada carteira quantitativa da mesma forma que se analisa outros tipos de fundo. Devem estar em questão, por exemplo, quem são os gestores e como a carteira se comportou em diferentes cenários. Em um portfólio em que cerca de 20% do patrimônio é direcionado a produtos arrojados, Goldman diz que não destinaria mais de 5% dessa fatia a fundos quantitativos.

## 1.5 Dark Pools

É um termo para designar trocas privadas ou fóruns de negociação de valores mobiliários; as *dark pools* são acessíveis para o público investidor, porém as ofertas não.

Também conhecido como "*dark pools liquidity*", eles são assim chamados por sua completa falta de transparência.

Surgiu principalmente para facilitar a negociação em bloco por investidores institucionais, que não desejavam impactar os mercados com suas grandes encomendas e, conseqüentemente, obter preços desfavoráveis para os seus negócios.

Enquanto *dark pools* foram fundidas em uma luz muito desfavorável no livro "Flash Boys: A Wall Street Revolt", a realidade é que eles servem a um propósito.

No entanto, sua falta de transparência torna vulneráveis a potenciais conflitos de interesse por seus donos e práticas comerciais predatórias por parte de alguns operadores de alta frequência.

## 2. EUA x BRASIL

Apesar de não existir uma classificação formal para fundos quantitativos em nosso país, estima-se que os primeiros produtos tipicamente classificáveis como estratégias quantitativas tenham surgido entre 2005/2006. Seu volume sob gestão equivalia, em julho

de 2011, a aproximadamente R\$ 1,5 bilhões, representando menos de 1% da indústria de gestão de fundos no Brasil.

Mesmo levando em consideração a compreensível falta de transparência quanto à fonte de origem dos resultados que caracterizam a indústria *quant* aqui e no mundo (uma das chaves do sucesso das estratégias vencedoras é evidentemente a dificuldade de replicação por parte de seus competidores), podemos identificar as estratégias de *Trend Following* e as de arbitragem estatística de média frequência como as mais comumente adotadas pelos gestores quantitativos no Brasil.

São inúmeros os exemplos de baixa performance das estratégias de arbitragem estatística em momentos de elevada volatilidade dos mercados. Nesses momentos, modelos matemáticos baseados em comportamentos de preços em situações de dita normalidade são de pouca utilidade. Em contra partida, as estratégias de *HFT*, apresentam excelente relação risco retorno em momentos de maior turbulência.

Adicionalmente entendemos que apesar da vasta literatura e grande *track record* das estratégias já testadas e aprovadas internacionalmente, as mesmas precisam de adaptações para sua aplicação eficiente no mercado brasileiro. Acreditamos também, que a adoção de estratégias quantitativas apresenta elevadas barreiras à entrada dada a natureza do desenvolvimento interno proprietário dos modelos. O crescente aumento da liquidez nos ativos negociados no mercado brasileiro representará fonte crescente de geração de retornos para os fundos quantitativos.

Atualmente, nos Estados Unidos, os fundos de *HFT*, representam 2% da indústria de hedge-funds americana de um total de 20.000 fundos. Apesar dessa baixa representatividade na indústria, os fundos *HFT* são responsáveis por 73% do volume de papéis operados nas bolsas americanas.

Segundo Alcides, as operações por alta frequência (High Frequency Trading - *HFT*) cresceram significativamente nos E.U.A. Conforme Aldridge (2010) o *HFT* representava em torno de 60% do volume transacionado nas bolsas de valores. Os retornos também não decepcionaram os investidores, alguns fundos *HFT*, como por exemplo, O Medalion Fund, apresentou rendimentos anuais médios de 35% (entre 2000 e 2010) e os fundos da Renaissance que superaram o S&P500 em meio à crise de 2008 em torno de 4% a 6%.

Por meio destas evidências, o mercado americano demonstrava sentimento positivo em relação ao *HFT*. Contudo, o evento ocorrido em maio de 2010, conhecido como Flash Crash Day, levantou um debate a respeito da estrutura e estabilidade do mercado financeiro

dos E.U.A. com uso destas operações. Conforme Kirilenko et al (2011), neste dia específico, em torno de 30 minutos, os índices de ações, futuros, opções e fundos do mercado financeiro americano apresentaram uma súbita queda de preços superior a 5% seguido por outra súbita recuperação.

Ainda segundo Alcides, em relação ao Brasil, Araújo e Montini (2013) apresentaram questões relevantes sobre o tema: "faria sentido este debate no Brasil com mercado ainda em crescimento?", "as estratégias de HFT apresentariam rentabilidades comparáveis com os retornos vistos nos EUA quando iniciaram estas operações?".

Quanto ao crescimento, existe um esforço pela CVM (Comissão de Valores Mobiliários) para fomentar estas operações, porém o ritmo de desenvolvimento não é tão rápido como aconteceu nos E.U.A. (PORTUGAL, 2010). Parte deste lento desenvolvimento, na bolsa brasileira, é explicado devido que somente em 2005 as operações se tornaram completamente automatizadas junto com o encerramento do pregão viva-voz.

Quanto aos retornos, Seabra (2014) relata pesquisa realizada pela FGV demonstrando que a utilização de algoritmos complexos não adere ao fundo uma melhor performance em comparação com os demais. Do ponto de vista estatístico, as diferenças entre os retornos dos fundos não foram significativas. Do ponto de vista financeiro, as carteiras administradas sem o uso de algoritmos, apresentou retorno em torno de 5% acima das carteiras geridas com base em algoritmos.

Este resultado era previsto por especialistas, conforme Seabra (2014), em entrevista com especialista, apresenta que os modelos funcionam mantendo certas variáveis analisadas estáveis, porém o mercado brasileiro é "pequeno, pouco profundo e muito volátil". Diante deste fato, seria necessário um número maior de participantes comprando e vendendo em alta velocidade para que o volume transacionado pudesse trazer algum retorno significativo à estratégia utilizada.

Conforme apresentaram os especialistas, o retorno das estratégias por HFT abaixo do esperado estão relacionadas ao baixo volume de transações na bolsa brasileira. De acordo com Rocha (2013), existe uma estagnação desde 2008 no volume negociado no mercado financeiro do Brasil.

Mesmo diante do evidente problema relacionado ao volume negociado, os empresários brasileiros apresentam um sentimento positivo em relação ao HFT.

Conforme demonstrou Portugal (2010) os executivos desejam aumentar o número de operações por alta frequência até final de 2013, dado a competitiva indústria de investimentos em oferecer melhor infraestrutura tecnológica.

Em Mazzoni (2012) os executivos entrevistados também demonstraram otimismo as operações de alta frequência no Brasil; afirmações do tipo: *"The Brazilian market is in excellent position for growth and our goal is to focus on Brazil"*, puderam ser constatadas. Conforme o autor, os empreendedores da área percebem no Brasil um estágio semelhante ao dos E.U.A. antes do rápido crescimento das operações HFT.

Conforme foi discutida a relação entre retornos, volume e número de negociações, o HFT está relacionado com grandes aumentos nos volumes transacionados. Diante disto, justifica-se uma pesquisa que possa observar o relacionamento entre volatilidade do mercado de ações e o volume das transações realizadas, principalmente, em um contexto de mercado com presença e crescimento do HFT como o Brasil.

### 3. Dados BM&F BOVESPA

As tabelas a seguir, consultadas no banco de dados no site da BMF&BOVESPA, apresentam o I) Volume negociado por Investidores de Alta Frequência (BM&F) e o II) Volume negociado por investidores de Alta Frequência (BOVESPA), respectivamente:

#### I) Investidores de Alta Frequência (Segmento BM&F) - Média diária

em milhares de contratos / In thousands of contracts							
	Câmbio FX	Índices Equities	Mini	Tx Juros BRL Int Rates BRL	Outros Others	Total	Part % Total*
jan/09	0,1	0,4	3,0	-	-	3,5	0,1%
fev/09	0,2	0,3	4,5	-	-	5,0	0,2%
mar/09	10,9	0,4	3,7	-	-	15,0	0,4%
abr/09	13,8	0,4	1,5	-	-	15,7	0,5%
mai/09	22,5	3,7	7,5	-	-	33,7	1,2%
jun/09	22,8	10,7	11,4	-	-	44,9	1,2%
jul/09	31,2	11,5	12,5	-	-	55,2	2,0%
ago/09	46,3	16,6	17,6	-	-	80,6	3,1%
set/09	45,0	27,0	36,0	-	-	108,0	3,8%
out/09	63,8	57,9	58,8	-	8,0	188,5	6,0%
nov/09	46,1	41,0	50,1	-	1,8	139,2	5,1%
dez/09	37,8	33,6	49,0	-	1,4	122,2	4,2%
jan/10	42,6	33,3	68,1	-	0,5	144,5	4,0%
fev/10	78,5	45,9	80,6	-	0,2	205,4	5,0%
mar/10	82,5	43,3	81,9	-	1,0	209,1	3,5%
abr/10	118,4	46,8	71,9	-	6,7	243,9	4,2%
mai/10	225,9	61,7	120,2	-	1,6	409,6	8,9%
jun/10	118,3	42,1	84,4	-	0,5	245,4	6,3%
jul/10	91,8	39,9	85,2	-	1,0	217,9	4,0%
ago/10	73,2	45,1	87,0	-	2,8	208,2	4,5%
set/10	58,4	42,5	98,0	-	15,0	213,9	5,7%
out/10	75,1	45,2	125,0	-	12,6	257,9	6,4%
nov/10	88,5	37,6	91,9	59,0	0,5	277,6	5,3%
dez/10	68,8	30,8	64,7	55,6	0,2	220,2	3,9%
jan/11	65,0	29,2	67,6	16,6	0,3	178,7	3,5%
fev/11	65,3	50,5	90,2	15,6	-	221,8	4,2%
mar/11	67,4	48,1	88,5	18,1	0,2	222,3	3,9%
abr/11	81,8	48,6	89,8	18,4	0,4	239,0	3,6%
mai/11	118,2	45,2	102,2	8,4	0,2	274,2	6,7%
jun/11	100,7	42,4	91,6	3,6	0,3	238,6	5,4%
jul/11	126,4	48,8	112,8	11,5	0,7	300,2	7,5%
ago/11	161,8	87,8	202,6	28,1	0,7	481,0	7,3%
set/11	155,5	66,1	218,4	33,2	0,7	478,7	8,7%
out/11	152,6	61,3	166,9	27,0	0,5	408,2	8,3%
nov/11	124,2	50,0	133,0	26,5	0,4	334,1	6,4%
dez/11	84,8	41,8	119,9	21,1	0,4	268,0	6,9%
jan/12	87,8	40,7	131,0	27,8	0,3	287,6	5,8%
fev/12	141,4	50,2	146,3	74,5	4,9	417,3	8,9%
mar/12	159,0	48,9	128,4	185,1	6,2	527,6	9,1%
abr/12	144,3	57,7	158,2	30,4	0,3	391,0	5,9%
mai/12	143,9	72,7	224,7	-	0,3	441,5	5,8%
jun/12	116,5	61,7	186,5	-	0,2	364,9	7,0%
jul/12	88,7	56,2	201,8	0,1	0,2	347,1	6,4%
ago/12	70,9	62,6	222,7	1,9	0,1	358,3	7,2%
set/12	61,0	55,5	200,6	-	0,1	317,2	6,3%
out/12	31,2	55,1	196,7	-	0,1	283,1	5,0%
nov/12	53,3	57,8	227,3	-	0,1	338,6	6,7%
dez/12	54,5	45,6	204,0	-	0,1	304,2	5,6%
jan/13	43,7	36,9	156,3	-	0,0	237,0	5,2%
fev/13	49,9	47,2	187,1	-	0,0	284,3	4,1%
mar/13	66,5	59,6	231,2	-	-	357,4	5,8%
abr/13	64,7	62,9	235,9	-	-	363,4	5,1%
mai/13	70,5	63,5	252,4	-	-	386,4	5,0%
jun/13	101,7	84,3	326,8	-	-	512,7	8,2%
jul/13	82,5	60,2	256,5	-	-	399,1	8,6%
ago/13	106,7	70,6	281,7	-	-	459,0	8,6%
set/13	102,6	51,7	212,9	-	-	367,3	8,9%
out/13	85,4	53,3	238,9	-	-	377,5	9,5%
nov/13	99,7	49,8	251,4	-	-	401,0	8,8%
dez/13	101,8	42,5	232,3	-	-	376,6	9,4%
jan/14	121,6	41,7	267,2	-	-	430,4	8,0%
fev/14	133,5	59,4	322,8	-	-	515,9	8,8%
mar/14	125,2	56,8	318,9	0,3	-	501,2	10,8%
abr/14	115,3	64,3	364,7	0,2	-	544,5	12,4%
mai/14	91,0	45,7	291,2	0,1	-	428,0	11,0%
jun/14	75,6	39,6	277,7	-	-	392,9	9,1%
jul/14	69,7	37,6	264,7	-	-	372,1	8,7%
ago/14	67,3	29,9	221,4	-	-	318,6	12,2%

\* Para o cálculo da participação do HFT no volume total negociado, dividimos o volume de HFT por 2, uma vez que ele considera os dois lados da operação (compras + vendas).

## II) Investidores de Alta Frequência e Co-location (Segmento BOVESPA) - Média diária

Volume Financeiro / Value Traded		
bilhões de R\$ / BRL billions		
	Média Diária / ADTV	Part % Total*
nov/10	0,56	4,5%
dez/10	0,50	4,0%
jan/11	0,73	5,7%
fev/11	0,96	6,6%
mar/11	0,75	5,9%
abr/11	0,78	5,9%
mai/11	1,00	8,7%
jun/11	0,90	7,6%
jul/11	0,97	8,6%
ago/11	1,68	11,4%
set/11	1,30	10,4%
out/11	1,46	10,3%
nov/11	1,34	11,5%
dez/11	1,15	9,3%
jan/12	1,09	8,7%
fev/12	1,37	8,4%
mar/12	1,16	8,4%
abr/12	1,37	9,0%
mai/12	1,52	10,3%
jun/12	1,47	8,8%
jul/12	1,27	10,3%
ago/12	1,33	10,0%
set/12	1,53	9,1%
out/12	1,36	10,2%
nov/12	1,34	10,1%
dez/12	1,52	9,4%
jan/13	1,49	10,1%
fev/13	1,58	10,0%
mar/13	1,71	11,6%
abr/13	1,71	9,5%
mai/13	1,65	11,4%
jun/13	2,06	11,5%
jul/13	1,56	13,5%
ago/13	2,04	12,7%
set/13	1,86	14,3%
out/13	1,88	14,8%
nov/13	2,18	15,6%

\* Para o cálculo da participação do HFT e Co-location no volume total negociado, dividimos o volume de HFT e de Co-location por 2, uma vez que ele considera os dois lados da operação (compras + vendas).

A partir de dez/13, as estatísticas de HFTs deixaram de ser divulgadas.

<http://ri.bmfbovespa.com.br/> (acessado em novembro/2014)



Pode-se consultar no site da BM&FBOVESPA os custos envolvidos nas operações realizadas nos mercados derivativos do Segmento BM&F.

Há um programa de incentivo para operações HFT:

[http://www.bmfbovespa.com.br/shared/iframe.aspx?altura=3200&idioma=pt-br&url=www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd\\_manual/programa-de-incentivo-para-HFT.asp](http://www.bmfbovespa.com.br/shared/iframe.aspx?altura=3200&idioma=pt-br&url=www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd_manual/programa-de-incentivo-para-HFT.asp)

O programa se aplica apenas aos cadastrados como investidores de alta frequência (HFT) e adota um modelo de tarifação por meio de tarifas diferenciadas e decrescentes, em função do volume realizado pelos investidores, conforme ofício circular 028/2010 de Agosto de 2010.

Abaixo seguem as tabelas de Emolumentos e Taxa de Registro Variável aplicáveis aos investidores HFT somente nas *operações day trade*:

## Emolumentos

### a) Contrato Futuro de Dólar:

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	US\$
1	3.500	0,20
3.501	7.000	0,12
7.001	14.000	0,09
14.001	28.000	0,08
Acima de 28.000		0,07

### b) Contrato Futuro de Ibovespa:

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	R\$
1	1.800	0,20
1.801	3.600	0,12
3.601	5.400	0,09
5.401	9.000	0,08
Acima de 9.000		0,07

### c) Contrato Futuro de S&P 500

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	US\$
1	1.800	0,20
1.801	3.600	0,19
3.601	5.400	0,18
5.401	9.000	0,17
Acima de 9.000		0,16

### d) Demais Investidores

Pessoa Não Física	
Faixa de ADTV (R\$ Milhões)	Taxa de Registro Variável (%)
Até 20 (inclusive)	0,0130
De 20 até 50 (inclusive)	0,0120
De 50 até 250 (inclusive)	0,0100
De 250 até 500 (inclusive)	0,0085
Mais de 500	0,0075

### e) Minicontrato Futuro de Petróleo (WTI):

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	US\$
1	299	0,52
300	599	0,32
Mais de 600		0,26

## Taxa de Registro Variável

f) Contrato Futuro de Dólar:

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	US\$
1	3.500	0,24
3.501	7.000	0,10
7.001	14.000	0,08
14.001	28.000	0,05
Acima de 28.000		0,04

g) Contrato Futuro de Ibovespa:

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	R\$
1	1.800	0,24
1.801	3.600	0,10
3.601	5.400	0,08
5.401	9.000	0,05
Acima de 9.000		0,04

Contrato Futuro de S&P 500

Quantidade de contratos		Valor da faixa
De	Até	US\$
1	1.800	0,22
1.801	3.600	0,18
3.601	5.400	0,16
5.401	9.000	0,13
Acima de 9.000		0,12

h) Minicontrato Futuro de Petróleo (WTI)

- Componente Unitário Fixo: R\$0,1166181 para todos os contratos
- Componente Variável:

Quantidade de contratos		Taxa Regis Variá
De	Até	US\$
1	299	0,7
300	599	0,4
Mais de 600		0,3

Para contratos que **não possuem tabela de preço diferenciada** para investidores HFT, será mantido o desconto de 70% sobre operações day trade, que incide na primeira faixa de preços, conforme novos valores publicados acima.



## 4. Atualidades

### 4.1 Alunos de Harvard criam fundo de algoritmos no Brasil

Conrado Mazzoni

<http://www.andrewauerbach.com/pt-br/alunos-de-harvard-criam-fundo-de-algoritmos-no-brasil/>

Dois colegas da universidade de Harvard escolheram o mercado de ações do Brasil para iniciar um ambicioso projeto de negociação eletrônica de ativos. O empreendedor brasileiro Henrique Flory, matemático egresso dos bancos do ITA e ex-representante do indiano Grameen Bank no Brasil, e o precoce financista americano Andrew Auerbach estão concluindo os preparativos para o lançamento de um fundo de investimento focado em estratégias de algoritmos em alta frequência no Brasil. Perito em ciência da computação, Auerbach foi aluno de Harry Lewis, guru dessa área de ensino nos Estados Unidos e mentor de Bill Gates e Mark Zuckerberg. Aos 24 anos, Auerbach respira tecnologia e já acumula um histórico em Wall Street, onde começou a negociar ações com 15 anos.

O projeto em construção no Brasil tem como base a criação de estratégias de arbitragem de ativos em alta frequência — na velocidade de uma fração de segundo, um robô busca automaticamente um objetivo de ganho no mercado, vendendo e comprando simultaneamente ações, derivativos ou outros contratos.

“O mercado brasileiro está em uma posição excelente de crescimento é concentrar aqui. No longo prazo, o plano é expandir para uma operação global completa que inclua arbitragem intercontinental de ativos”, diz Auerbach, CEO e fundador do Auerbach Group Brazil. Estudioso da alta frequência, o executivo vê o país em estágio semelhante ao dos EUA antes de o mercado deslançar nesse tipo de negociação. Em Wall Street, os algoritmos respondem por 70% dos negócios, enquanto têm participação de menos de 10% no volume da BM&FBovespa.

Desde setembro, Auerbach passa todo o tempo no escritório do grupo, na Avenida Paulista, em São Paulo. O fundador traz na bagagem uma experiência atípica para a sua pouca idade. Ele é dono de uma patente de tecnologia que, resumidamente, desenvolve um filtro para o fluxo de informações entre bolsas viajar com mais velocidade, em tamanho mais compacto. Atualmente, Auerbach mantém conversações com uma das maiores operadoras de bolsas do mundo, que está interessada na fórmula. A patente já foi aprovada pelo governo americano e deve ser publicada até o fim do ano.

Antes, com menos de 20 anos, o pupilo de Harry Lewis vendeu seu primeiro fundo a um banco de investimento e, conforme previa o contrato, precisou se afastar

temporariamente do mercado. Foi a senha para estudar em Harvard, onde conheceu Flory, o chefe de operações do grupo. Auerbach calcula já ter transacionado no mercado cerca de US\$ 10 bilhões em seus anos de atividade. No Brasil, o plano é começar investindo dinheiro dele e dos sócios, cerca de R\$ 20 milhões. Além dos dois colegas de universidade, Fernando Aoad, ex-sócio da gestora de recursos JGP, e Christian Santiago, ex-chefe de investimentos do Itaú Unibanco, compõem a sociedade. No exterior, há outros sócios de Nova York, Londres, Ásia e Oriente Médio. Gente que, segundo Auerbach, tem vivência significativa em negociações com algoritmos.

Passada uma fase de testes, entre cinco e seis meses, o fundo vai começar a operar, inicialmente com ações e derivativos na BM&FBovespa. Com os modelos matemáticos rodando, o objetivo consistirá em conseguir um histórico atrativo para potenciais futuros sócios. “Confiamos em nossa estratégia, na possibilidade de crescer muito rápido até o fim do ano que vem”, afirma Fernando Aoad, chefe da área de compliance do grupo. O processo na Comissão de Valores Mobiliários (CVM) para autorização do fundo está em fase inicial. Os sócios também buscam uma corretora para ter acesso ao mercado. Após essa etapa, o foco será buscar recursos de investidores qualificados e institucionais, como bancos e “hedge funds”.

“Todos os fundos, independentemente da estratégia, têm restrições de capital conforme o tamanho que podem atingir. É impossível saber qual a restrição de capital de uma estratégia até que ela atinja o limite, mas esperamos ser capazes de alcançar R\$ 100 milhões operando arbitragem pura, e R\$ 5 bilhões por meio de arbitragem estatística (estratégias com ativos com relações lógicas, como ações preferenciais e ações ordinárias de uma mesma empresa, com probabilidades de risco quase zero)”, projeta Auerbach.

Os colegas de Harvard planejam atuar enviando as ordens por meio de um servidor dentro do centro de processamento de dados da bolsa, a chamada estrutura co-location. Para tanto, precisam do suporte de uma corretora, que é a instituição que a bolsa autoriza operar lá. Pela curta distância de conexão, o desempenho ganha rapidez.

Numa segunda etapa, o plano de crescimento do grupo passa pela negociação de estratégias entre bolsas de outras regiões, começando por Estados Unidos, Europa e Ásia.

As coincidências entre Andrew Auerbach e Mark Zuckerberg extrapolam a bagagem acadêmica. Além de “craques” em ciência da computação por Harvard, ambos passaram pelas aulas de Harry Lewis, ex-reitor da universidade americana, que também ensinou Bill Gates.

Mais do que professor, Lewis participa dos primeiros capítulos das carreiras dos dois notáveis alunos fora do mundo acadêmico. A rede social Facebook surgiu de uma brincadeira online de Zuckerberg : “seis passos para se chegar ao professor Harry Lewis”, em 2004. Auerbach trilhou um caminho paralelo ao da tecnologia. Ele opera no mercado financeiro focado em negociação eletrônica, sem perder o contato com Lewis.

O raciocínio de Auerbach não atraiu apenas sócios para o fundo de alta frequência que está sendo estruturado no Brasil. Após conhecê-lo, o ex-membro do Parlamento Britânico Adam Price colocou a vida pública em modo “stand by” para tocar uma “startup” de tecnologia ao lado do americano, chamada Ideoba. Ainda embrionário, o projeto de inovação será dedicada ao campo de buscas especializadas, uma espécie de “Google para experts”. “Com pouca idade, Andrew já tem uma rica história de experiência profissional. Eu tenho certeza que o mundo vai conhecer o nome Auerbach em 2022”, destacou Price. O professor Lewis, por sua vez, comparou Andrew aos seus melhores alunos, e disse que não se surpreenderia se ele se tornasse um líder empresarial ainda nesta década.

O professor, acadêmico de Harvard desde 1974, aceitou o convite e virou presidente do conselho da Ideoba. “Assim como os melhores estudantes que ensinei, Andrew é também um pensador fora do convencional, e prefere seguir suas próprias ideias do que refinar ideias que outras pessoas lhe deram.” (CM)

## 4. Atualidades

### 4.1 Alunos de Harvard criam fundo de algoritmos no Brasil

Conrado Mazzoni

<http://www.andrewauerbach.com/pt-br/alunos-de-harvard-criam-fundo-de-algoritmos-no-brasil/>

Dois colegas da universidade de Harvard escolheram o mercado de ações do Brasil para iniciar um ambicioso projeto de negociação eletrônica de ativos. O empreendedor brasileiro Henrique Flory, matemático egresso dos bancos do ITA e ex-representante do indiano Grameen Bank no Brasil, e o precoce financista americano Andrew Auerbach estão concluindo os preparativos para o lançamento de um fundo de investimento focado em estratégias de algoritmos em alta frequência no Brasil. Perito em ciência da computação, Auerbach foi aluno de Harry Lewis, guru dessa área de ensino nos Estados Unidos e mentor de Bill Gates e Mark Zuckerberg. Aos 24 anos, Auerbach respira tecnologia e já acumula um histórico em Wall Street, onde começou a negociar ações com 15 anos.

O projeto em construção no Brasil tem como base a criação de estratégias de arbitragem de ativos em alta frequência — na velocidade de uma fração de segundo, um robô busca automaticamente um objetivo de ganho no mercado, vendendo e comprando simultaneamente ações, derivativos ou outros contratos.

“O mercado brasileiro está em uma posição excelente de crescimento é concentrar aqui. No longo prazo, o plano é expandir para uma operação global completa que incluía arbitragem intercontinental de ativos”, diz Auerbach, CEO e fundador do Auerbach Group Brazil. Estudioso da alta frequência, o executivo vê o país em estágio semelhante ao dos EUA antes de o mercado deslançar nesse tipo de negociação. Em Wall Street, os algoritmos respondem por 70% dos negócios, enquanto têm participação de menos de 10% no volume da BM&FBovespa.

Desde setembro, Auerbach passa todo o tempo no escritório do grupo, na Avenida Paulista, em São Paulo. O fundador traz na bagagem uma experiência atípica para a sua pouca idade. Ele é dono de uma patente de tecnologia que, resumidamente, desenvolve um filtro para o fluxo de informações entre bolsas viajar com mais velocidade, em tamanho mais compacto. Atualmente, Auerbach mantém conversações com uma das maiores operadoras de bolsas do mundo, que está interessada na fórmula. A patente já foi aprovada pelo governo americano e deve ser publicada até o fim do ano.

Antes, com menos de 20 anos, o pupilo de Harry Lewis vendeu seu primeiro fundo a um banco de investimento e, conforme previa o contrato, precisou se afastar

temporariamente do mercado. Foi a senha para estudar em Harvard, onde conheceu Flory, o chefe de operações do grupo. Auerbach calcula já ter transacionado no mercado cerca de US\$ 10 bilhões em seus anos de atividade. No Brasil, o plano é começar investindo dinheiro dele e dos sócios, cerca de R\$ 20 milhões. Além dos dois colegas de universidade, Fernando Aoad, ex-sócio da gestora de recursos JGP, e Christian Santiago, ex-chefe de investimentos do Itaú Unibanco, compõem a sociedade. No exterior, há outros sócios de Nova York, Londres, Ásia e Oriente Médio. Gente que, segundo Auerbach, tem vivência significativa em negociações com algoritmos.

Passada uma fase de testes, entre cinco e seis meses, o fundo vai começar a operar, inicialmente com ações e derivativos na BM&FBovespa. Com os modelos matemáticos rodando, o objetivo consistirá em conseguir um histórico atrativo para potenciais futuros sócios. “Confiamos em nossa estratégia, na possibilidade de crescer muito rápido até o fim do ano que vem”, afirma Fernando Aoad, chefe da área de compliance do grupo. O processo na Comissão de Valores Mobiliários (CVM) para autorização do fundo está em fase inicial. Os sócios também buscam uma corretora para ter acesso ao mercado. Após essa etapa, o foco será buscar recursos de investidores qualificados e institucionais, como bancos e “hedge funds”.

“Todos os fundos, independentemente da estratégia, têm restrições de capital conforme o tamanho que podem atingir. É impossível saber qual a restrição de capital de uma estratégia até que ela atinja o limite, mas esperamos ser capazes de alcançar R\$ 100 milhões operando arbitragem pura, e R\$ 5 bilhões por meio de arbitragem estatística (estratégias com ativos com relações lógicas, como ações preferenciais e ações ordinárias de uma mesma empresa, com probabilidades de risco quase zero)”, projeta Auerbach.

Os colegas de Harvard planejam atuar enviando as ordens por meio de um servidor dentro do centro de processamento de dados da bolsa, a chamada estrutura co-location. Para tanto, precisam do suporte de uma corretora, que é a instituição que a bolsa autoriza operar lá. Pela curta distância de conexão, o desempenho ganha rapidez.

Numa segunda etapa, o plano de crescimento do grupo passa pela negociação de estratégias entre bolsas de outras regiões, começando por Estados Unidos, Europa e Ásia.

As coincidências entre Andrew Auerbach e Mark Zuckerberg extrapolam a bagagem acadêmica. Além de “craques” em ciência da computação por Harvard, ambos passaram pelas aulas de Harry Lewis, ex-reitor da universidade americana, que também ensinou Bill Gates.

Mais do que professor, Lewis participa dos primeiros capítulos das carreiras dos dois notáveis alunos fora do mundo acadêmico. A rede social Facebook surgiu de uma brincadeira online de Zuckerberg : “seis passos para se chegar ao professor Harry Lewis”, em 2004. Auerbach trilhou um caminho paralelo ao da tecnologia. Ele opera no mercado financeiro focado em negociação eletrônica, sem perder o contato com Lewis.

O raciocínio de Auerbach não atraiu apenas sócios para o fundo de alta frequência que está sendo estruturado no Brasil. Após conhecê-lo, o ex-membro do Parlamento Britânico Adam Price colocou a vida pública em modo “stand by” para tocar uma “startup” de tecnologia ao lado do americano, chamada Ideoba. Ainda embrionário, o projeto de inovação será dedicada ao campo de buscas especializadas, uma espécie de “Google para experts”. “Com pouca idade, Andrew já tem uma rica história de experiência profissional. Eu tenho certeza que o mundo vai conhecer o nome Auerbach em 2022”, destacou Price. O professor Lewis, por sua vez, comparou Andrew aos seus melhores alunos, e disse que não se surpreenderia se ele se tornasse um líder empresarial ainda nesta década.

O professor, acadêmico de Harvard desde 1974, aceitou o convite e virou presidente do conselho da Ideoba. “Assim como os melhores estudantes que ensinei, Andrew é também um pensador fora do convencional, e prefere seguir suas próprias ideias do que refinar ideias que outras pessoas lhe deram.” (CM)

## 4.2. Taxas de negociação e liquidação para HFT (incluindo day trade tradicional)

Esta publicação trata da matriz de custos aplicada pela BM&F BOVESPA. O site da nossa bolsa possui algumas inconsistências (tabelas de valores desatualizadas), o que acaba confundindo o investidor. Além disso, algumas corretoras repassam informações equivocadas em função das várias mudanças que ocorreram na forma de taxar os clientes que realizam day trades no país. Mudanças estas, realizadas ao longo dos últimos 3 anos. Ao longo deste texto, há o que aconteceu historicamente com esta categoria de operação em função da cobrança das taxas de negociação e liquidação nas operações realizadas na BM&F BOVESPA.

Até Dezembro de 2013, clientes certificados como High-Frequency Traders possuíam benefícios que os day traders comuns não tinham. Estes eram relativos a descontos nas taxas de negociação e liquidação cobradas pela BM&F BOVESPA e pela Câmara de Ações (antiga CBLC). Após a publicação de dois ofícios circulares (018/2013-DP e 061/2013-DP), os clientes HFT e os day traders tradicionais passaram a se enquadrar na mesma tabela de custos para as taxas de liquidação e negociação. A atual cobrança privilegia investidores que giram um alto volume financeiro no mercado a vista de renda variável. Segundo o ofício 061/2013-DP, o objetivo da BM&F BOVESPA é encorajar o aumento da quantidade de negócios e compartilhar ganhos em escala. Com isso, mas de forma indireta, a liquidez do mercado eletrônico naturalmente é elevada.

Antes destas normativas, os clientes HFT precisavam ser credenciados pelo Centro de Controle BM&F BOVESPA (CCB), segundo critério estabelecido no ofício circular 028/2010-DP. O pedido de enquadramento como HFT era realizado pela corretora do cliente. A CCB analisava as condições técnicas do cliente, a lógica operacional e outros indicadores como, por exemplo, ratio (quantidade de ofertas/quantidade de negócios realizados), volume de mensagens, e pico de mensagens por segundo. Dentro destes parâmetros o cliente ganhava (ou não), o selo de HFT. Com este selo, adquiria descontos relacionados com as taxas de liquidação e negociação. A partir deste ponto, o investidor escolhia entre dois critérios de apuração: diário ou periódico.

No critério periódico, o volume de negócios médio diário (ADTV - Average Daily Trading Volume) do investidor era medido durante dois meses. Ao final, a média desta medida era enquadrada em uma tabela específica que era dividida em faixas de volume, indicando as taxas de negociação e liquidação a serem pagas nos dois meses subsequentes.

Quanto maior o volume médio girado, maior o desconto. A medição acontecia a cada par de meses, e sempre aplicando as taxas nos meses seguintes.

Já no critério diário, o cliente pagava as taxas de acordo com o volume de negócios do dia. Ou seja, poderia pagar diferentes taxas em diferentes dias. Esta avaliação era mais adequada para clientes que estavam entrando no negócio de alta frequência. Assim, não precisavam esperar dois meses para ganhar os descontos iniciais. A desvantagem é que um alto volume girado em um pregão, não compensava o baixo giro de outros dias, pois não havia o cômputo de média ao final de um período.

Atualmente, os custos de liquidação e corretagem para qualquer day trader (o que inclui os clientes que operam em HFT), são apresentados na Tabela 1 para Pessoa Física (PF), e na Tabela 2 para Pessoa Jurídica (PJ).

Tabela 1 - Taxa de negociação cobrada para HFT (para PF)

Faixa de ADTV (em milhões de reais)	Negociação (percentual cobrado)	Liquidação (percentual cobrado)	Total (percentual cobrado)
Até 4 (inclusive)	0,0050%	0,0200%	0,0250% (2,5 bps)
De 4 até 12,5 (inclusive)	0,0030%	0,0200%	0,0230% (2,3 bps)
De 12,5 até 25 (inclusive)	0,0005%	0,0195%	0,0200% (2,0 bps)
De 25 até 50 (inclusive)	0,0005%	0,0175%	0,0180% (1,8 bps)
Mais de 50	0,0005%	0,0155%	0,0160% (1,6 bps)

Tabela 2 - Taxa de negociação cobrada em HFT (para PJ)

Faixa de ADTV (em milhões de reais)	Negociação (percentual cobrado)	Liquidação (percentual cobrado)	Total (percentual cobrado)
Até 20 (inclusive)	0,0050%	0,0200%	0,0250% (2,5 bps)
De 20 até 50 (inclusive)	0,0030%	0,0200%	0,0230% (2,3 bps)
De 50 até 250 (inclusive)	0,0005%	0,0195%	0,0200% (2,0 bps)
De 250 até 500 (inclusive)	0,0005%	0,0175%	0,0180% (1,8 bps)
Mais de 500	0,0005%	0,0155%	0,0160% (1,6 bps)

Na última alteração da tabela, a queda na taxa de negociação provocou um aumento na taxa de liquidação, rebalanceando, e mantendo qualquer day trader com custo mínimo em 0,025% sobre o capital girado (ora bolas!). Toma lá, da cá! Precisamos de mais ousadia na política de incentivo ao aumento de liquidez na BM&F BPOVESPA. E isso só será alcançado com a redução significativa da liquidação aplicada aos day traders que operam grandes volumes (o que inclui necessariamente todos os high-frequency traders).



## 5. Modelos usados em High-Frequency

Os dados financeiros são tipicamente analisados utilizando retornos. Um retorno é uma diferença entre duas cotações de preços subsequentes normalizados pelo preço anterior nível. Independentemente do nível de preços, os retornos são convenientes para atuação direta comparações entre os vários instrumentos financeiros. Um retorno simples medida pode ser calculada como se mostra na equação abaixo:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$$

onde  $R_t$  é o retorno para o período  $t$ ,  $P_t$  é o preço do instrumento financeiro de interesse no período  $t$ , e  $P_{t-1}$  é o preço do instrumento financeiro no período  $t-1$ .

A determinação dos preços de dados em alta frequência pode não ser sempre fácil; cotações chegam em intervalos aleatórios, mas a análise exige que os dados estejam igualmente espaçados. Apesar da intuitividade dos retornos simples, grande parte da literatura financeira conta com os retornos de log. Log retornos são definidos como se segue:

$$r_t = \ln(R_t) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

### Modelos lineares econométricos

Em termos da equação, modelos lineares podem ser expressos como se segue:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i x_{t-i} + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_j z_{t-j} + \dots + \varepsilon_t$$

onde  $y_t$  é a série temporal de variáveis aleatórias que estão a ser prevista,  $x_t$  e  $z_t$  são fatores significantes na previsão de  $y_t$ , e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são coeficientes a serem estimados.

### Estimativa Autoregressiva (AR)

Modelos de estimações autoregressivas (AR) são regressões sobre os valores defasados da variável dependente:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i y_{t-i} + \varepsilon_t$$

## 5. Modelos usados em High-Frequency

Os dados financeiros são tipicamente analisados utilizando retornos. Um retorno é uma diferença entre duas cotações de preços subsequentes normalizados pelo preço anterior nível. Independentemente do nível de preços, os retornos são convenientes para atuação direta comparações entre os vários instrumentos financeiros. Um retorno simples medida pode ser calculada como se mostra na equação abaixo:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$$

onde  $R_t$  é o retorno para o período  $t$ ,  $P_t$  é o preço do instrumento financeiro de interesse no período  $t$ , e  $P_{t-1}$  é o preço do instrumento financeiro no período  $t-1$ .

A determinação dos preços de dados em alta frequência pode não ser sempre fácil; cotações chegam em intervalos aleatórios, mas a análise exige que os dados estejam igualmente espaçados. Apesar da intuitividade dos retornos simples, grande parte da literatura financeira conta com os retornos de log. Log retornos são definidos como se segue:

$$r_t = \ln(R_t) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$$

### Modelos lineares econométricos

Em termos da equação, modelos lineares podem ser expressos como se segue:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i x_{t-i} + \sum_{j=0}^{\infty} \gamma_j z_{t-i} + \dots + \varepsilon_t$$

onde  $y_t$  é a série temporal de variáveis aleatórias que estão a ser prevista,  $x_t$  e  $z_t$  são fatores significantes na previsão de  $y_t$ , e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são coeficientes a serem estimados.

### Estimativa Autoregressiva (AR)

Modelos de estimações autoregressivas (AR) são regressões sobre os valores defasados da variável dependente:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$f(x) = f(a) + (x-a) \left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=a} + \frac{1}{2} (x-a)^2 \left. \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \right|_{x=a} + o(f(x))$$

onde  $f(a)$  é o valor da função  $f(x)$  no ponto  $a$ .

Expansões em séries de Taylor podem ser usadas na estimativa de arbitragem de segurança subjacente.

### Modelos Limiares Autoregressivos (TAR)

Modelos Limiares Autoregressivos (TAR) aproximam funções não-lineares com estimativa linear por partes com limites definidos na variável dependente. Por exemplo, o modelo pode ter especificações diferentes para valores positivos e negativos da variável dependente, além de separar modelos lineares para grandes valores positivos e negativos grandes. Tal especificação podem ser úteis na determinação de modelos estatísticos de arbitragem.

Um exemplo do TAR pode ser a seguinte especificação AR:

$$y_t = \begin{cases} -5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } y_{t-1} < \text{Limite 1} \\ 5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } y_{t-1} \in (\text{Limite 1}, \text{Limite 2}) \\ -5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } y_{t-1} \in (\text{Limite 2}, \text{Limite 3}) \\ 5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } y_{t-1} > \text{Limite 3} \end{cases}$$

O grande problema dos modelos TAR é descontinuidade dos modelos nos limites. Modelos AR de Transição Suave (STAR) têm sido propostos para dirigir as descontinuidades dos modelos TAR.

### Modelos Cadeias de Markov

Modelos de Markov são modelos com um número finito de "estados" mutuamente exclusivos; os estados podem ser definidos como intervalos de valores entre os limiares sucessivos como em modelos TAR discutidos anteriormente, ou alguns valores discretos como refletindo potencialmente variáveis exógenas, tais como estados de economia global e similares. Ao contrário dos modelos TAR, em Modelos de Markov cada estado tem uma probabilidade discreta de transição para outro estado.

As probabilidades de transição são muitas vezes estimadas a partir de dados históricos ou determinado analiticamente a partir da teoria.

Um exemplo de um modelo de Markov de dois estados com uma especificação AR linear em cada estado pode ser da seguinte natureza:

$$y_t = \begin{cases} -5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } s_t = 1 \\ 5y_{t-1} + \varepsilon_t, & \text{if } s_t = 2 \end{cases}$$

onde  $s_t$  denota o "estado" de  $y_t$ , no entanto, o estado é definido, e as probabilidades de transição de estado, são as seguintes:

$$\begin{aligned} P(s_t = 2 | s_{t-1} = 1) &= p_1 \\ P(s_t = 1 | s_{t-1} = 1) &= 1 - p_1 \\ P(s_t = 1 | s_{t-1} = 2) &= p_2 \\ P(s_t = 2 | s_{t-1} = 2) &= 1 - p_2 \end{aligned}$$

## Redes Neurais

As redes neurais são um exemplo de estimativa semiparamétrica. O termo "rede neural" é por vezes percebido para sinalizar complexidade avançada de um sistema de alta-frequência. Na realidade, as redes neurais são construções alternativas para simplificar algoritmos que lidam com estimativa econométrica.

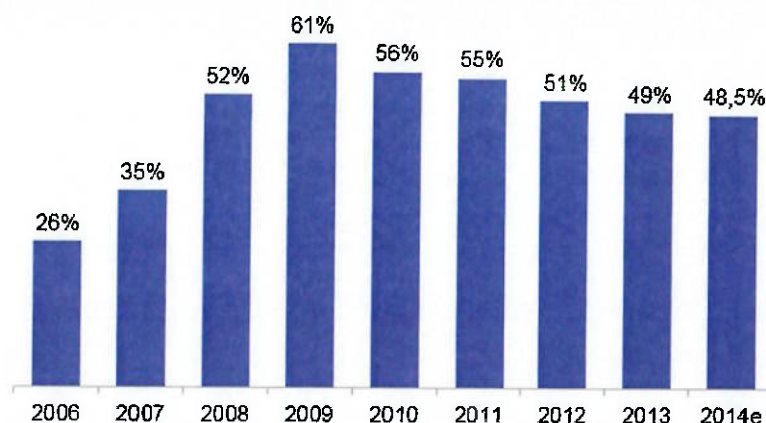
Uma rede neural é, em essência, um conjunto de regras que são interligadas seletivamente e sequencialmente acionadas, dependendo de quais condições são satisfeitas nos dados em tempo real.

A principal vantagem das redes neurais é a sua estrutura de passo-a-passo que pode acelerar significativamente a execução do algoritmo de previsão simplificado. As redes neurais são classificadas como ferramentas de estimativas semiparamétricas, uma vez que as redes podem incorporar ambas as suposições de distribuição e sistemas baseados em regras na estimativa e previsão variáveis desejadas.

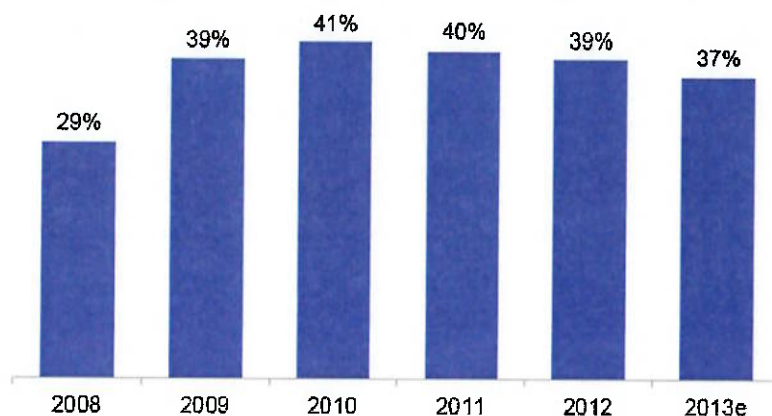
O campo da econometria fornece uma ampla gama de ferramentas para modelar dependências estatísticas nos dados. Modelos lineares assumem que as dependências de dados são diretas ou lineares, enquanto os modelos não lineares compreendem um conjunto de funções para relacionamentos mais envolvidos.

## CONCLUSÃO

### Porcentagem de Ações de Capital Negociados em High Frequency na bolsa Americana



### Porcentagem de Ações de Capital Negociados em High Frequency na bolsa Europeia



Dados para HFT divulgados pela BM&F BOVESPA em abril de 2011 mostram que 20% do volume negociado são HFT. Consequentemente, as reduções de taxas são apresentadas à comunidade brasileira como um problema menor, como se costuma dizer, há evidências de HFT tomando conta do mercado. Mas ainda assim, o volume HFT não está aumentando realmente e ainda está longe dos números dos EUA, que são frequentemente citados em cerca de 40-50%.

Ao olhar mercados internacionais, vemos, muitas vezes, que a estratégia mais comum é a abordagem formadora de mercado. Este fato é fortemente influenciado pela fragmentação do mercado, o que não temos no Brasil.

Pelo menos em termos de Brasil, acredito que operações em HFT ainda não são uma realidade muito próxima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Galleas Hedge - Fundo de Investimento Multimercado, março/2009

Trapezus Asset, Indústria de Fundos Quantitativos, Rio de Janeiro, setembro/2011

Valor Econômico, Homem x Máquina, março/2014

Alcides, High Frequency Trading: Preço, Volume e Volatilidade em uma Nova Microestrutura de Mercado, outubro 2014

<http://ri.bmfbovespa.com.br/>

<http://www.andrewauerbach.com/pt-br/alunos-de-harvard-criam-fundo-de-algoritmos-no-brasil/>

[http://www.bmfbovespa.com.br/shared/iframe.aspx?altura=3200&idioma=pt-br&url=www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd\\_manual/programa-de-incentivo-para-HFT.asp](http://www.bmfbovespa.com.br/shared/iframe.aspx?altura=3200&idioma=pt-br&url=www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/bd_manual/programa-de-incentivo-para-HFT.asp)

MEIRE MIDORI HORI PEREIRA, *IMPACTO DAS NEGOCIAÇÕES ALGORÍTMICAS DE ALTA FREQUÊNCIA NO MERCADO FUTURO DE DÓLAR*, FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO, 2014

<http://blog.highfrequency.com.br/2014/01/taxas-para-HFT.html>

<http://fixglobal.com/home/high-frequency-trading-in-brazil-mirage-or-miracle/>

Vídeo: High Frequency Trading Explained (HFT)

<https://www.youtube.com/watch?v=NzfmT4vGXZY>

