



RAM. Revista de Administração
Mackenzie

ISSN: 1518-6776

revista.adm@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie
Brasil

PONTUSCHKA, MARTIN; PERLIN, MARCELO
A ESTRATÉGIA DE PARES NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO: O IMPACTO DA
FREQUÊNCIA DE DADOS
RAM. Revista de Administração Mackenzie, vol. 16, núm. 2, marzo-abril, 2015, pp. 188-213
Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195438417008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

A

A ESTRATÉGIA DE PARES NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO: O IMPACTO DA FREQUÊNCIA DE DADOS

MARTIN PONTUSCHKA

*Mestrando em Administração da Escola de Administração
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).*

Rua Washington Luis, 855, Centro, Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90010-460

E-mail: martin.pontuschka@ufrgs.br

MARCELO PERLIN

*Doutor (Ph.D.) em Finanças pela School of Financial Markets
da University of Reading (ICMA Centre-Inglaterra).*

*Professor adjunto do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).*

Rua Washington Luis, 855, Centro, Porto Alegre – RS – Brasil – CEP 90010-460

E-mail: marcelo.perlin@ufrgs.br

RESUMO

A estratégia de pares é um popular método de negociação de ativos financeiros. Um dos motivos para isso se deve ao fato de que o resultado desse tipo de operação procede somente da relação entre os preços de dois ativos e não da direção do mercado. Somente a possibilidade de capturar ineficiências na precificação dos ativos é o que permite a obtenção de lucros sistemáticos por meio de um método de negociação de ativos. Com base na abertura de uma posição comprada (*long*) e, no mesmo instante, uma posição vendida (*short*), essa estratégia de arbitragem estatística busca obter lucros por conta da convergência dos preços dos ativos negociados. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar o desempenho da estratégia de pares em diferentes frequências de dados no mercado acionário brasileiro. Esta pesquisa baseou-se em Perlin (2009), em que foi encontrado o resultado de que as ineficiências de mercado aparecem em maior quantidade nos dados de maiores frequências, nesse caso diário, semanal e mensal. O presente trabalho estende o leque de frequências entrando no universo intradiário com frequências de amostragem em 1, 5, 15, 30, 60 minutos e diários. O período de tempo da base de dados utilizada nesta pesquisa se estende de 1º de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2011. Para compor a base de dados, foram utilizados os 20 ativos com maior número de contratos negociados no período. A metodologia empregada nesta pesquisa utiliza a técnica de períodos de treinamento e de negociação. Nos períodos de treinamento, os pares de ativos são selecionados de acordo com os menores desvios quadráticos nos seus preços normalizados. Nos períodos de negociação, a estratégia verifica as operações realizadas em cada par de ativo previamente selecionado. Os resultados da pesquisa confirmam a hipótese primária de que quanto maior a frequência de amostragem, maiores as evidências de ineficiência de mercado. Para chegar a essa conclusão, foram comparados os índices de Informação da estratégia de pares nas diferentes frequências de dados.

PALAVRAS-CHAVE

Estratégia de pares. Eficiência de mercado. Dados de alta frequência. Estratégia quantitativa. Arbitragem estatística.

1 INTRODUÇÃO

A estratégia de pares é considerada uma estratégia de arbitragem relativa, pois transaciona ativos equivalentes em um mesmo mercado, negociando dessa forma ineficiências temporárias na precificação desses ativos. Antes de tratar das ineficiências de mercado, deve-se entender o que significa o termo eficiência nesse contexto e o que se supõe quando se considera um mercado eficiente. É por isso que a hipótese dos mercados eficientes (HME) proposta por Fama (1970) deve ser o ponto de partida para este artigo, que buscará examinar as ineficiências nas diferentes frequências de dados por meio da utilização de uma estratégia de arbitragem relativa.

Na sua elaboração, a HME consistia na simples afirmação de que um mercado será considerado eficiente se, em todo o tempo, os preços dos ativos refletirem completamente as informações disponíveis (Fama, 1970). Posteriormente, Jensen (1978) sugeriu uma forma economicamente mais objetiva de expor a HME (Fama, 1991). Ele afirmou que, em um mercado eficiente, os preços dos ativos se comportariam de forma tal que seria impossível obter uma relação retorno sobre risco superior à oferecida pela média do mercado quando se consideram os custos de transação.

A proposição de Fama (1970) não é possível de ser rejeitada por causa do problema da hipótese-conjunta (Fama, 1991), ou seja, é impossível verificar qual é o preço “justo” de um ativo sem a utilização de um modelo de precificação que estime esse preço. Com isso, qualquer resultado pode ser devido a ineficiências de mercado ou a falhas no modelo de precificação utilizado. A afirmação de Jensen (1978) é possível de ser testada. Se existirem modos de obter retornos superiores aos do mercado quando comparados ao risco e se forem considerados os custos de transação, estes deverão ser vistos como ineficiências de mercado, o que sugere a rejeição da HME.

Por meio das duas proposições, chegamos a diferentes definições sobre o que deve ser entendido por ineficiência de mercado. A primeira deriva da afirmação de Fama (1970) que aponta as ineficiências de mercado como distorções do preço justo de um ativo. A segunda deriva da afirmação de Jensen (1978) e sugere

que as ineficiências de mercado devem ser vistas como possibilidade de lucros econômicos. Neste artigo, definir-se-ão ineficiências de mercado em relação às possibilidades de lucros econômicos, os quais se referem aos lucros auferidos por meio de operações de compra e venda, já descontados os custos transacionais. A escolha dessa definição se deve tanto por ela já ser utilizada na literatura financeira (Jensen, 1978; Schwert, 2003; Lo, 2007) quanto pelas dificuldades identificadas em tentar definir qual é o preço “justo” de um ativo.

A ideia de verificar as ineficiências de mercado em dados de alta frequência decorre de estudos (Perlin, 2009; Aldridge, 2010) que demonstraram que as ineficiências de mercado são encontradas em maior quantidade nos dados de maior frequência. Portanto, neste artigo, será seguida a proposta de Perlin (2009) que testou a estratégia de pares em dados diários, semanais e mensais do mercado acionário brasileiro e verificou que esse método de negociação apresenta desempenho superior nos dados de maior frequência. De forma mais específica, verificar-se-á a possibilidade de extensão de suas conclusões em relação às ineficiências de mercado para as diferentes frequências de dados de 1, 5, 15, 30, 60 minutos e diários.

A proposta apresentada neste artigo é relevante por conta da atual tendência da literatura financeira de averiguação dos dados financeiros em frequências maiores. Além de verificar evidências a respeito das ineficiências de mercado, a presente pesquisa apresentará uma análise empírica de determinadas propriedades dos dados de alta frequência no mercado acionário brasileiro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A ESTRATÉGIA DE PARES

Segundo Gatev, Goetzmann e Rouwenhorst (2006), essa estratégia foi formulada por volta dos anos 1980, quando o investidor de Wall Street, Nunzio Tartaglia, reuniu um grupo de matemáticos, físicos e profissionais das ciências da computação para montar sistemas de negociação sistemáticos, ou seja, sem o envolvimento de julgamento humano. Uma das estratégias que surgiram desse projeto foi a estratégia de pares, que envolvia a compra de uma posição (*long*) e, no mesmo momento, a venda de uma posição (*short*) equivalente. O resultado final dessa operação deve proceder somente da relação entre os preços dos dois ativos e não da direção do mercado. Por isso, a estratégia de pares é considerada um método de negociação não direcional. Isso não significa que a estratégia é livre de risco. Para que a estratégia apresente lucro, é necessário que ocorra a reversão à

média, o que nem sempre acontece. Os preços dos pares podem não apresentar regressão à média no período de negociação, e, dessa forma, a operação pode ser finalizada de duas maneiras: na primeira, os preços dos pares continuam a divergir, e alguma medida de *stop-loss* deve ser tomada para parar a operação; na segunda, a operação pode ser finalizada por alguma medida de tempo, que estabeleça a duração máxima de cada operação. Em Vidyamurthy (2004), há uma ampla revisão da estratégia e outras variações desse método de negociação.

Devido à sua simplicidade e facilidade de automação, a estratégia se tornou popular entre os participantes de mercado, incitando também o interesse acadêmico. Por exemplo, Gatev *et al.* (2006) analisaram o desempenho da estratégia em dados diários ao longo de 40 anos, de 1962 a 2002. A abordagem de seleção de pares utilizada foi por meio da diferença da soma do quadrado entre as séries de preços normalizados. Os resultados atestaram que, durante esse período, a rentabilidade média da estratégia de pares foi duas vezes superior ao *benchmark* utilizado (S&P500), com um risco 45% menor do que o que foi apresentado por esse índice de mercado.

No Brasil, existem diversos estudos que testam a eficiência da estratégia de pares no mercado financeiro. Perlin (2009) é uma das obras de referência no assunto. Ele testou a estratégia nas 100 ações de maior liquidez no mercado brasileiro, durante os anos de 2000 a 2006. A abordagem utilizada foi a de mínima distância quadrada entre os preços normalizados dos ativos. Ou seja, os pares eram formados pelos ativos que minimizassem a distância quadrada nas séries de preços do período de treinamento ou de formação dos pares. As frequências dos dados utilizados foram: diários, semanais e mensais. Perlin (2009) concluiu que a estratégia apresentou um bom desempenho no período testado e salientou a incidência de resultados superiores nas cotações de maior frequência.

É importante que seja ressaltado que, apesar da popularização desse método de negociação no meio acadêmico, há uma escassez de trabalhos que analisem a estratégia de pares nos dados intradiários. Entre os estudos que abordam esse tema, estão os apontados a seguir.

Nath (2003), por meio da utilização da mesma abordagem de Gatev *et al.* (2006), testou a estratégia de pares nos dados intradiários do mercado de títulos do governo norte-americano e obteve desempenho superior aos *benchmarks* analisados, principalmente na comparação retorno sobre risco. Bowen, Hutchinson e O'Sullivan (2010) utilizaram a abordagem da mínima distância quadrada e testaram a estratégia de pares em dados de alta frequência no mercado acionário de Londres. Foi documentada a existência de alta sensibilidade dos retornos da estratégia em relação aos custos e à velocidade de execução dos negócios. Também se identificou um padrão nos retornos da estratégia, em que a maior parte

deles é realizada na primeira e na última hora de negociação. Dunis, Giorgioni, Laws e Rudy (2010) testaram a estratégia de pares em dados intradiários de 5, 10, 20, 30 e 60 minutos nas ações do índice Euro Stoxx 50, no período de 3 de julho de 2009 a 17 de novembro de 2009. A abordagem utilizada envolvia localizar pares de ativos cointegrados de acordo com o procedimento de Engle e Granger (1987). Os resultados da estratégia foram comparados nas diferentes frequências de dados por meio dos diferentes índices de Sharpe. O método de negociação utilizado no artigo produziu um índice de Sharpe médio acima de 3 para as estratégias em dados de alta frequência e de aproximadamente 1,3 para a estratégia nos dados diários.

A abordagem de cointegração é bem popular para selecionar os pares de ativos a serem negociados na estratégia de pares, entretanto esta metodologia se diferencia da abordagem utilizada na presente pesquisa. A abordagem de cointegração busca modelar o relacionamento de longo prazo entre séries temporais integradas de mesma ordem. Este conceito verifica a relação de longo prazo entre séries temporais sem a necessidade de diferenciação das séries.

Em Caldeira (2011) a estratégia de pares foi testada em dados diários no mercado acionário brasileiro. O autor utilizou a abordagem de cointegração de Engle e Granger (1987) e Johansen (1988) para selecionar os pares de ativos. O resultado da estratégia no período fora da amostra demonstrou que a estratégia produziu retornos excessivos no período analisado que se estendeu de janeiro de 2005 e dezembro de 2009.

É possível ver que a estratégia de pares vem sendo testada na literatura desde sua criação após os anos 1980 e tem apresentado resultados bem interessantes em termos de retornos sobre riscos. O histórico recente na pesquisa desse assunto demonstra uma tendência em verificar o desempenho da estratégia em dados de alta frequência por conta dos avanços da tecnologia e popularização de estratégias com maiores velocidades de negociação. No Brasil, não foram encontrados registros de pesquisas envolvendo a estratégia de pares em dados de alta frequência. A seguir, será salientada a importância de analisar as estratégias de investimentos à luz das inovações tecnológicas que possibilitam e popularizam as negociações em alta frequência.

2.2 HIGH FREQUENCY TRADING

O *high frequency trading* (HFT) foi desenvolvido a partir dos anos 1990 como resposta aos novos desenvolvimentos na tecnologia da computação e por causa da adoção de forma gradual de sistemas de *trading* eletrônico pelas bolsas de valores. Em 2010, as negociações já eram executadas de forma exclusivamente

eletrônica na maior parte dos mercados americanos (Aldridge, 2010), isso ajuda a explicar a atual propagação do desenvolvimento de métodos de negociações em dados de alta frequência.

A grande inovação que separa o *trading* de alta frequência do *trading* de baixa frequência é o alto giro de capital financeiro por meio de rápidas ordens de negociação geradas por computadores. As estratégias de HFT são caracterizadas por um alto número de negociações e uma baixa média de lucros por *trade*. Gestores de estratégias de alta frequência executam inúmeras negociações por dia, e a grande maioria delas, se não todas, é encerrada antes do fechamento do pregão. Por ter uma natureza de rápida execução, a grande maioria dos sistemas de negociações de alta frequência é automatizada e utiliza algoritmos computacionais para realizar as operações de maneira extremamente rápida (Aldridge, 2010).

Aldridge (2010) alega que o HFT proporciona tanto benefícios operacionais como benefícios para a sociedade em geral. Na perspectiva operacional, pela característica automatizada desse modelo de negociação, a economia ocorre na possibilidade de trabalhar com uma equipe reduzida de funcionários e uma menor incidência de erros em vista da não utilização de reações humanas nas tomadas de decisões de compra e venda dos ativos. Como benefício para a sociedade, a autora afirma que as estratégias de alta frequência proporcionam um aumento na eficiência dos mercados, adicionam liquidez, promovem inovações do ponto de vista tecnológico e ajudam a estabilizar os sistemas financeiros.

Como as estratégias de HFT identificam e negociam as ineficiências temporárias de mercado, elas realmente podem auxiliar na velocidade com que as informações são incorporadas nos preços dos títulos financeiros. Por conta disso, está correto afirmar que o HFT pode proporcionar maior eficiência aos mercados, estabilizando-os e eliminando avaliações equivocadas dos preços (Benos & Sagade, 2012).

O desenvolvimento do HFT trouxe inúmeros benefícios que promovem a eficiência dos mercados. Porém, é necessário também compreender os riscos para o mercado que advêm desse tipo de negociação. O episódio que ocorreu no dia 6 de maio de 2010 ficou conhecido como *Flash Crash* e é considerado uma das quebras do mercado acionário americano. O nome *Flash Crash* foi dado por causa do caráter único desse fenômeno, pois, naquela terça-feira, em questão de minutos, o índice Dow Jones caiu quase 9% e, minutos depois, retornou para próximo do antigo patamar de preços. O incidente gerou polêmica por parte dos participantes de mercado, muitos deles apontando o HFT como principal culpado. Por conta de todo o ocorrido, uma extensa investigação foi realizada pelas comissões reguladoras dos mercados acionários americanos (U. S. Securities and

Exchange Commission – SEC) e do mercado de *commodities* (U. S. Commodity Futures Trading Commission – CFTC), para apurar as causas desse evento. De acordo com o relatório elaborado conjuntamente pela SEC e CFTC (2010), o episódio teve início por conta de um algoritmo utilizado para vender grandes posições no mercado. Um mau funcionamento fez com que o algoritmo vendesse 75 mil contratos de mini-índice futuro do S&P500 em menos de 20 minutos, o que geralmente levava de cinco a seis horas (SEC & CFTC, 2010). O grande volume de vendas removeu a liquidez dos mercados e fez com que os formadores de mercado se retirassem do mercado temporariamente (SEC & CFTC, 2010), ao mesmo tempo que algoritmos de HFT agravavam a situação por meio de rápidas mudanças de posições. Por conta disto, o HFT mesmo não sendo o originador do *Flash Crash* (SEC & CFTC, 2010), é considerado responsável por ter agravado a situação e colocado em risco a estabilidade dos mercados nesse dia. Esse e outros casos, como o do Knight Capital Group¹, aumentam as dúvidas em relação aos verdadeiros benefícios e riscos das negociações de alta frequência.

Portanto, ainda é cedo para afirmar se o HFT proporciona maiores benefícios ou riscos para os mercados e para a sociedade em geral. O que fica evidente, por meio dessa breve revisão do assunto, é a necessidade de maiores pesquisas na área que ajudem a esclarecer as questões envolvendo o impacto e as consequências desses tipos de operação.

3 DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados utilizados nesta pesquisa foram cedidos pelo Instituto Educacional BM&FBovespa. Essa base de dados é composta por datas, horários e preços de cada operação de compra e venda dos ativos negociados na bolsa de São Paulo. Para a presente pesquisa, utilizaram-se os 20 ativos com maior número de contratos negociados no período entre 1º de janeiro de 2008 e 31 de dezembro de 2011. A escolha desses 20 ativos foi definida porque eles apresentam maior liquidez e, por esse motivo, são os mais utilizados em estratégias que envolvem dados de alta frequência.

¹ Em julho de 2012, essa empresa de operações financeiras perdeu 440 milhões de dólares em 45 minutos devido a falhas na programação de um de seus algoritmos de negociação automática. Apesar de ser um evento específico, o ocorrido afetou diretamente o mercado, trazendo grande instabilidade para o sistema financeiro.

TABELA I

COMPOSIÇÃO DA BASE DE DADOS

FREQUÊNCIA DOS DADOS	NÚMERO TOTAL DE OBSERVAÇÕES POR ATIVO	NÚMERO TOTAL DE OBSERVAÇÕES
1 minuto	314.820	6.296.400
5 minutos	62.964	1.259.280
15 minutos	20.988	419.760
30 minutos	10.494	209.880
60 minutos	5.247	104.940
Diários	1.005	20.100

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 1, é possível observar, em números, a composição da amostra utilizada. Como pode ser visto, foram empregadas as frequências de dados de 1, 5, 15, 30, 60 minutos e diários. Cada observação equivale ao valor da média aritmética do preço de negociação para a respectiva frequência. Por exemplo, no caso da frequência de 1 minuto, cada observação é a média dos preços de negociação de um determinado ativo durante 1 minuto de negociação na bolsa de valores. Para evitar períodos sem negociação nos ativos, optou-se pela captura das cotações 15 minutos após a abertura da bolsa, indo até 15 minutos antes do seu encerramento. É importante salientar que todos os dados foram ajustados para pagamentos de dividendos, subscrições de ações, desdobramento ou grupamento de ações e pagamentos de juros sobre capital próprio, por meio das informações obtidas no *software* Economática.

A metodologia da pesquisa será composta pelos seguintes passos: o método irá localizar os pares que serão negociados, definir os parâmetros de cada negociação e, após isso, avaliar os resultados obtidos. Para testar e computar os resultados da estratégia, será utilizado o programa Matlab². A estratégia se utilizará de períodos de treinamento, em que os pares serão atualizados e selecionados para o próximo período de negociação. Cada período de treinamento utilizará seis meses de negociações para formar os pares de ativos. Os pares serão atualizados a cada mês, portanto cada período de negociação terá a duração de um mês. Serão computados 42 períodos de treinamento e 42 períodos de negociação

² A base do código utilizado pode ser encontrado em sites.google.com/site/marceloperlin/matlab-code.

nos dados da presente amostra, de forma que os primeiros seis meses servirão apenas como período de treinamento e não serão utilizados para as negociações.

A lógica da estratégia de pares se resume a localizar dois ativos que se movimentem de maneira similar e controlar a distância entre seus preços. Quando a distância entre os preços desses ativos for maior que determinado valor, deve-se comprar o ativo que se desvalorizou e vender o ativo que se sobrevalorizou. Quando a distância entre os preços retornar ao valor observado anteriormente, deve-se finalizar a operação, ou seja, deve-se comprar o ativo que foi vendido e vender o ativo que foi comprado. Espera-se que a diferença entre os preços retorne à sua média histórica e que a distância entre os dois ativos diminua, portanto espera-se que o *spread* no encerramento da operação seja menor que o *spread* inicial. O risco de a distância entre os pares continuar a aumentar deve ser considerado. Isso pode acontecer por alguma alteração ou quebra na relação histórica entre os dois ativos; nesse caso, a operação será finalizada, provavelmente com um prejuízo, quando se encerrar o período de negociações atual.

3.1 ESCOLHA DOS PARES

O método de negociação utilizado neste trabalho irá selecionar os pares a serem empregados em cada período de negociação pelas ações que apresentarem os menores desvios quadráticos entre os seus preços normalizados durante o período de treinamento precedente. O passo inicial para a escolha dos pares será a normalização dos preços de cada ativo e se dará da seguinte forma:

$$R_{it} = \frac{P_{it} - (P_{it-1})}{P_{it-1}} \quad (1)$$

Na Equação (1), o valor de R_{it} é equivalente ao retorno do ativo i no tempo t ; P_{it} é o preço do ativo i no tempo t , e P_{it-1} , o preço do ativo i no tempo $t-1$. Com a utilização da Equação (1), os preços serão convertidos em retornos. Agora os retornos serão convertidos na mesma unidade por meio da seguinte fórmula:

$$P_{it}^* = \prod_{\tau=1}^t (1 + R_{i\tau}) \quad (2)$$

Na Equação (2), P_{it}^* representa o preço padronizado do ativo i no tempo t obtido por meio do produtório de $(1 + R_{i\tau})$. A série se inicia em $P_{i0}^* = 1$, ou seja, todos os ativos iniciarão a amostra com o mesmo preço; $R_{i\tau}$ é o retorno obtido na Equação (1). O passo seguinte após a conversão dos retornos dos ativos é normalizar os preços dos ativos.

$$P_{it}^{**} = \frac{P_{it}^{*} - E(P_{it}^{*})}{\sigma(P_{it}^{*})} \quad (3)$$

Na Equação (3), P_{it}^{**} representa o preço normalizado do ativo i no tempo t , $E(P_{it}^{*})$ é o valor esperado dos preços padronizados do ativo no tempo t e $\sigma(P_{it}^{*})$ é o desvio padrão dos preços padronizados no procedimento da Equação (2).

Agora que os preços estão normalizados, basta selecionar os pares que apresentarem a menor distância quadrada entre seus preços. Após a identificação de cada par para cada ativo, a estratégia sinalizará o início de uma operação toda vez que a distância absoluta entre P_{it}^{**} e p_{it}^{**} for maior que d , em que p_{it}^{**} é o preço normalizado do par da ação i no tempo t . O gatilho d é um valor arbitrário e representa o número de desvios padrão que iremos definir para o início de cada negociação. Assim que o *spread* dos preços normalizados de determinado par de ações for maior que d desvios padrão, será iniciada uma negociação. Um número mais elevado de d resultará em um menor número de negociações, pois apenas se realizarão negociações quando ocorrerem acentuados desvios entre os preços normalizados dos pares de ativos. Já um número menor de d resultará em uma maior quantidade de negociações, o que acarretará altos custos de transação.

De acordo com a estratégia, se o preço normalizado da ação i no tempo t , P_{it}^{**} estiver valorizado em relação ao seu par p_{it}^{**} , serão assumidas uma posição vendida na ação e uma posição comprada no seu par. Se o valor de P_{it}^{**} estiver desvalorizado em relação ao de p_{it}^{**} , serão assumidas uma posição comprada na ação e uma posição vendida no seu par. Essas posições devem ser mantida até que a diferença absoluta entre os preços normalizados seja menor que s , onde s é o gatilho de saída da operação, da mesma forma que d , s também é arbitrário. Por motivos lógicos, s deve ter menor valor que d , pois se espera iniciar a operação quando a distância entre os preços for maior que d e finalizá-la quando os preços regressarem para mais próximo da estabilidade histórica e, portanto, uma distância menor entre os seus preços normalizados.

3.2 CÁLCULO DO DESEMPENHO DA ESTRATÉGIA

No presente trabalho, a estratégia adotada forma posições neutras financeiramente, o que significa que as pontas compradas e vendidas possuem o mesmo valor. Se os valores monetários forem iguais, ou muito próximos, o lucro esperado da negociação será a diferença entre o *spread* inicial e o *spread* final do par de ativos negociado. Dessa forma, espera-se que as posições vendidas financiem completamente as posições compradas.

A rentabilidade líquida é o retorno bruto da estratégia descontado de seus custos de transação. O retorno bruto nada mais é do que o capital inicial do portfólio somado ou descontado dos retornos das negociações no final do período. Para definir os custos de transações a serem utilizados, é necessário verificar quais são os diferentes custos de transação envolvidos em uma operação de pares na bolsa de valores de São Paulo.

O principal componente dos custos de transação são as taxas de emolumentos e liquidação cobradas pela BM&FBovespa³ a cada operação de compra ou venda e que somadas representam 0,0345% de custo para cada operação. Na ocasião de uma operação de venda, os ativos vendidos precisam ser alugados.

Nesse caso, o tomador do aluguel deverá pagar três diferentes custos, sendo eles: a remuneração devida ao doador do ativo, a comissão da corretora e a taxa de registro do aluguel na BM&FBovespa. A remuneração devida ao doador é variável com relação ao ativo, ativos de maior liquidez geralmente apresentam menor custo de aluguel. Esta remuneração também varia conforme a duração da operação. Visto que a presente estratégia busca negociar em dados de alta frequência, a duração média de cada operação será curta, reduzindo assim o custo do aluguel. A comissão da corretora é um valor fixo e varia conforme a corretora, algumas não o cobram. E por último, a BM&FBovespa determina a taxa de registro do aluguel em 0,25% a.a. e tem um valor mínimo de 10 reais.

Além dos emolumentos e dos custos de aluguel do ativo, existe o custo implícito da operação de negociação, ou seja, o custo do impacto da negociação no mercado. Pela estratégia de pares ser uma estratégia que remove liquidez do mercado necessidade de utilizar ordens com execução imediata, o custo do *bid-ask spread* deve ser levado em conta. Nessa pesquisa o custo implícito será fixado em 0,05% de acordo com o que costumeiramente utilizado na literatura.

Entretanto, nesta pesquisa busca-se utilizar posições de tamanho fixo. Isto porque, a presente pesquisa trata-se de uma adaptação de uma estratégia elaborada para o mercado norte-americano aplicada para a realidade brasileira. Apresenta maior apelo empírico, ao testar uma estratégia que opera ações no mercado brasileiro o qual possui liquidez significativamente menor que o mercado norte-americano, manter o tamanho das posições constantes ao longo do tempo. Ao permitir que o tamanho das posições varie ao longo do tempo, mantendo o *bid-ask spread* de uma posição em uma porcentagem constante em 0,05%, como é frequentemente realizado na literatura, devemos esperar que o *bid-ask spread*, em valores monetários, seja linear com relação ao tamanho das posições realizadas o que pode ser absurdo, especialmente ao se tratar da realidade brasileira onde a

³ Recuperado em 5 outubro, 2013, de <http://www.bmfbovespa.com.br>.

liquidez no mercado acionário é reduzida. Portanto, levando em conta a liquidez reduzida do mercado brasileiro, optou-se por utilizar o tamanho das posições constante ao longo do tempo, isto também explicará o porquê da utilização de retornos simples no cálculo do resultado da estratégia de pares.

É importante ressaltar que operações abertas e fechadas no mesmo dia não incidem em custos de aluguel, e possuem custos de emolumentos reduzidos por se tratarem de operações de *daytrade*. Dessa forma, o custo de uma operação completa da estratégia de pares será formado pela soma dos custos de transação formados principalmente pelos emolumentos, mais o custo do *bid-ask spread*, e o custo do aluguel do ativo vendido em cada operação da estratégia de pares será fixado em 0,08%, independentemente da duração da operação. A partir da análise dos itens que compõem os custos que incidem em cada operação da estratégia, chega-se à conclusão de que 0,2% de custos totais por uma operação completa da estratégia de pares é um custo realista e de acordo com a realidade do mercado brasileiro.

O retorno da estratégia é calculado ao se pressupor juros simples na rentabilidade, visto que a estratégia sempre utiliza posições com o mesmo valor financeiro, não haverá ocorrência de juros compostos nos retornos auferidos. Apenas se soma os retornos de cada operação realizada e se divide pelo capital utilizado em cada operação para obter o retorno da estratégia. Visto que a estratégia utilizada assume posições neutras financeiramente, espera-se que a garantia utilizada para as negociações se mantenha constante ao longo do tempo, tanto em situações de ganhos, quanto em situações de perdas.

Os retornos excessivos serão calculados por meio da diferença entre a rentabilidade líquida total da estratégia no período e os retornos de uma estratégia ingênua. Neste trabalho, a estratégia ingênua é a estratégia passiva de *buy&hold* da carteira de mercado, que é composta pelos 20 ativos que compõem a amostra deste estudo, com pesos igualmente distribuídos na carteira. A análise dos retornos excessivos é de grande importância, pois irá comparar os retornos da estratégia de pares, uma estratégia com elevados custos de transações, com os retornos da gestão passiva de recursos (*buy&hold*), que é apreciada por não acarretar maiores custos.

A verificação do desempenho das diferentes estratégias se dará pela comparação entre os seus índices de Informação, que é utilizada também em Chan (2009) e Caldeira (2011). O índice de Informação é popularmente utilizado para avaliar o desempenho de diferentes estratégias. Seu objetivo é medir o retorno de determinada estratégia com relação ao seu risco e é muito parecido com o índice de Sharpe, com a única diferença de não utilizar retornos excessivos com relação a um título de renda fixa. O índice de Informação, ou *information ratio*, anualizado é calculado da seguinte maneira:

$$IR = \frac{R^A}{\sigma^A} \quad (4)$$

Na Equação R^A é o retorno anualizado da estratégia, e σ^A , o risco anualizado representado pelo desvio padrão dos retornos. O objetivo será verificar as relações de retorno sobre risco que as diferentes frequências de dados apresentam. Outra possibilidade será comparar os índices de Informação da estratégia com o índice de Informação da carteira de mercado.

4 RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos com a utilização da estratégia de pares. Foram escolhidos diferentes valores de parâmetros de entrada e saída na operação. Cada unidade no valor desses parâmetros representa um desvio padrão de distância entre os preços normalizados dos pares de ativos. Dessa maneira, se o valor do gatilho de entrada das operações for igual a um, a distância entre os preços normalizados de um determinado par de ativos precisará ser maior do que um desvio padrão para que a estratégia sinalize o início de uma negociação. Dessa maneira, é de se esperar que quanto menor for o valor dos gatilhos de entrada, maior será o número de negociações, e quanto maior for o gatilho, menor será o número de negociações. Para os gatilhos de saída, a relação é inversa, ou seja, quanto menor for o valor dos desvios de saída, maior será a duração de cada *trade* e, portanto, menor será o número de negociações no período. O parâmetro escolhido para os gatilhos de entrada nas operações varia de 1 a 2 desvios padrão, e, para os gatilhos de saída, varia de 0,1 a 1 desvio padrão⁴. Os resultados de diferentes combinações de gatilhos de entrada e saída foram testados, e, na Tabela 2, são apresentados os resultados médios⁵ para as diferentes frequências de dados. Para simplificar a apuração dos resultados, optou-se por uma análise agregada dos dados, em que os resultados médios foram obtidos por meio de uma média aritmética dos valores obtidos nas diferentes combinações de parâmetros. Quando se transforma o resultado de cada frequência em valores médios, evita-se o erro de escolher apenas uma combinação de parâmetros que pode ter gerado resultados extraordinários por fatores aleatórios. Da mesma forma, isto diminui a sensibilidade da estratégia

⁴ Foi excluída a combinação 1 e 1 para os parâmetros de entrada e saída, pois essa estratégia não faria sentido para dados de alta frequência.

⁵ O Apêndice A apresenta as tabelas com os resultados de cada teste realizado neste artigo.

com relação à variação nos valores dos gatilhos ou da frequência dos dados. Para mais informações sobre a sensibilidade da estratégia de pares com relação aos gatilhos de negociação ver Perlin (2009).

TABELA 2

**RESULTADOS MÉDIOS OBTIDOS PELA ESTRATÉGIA DE PARES
UTILIZANDO DIFERENTES PARÂMETROS AGRUPADOS PELA
FREQUÊNCIA DE DADOS**

	RENTABILIDADE LÍQUIDA	RENTABILIDADE LÍQUIDA ANUAL	RETORNOS EXCESSIVOS	ALFA	BETA	ÍNDICE DE INFORMAÇÃO	PONTO DE BREAK-EVEN	DRAWDOWN MÁXIMO	NÚMERO DE TRADES
1 minuto	97,52%	27,86%	88,77%	0,013	-0,106	0,48	0,78%	-61,63%	168
5 minutos	101,43%	28,98%	92,68%	0,012	-0,139	0,42	0,84%	-57,28%	160
15 minutos	43,69%	12,48%	34,94%	0,008	0,131	0,21	0,48%	-60,26%	153
30 minutos	-6,35%	-1,81%	-15,10%	0,000	0,117	-0,08	-	-72,43%	144
60 minutos	-6,09%	-1,74%	-14,84%	0,000	0,043	-0,06	-	-76,32%	132
Diários	48,35%	13,81%	39,60%	0,002	0,077	0,17	0,66%	-63,32%	105
Carteira de mercado	8,75%	2,43%	0,00%	0,000	1,000	0,25	4,375%	-57,19%	2

Fonte: Elaborada pelos autores.

Por meio da observação dos resultados da Tabela 2, é possível perceber que, embora os dados de maior frequência, de 1, 5 e 15 minutos, acarretem um maior número de *trades* e, portanto, maiores custos de transação, suas rentabilidades líquidas médias e seus índices de Informação médios são superiores em relação aos dos dados de frequência menor. As médias de rentabilidade anualizada para essas três diferentes frequências de dados testadas foram superiores às rentabilidades anualizadas da carteira de mercado e das estratégias de menor frequência de 30, 60 minutos e diários, o que demonstra, de forma geral, que há indícios de que a estratégia tenha produzido retornos excessivos no período observado e que os dados de maior frequência propiciam a obtenção de um melhor desempenho para a estratégia de pares.

Os alfas e betas foram obtidos por meio da regressão do vetor de retornos da estratégia ao longo do tempo, em cada combinação de parâmetros e frequência

de dados em relação ao vetor de retornos da carteira de mercado ao longo do tempo. Na Tabela 2, pode ser observado o beta médio para cada frequência, porém, no Apêndice A, os resultados detalhados ilustram com maior clareza o risco sistemático (beta) de cada estratégia. No Apêndice A, pode ser observado que, dentre as 48 diferentes combinações de parâmetros utilizadas, apenas seis resultados apresentaram coeficientes beta significantes. Dessa forma, pode-se dizer que o risco sistemático da estratégia é muito próximo de zero, o que corrobora as evidências encontradas na literatura a respeito da neutralidade da estratégia de pares.

Na análise do índice de Informação, é possível observar a relação entre os retornos e os riscos da estratégia. De forma gradual, é observado que quanto maior a frequência de dados, maior o índice de Informação médio alcançado pela estratégia. Por serem analisados de forma geral, por meio da média dos resultados, e não de forma pontual, por meio de apenas uma das combinações de parâmetros, os índices de Informação da Tabela 2 apresentam uma forte evidência de que as ineficiências de mercado aparecem em maior quantidade nos dados de maior frequência, como foi indicado por Perlin (2009) e Aldridge (2010). Essa progressão de quanto menor a frequência de dados menor o índice de Informação é quebrada pelo resultado da estratégia nos dados diários que apresenta índice de Informação médio positivo, mesmo assim não é maior do que o das três estratégias de maior frequência.

Os valores para o ponto de *breakeven* médio demonstram que a estratégia de pares é muito sensível aos custos de transação. Isso já era esperado e está de acordo com o que foi relatado a respeito das estratégias de HFT.

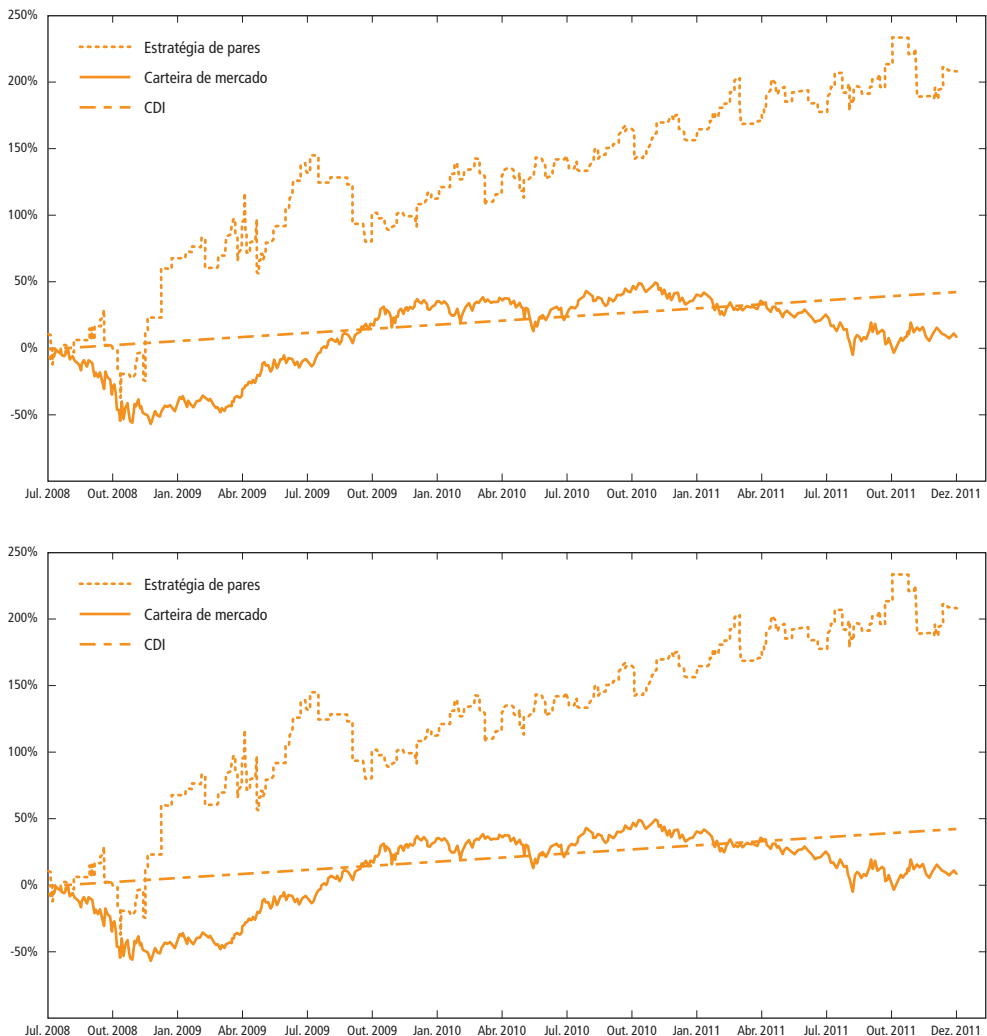
Quando se analisam os valores de *drawdown* máximo da estratégia, é possível observar valores muito elevados e bem acima do que era esperado para uma estratégia quantitativa. Estratégias com elevados *drawdowns* não podem obter boas relações retorno sobre risco por causa da alta variância na distribuição de seus retornos. Os resultados mostram que, mesmo nos dados de 1 minuto, que foram os que apresentaram melhor desempenho, o *drawdown* máximo foi, em média, superior ao *drawdown* máximo da carteira de mercado. Isso pode ser esclarecido pela maneira como a estratégia deste artigo aloca o capital disponível. A estratégia sempre opera com a mesma quantidade financeira em cada posição. Por se tratar de um método de negociação de duas pontas, em que uma financia a outra, abrir operações sempre utilizando o mesmo montante de capital é possível, porém, nos períodos em que vários pares estão sendo negociados ao mesmo tempo, os resultados serão fortemente alavancados. Isso explica a elevada volatilidade nos resultados e os altos índices de *drawdown* encontrados.

Essa análise dos índices de *drawdown* pode ser esclarecida por meio do Gráfico 1 que mostra os retornos líquidos acumulados da estratégia de pares nos

dados de 1 minuto, conjuntamente com os retornos acumulados da carteira de mercado e do CDI no mesmo período. Os parâmetros escolhidos para a estratégia de pares do gráfico são de 1 desvio padrão para a entrada nas negociações e 0,1 desvio padrão de saída das negociações.

GRÁFICO 1

RESULTADOS LÍQUIDOS ACUMULADOS DA ESTRATÉGIA DE PARES, DA CARTEIRA DE MERCADO E DO CDI NO PERÍODO DE JULHO DE 2008 A DEZEMBRO DE 2011



Fonte: Elaborado pelos autores.

No Gráfico 1, fica evidente que a estratégia de pares teve elevada volatilidade durante a crise internacional de 2008, e é nesse período que está localizada a maior perda acumulada da estratégia, ou seja, seu *drawdown* máximo. Por meio do Gráfico 1, pode-se verificar que a estratégia de pares é fortemente impactada pela volatilidade nos preços dos ativos. Da mesma forma, é possível perceber que, após outubro de 2009, com a diminuição dos efeitos da crise no mercado acionário, ocorre uma estabilização na volatilidade dos resultados da estratégia.

Mesmo apresentando um *drawdown* máximo equivalente ao da carteira de mercado, a rentabilidade líquida da estratégia, apesar dos seus elevados custos transacionais, é muito superior à do mercado. O CDI foi adicionado no Gráfico 1 para efeitos de comparação, pois, dessa forma, é possível comparar a estratégia de pares com outras duas possibilidades de investimento, tanto de renda fixa como de renda variável.

Uma importante ressalva a se fazer em relação ao gráfico diz respeito aos saltos que são observados na linha da estratégia de pares. Esses saltos no retorno são devidos à forma como foi elaborado o código no Matlab. No código utilizado, a linha de resultado da estratégia não é atualizada de forma contínua. O resultado de cada operação de pares só é computado quando ocorre o encerramento dessa posição, o que explica os saltos visualizados no gráfico.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi averiguar a conclusão obtida no trabalho de Perlin (2009). Para tanto, examinou-se o desempenho da estratégia de pares em diferentes frequências de dados no mercado acionário brasileiro. Os resultados obtidos mostram que, quando comparada a uma estratégia ingênua de *buy&hold*, a estratégia de pares tem um bom desempenho nos dados de 1, 5 e 15 minutos por apresentar, em média, índices de Informação superiores aos do mercado. Por meio da comparação dos resultados da estratégia de pares nas diferentes frequências, foi possível concluir que os resultados dos testes apontam indícios de que as ineficiências de mercado aparecem em maior quantidade nos dados de maior frequência, corroborando o que foi sugerido por Perlin (2009) e Aldridge (2010).

É necessário fazer uma ressalva no que diz respeito aos valores de *drawdowns* encontrados. Esses valores poderiam ser reduzidos se fosse utilizada uma diferente alocação dos recursos financeiros por meio da diminuição da alavancagem empregada. Uma maneira de diminuir a alavancagem seria pela redução do capital utilizado em cada operação, para, dessa forma, reduzir a volatilidade nos

resultados. Mesmo assim, não se alterariam os índices de Informação obtidos, pois, na mesma proporção que se reduziriam as perdas, também se reduziriam os ganhos da estratégia.

Outra consideração importante diz respeito aos custos de negociação. Dos três componentes que formam os custos totais de negociação da estratégia de pares (Do & Faff, 2011), dois deles variam conforme as condições do mercado. Os custos de transação contabilizados nesta pesquisa através dos emolumentos não dependem das condições do mercado, entretanto, custos implícitos e custos de aluguel variam ao longo do tempo. Dessa forma, para os custos variáveis, foi necessário definir estimativas que se aproximem da realidade do mercado acionário brasileiro.

Como sugestão para futuras pesquisas, a proposta deste artigo pode ser aprofundada por meio da correta contabilização dos impactos das operações da estratégia de pares no mercado, ou seja, por meio da inclusão dos custos implícitos estimados através da observação do *bid-ask spread* ao longo do tempo. Outra possibilidade, um pouco mais complicada seria a correta contabilização dos custos de aluguel para cada operação. Esta alternativa é mais complicada por conta da dificuldade de obtenção de uma série histórica contendo essas informações. Outra sugestão para a extensão desta análise é a verificação dos retornos da estratégia em diferentes mercados, com o propósito de comparar os resultados com os que foram encontrados no presente estudo.

PAIRS TRADING IN THE BRAZILIAN STOCK MARKET: THE IMPACT OF DATA FREQUENCY

ABSTRACT

The pairs trading strategy is a popular method for trading financial assets. One of the reasons for such popularity is that the result of this type of operation depends solely on the relationship between the price of two assets, and not on the overall market condition. The possibility of spotting inefficiencies in assets pricing is what allows the investor to make consistent profits using a systematic method for trading financial contracts. Based on the opening of a long and short position, this statistical arbitrage strategy seeks to profit when the prices of both assets converge to their historical behavior. The objective of this paper is to analyze the performance of the pairs trading strategy for different frequencies of data in the Brazilian Stock Market. The study was based on Perlin (2009), which shows that market inefficiencies are higher for stock data sampled in higher frequency, in

this case daily, weekly and monthly. The present research extends the range of frequencies to the intraday universe with stock prices sampled at 1, 5, 15, 30 and 60 minutes and daily. The period of the database starts from 1st January 2008 until 31st December 2011. The selection of stocks comprises the twenty assets with the highest number of contracts negotiated in the period. The methodology employed in this research uses training periods and periods of technical negotiations. In the training period, the selection of pairs for each stock is based on the lowest quadratic variation of their normalized prices. In the trading period, the strategy checks the performance of the previously defined trades. The results of the study, which compared the Sharpe ratios of the pairs trading strategy for the different frequency of the data, confirm the primary hypothesis that the higher sampling frequency, the higher evidence of market inefficiency.

KEYWORDS

Pairs trading. Market efficiency. High frequency data. Quantitative strategy. Statistical arbitrage.

LA ESTRATEGIA DE PARES EN EL MERCADO BURSÁTIL BRASILEÑO: EL IMPACTO DE LA FRECUENCIA DE DATOS

RESUMEN

La estrategia de pares es un método popular para la negociación de activos financieros. Uno de los motivos para ello se debe al hecho de que el resultado de este tipo operaciones proviene exclusivamente de la relación entre los precios de dos activos y no de la dirección del mercado. Solamente la posibilidad de capturar las ineficiencias de fijación de precios de los activos es lo que permite la obtención de lucros sistemáticos a través de un método de negociación de los activos. Basada en la apertura de una posición comprada (*long*), y en el mismo instante, una posición vendida (*short*), esta estrategia de arbitraje estadístico pretende obtener lucros por cuenta de la convergencia de los precios de los activos negociados. De esta forma, el objetivo de este trabajo es analizar el desempeño de la estrategia de pares en diferentes frecuencias de datos en el mercado bursátil brasileño. Esta encuesta se basó en Perlin (2009), donde fue encontrado el resultado de que las ineficiencias del mercado aparecen en mayor cantidad en los datos de mayor frecuencia, este caso diario, semanal y mensual. El presente trabajo amplía la

gama de frequências entrando em o universo entredia com frequencia de muestreo a 1, 5, 15, 30, 60 minutos y diarios. El período de tiempo de la base de datos utilizada en esta encuesta se extiende de 1° de enero de 2008 a 31 diciembre de 2011. Para componer las bases de datos fueron utilizados los veinte activos con el mayor número de contratos negociados en el período. La metodología utilizada en esta encuesta utiliza la técnica de los períodos de entrenamiento y períodos de negociaciones. En los períodos de entrenamiento, los pares de los activos se seleccionan de acuerdo con las menores desviaciones cuadráticas en sus precios normalizados. En los períodos de negociaciones, la estrategia verifica las operaciones realizadas en cada par de activos previamente seleccionado. Los resultados de la encuesta confirman la hipótesis primaria de que cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, más grande la ineficiencia del mercado. Para llegar a esta conclusión, se compararon los índices de Sharpe de la estrategia de los pares en las diferentes frecuencias de datos.

PALABRAS CLAVE

Estrategia de pares. Eficiencia del mercado. Datos de alta frecuencia. Estrategia cuantitativa. Arbitraje estadístico.

REFERÊNCIAS

- Aldridge, I. (2010). *High-frequency trading: a practical guide to algorithmic strategies and trading systems*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Benos, E., & Sagade, S. (2012). High frequency trading behaviour and its impact on market quality: evidence from the UK equity market. [Working Paper N° 469]. Bank of England Working Paper Series, London, UK.
- Bowen D., Hutchinson M. C., & O'sullivan N. (2010). High frequency equity pairs trading: transaction costs, speed of execution and patterns in returns. *Journal of Trading*, 5(3), 31-38.
- Caldeira, J. F. (2011). Arbitragem estatística e estratégia long-short pairs trading, abordagem com cointegração aplicada a dados do mercado brasileiro. In: Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC SUL, Florianópolis, SC, Brasil, 14.
- Chan, E. P. (2009). *Quantitative trading: how to build your own algorithmic trading business*. New Jersey: Wiley Trading Series.
- Do, B., & Faff R. (2011). Are pairs trading profits robust to trading costs? [Working Paper]. Clayton, Australia. Recuperado em 9 agosto, 2012, de <http://ssrn.com/abstract=1707125>.
- Dunis, C. L., Giorgioni, G., Laws, J., & Rudy, J. (2010). Statistical arbitrage and high-frequency data with an application to eurostoxx 50 equities. [Working Paper]. CIBEF Working Papers.
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987, March). Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, Chicago, 55(2), 251-76. Liverpool, UK.

- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: a review of empirical work. *Journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E. F. (1991). Efficient capital markets: II. *Journal of Finance*, 46(5), 1575-1617.
- Gatev E., Goetzmann W. N., & Rouwenhorst K. G. (2006). Pairs trading: performance of a relative value arbitrage rule. *The Review of Financial Studies*, 19(3), 797-827.
- Jensen, M. C. (1978). Some anomalous evidence regarding market efficiency. *Journal of Financial Economics*, 6(2/3), 95-101. Recuperado em 5 janeiro, 2012, de <http://ssrn.com/abstract=244159>.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegrating vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 213-254.
- Lo, A. W. (2007). Efficient markets hypothesis. In Blume, L., & Durlauf, S. (Eds.). *The new Palgrave: a dictionary of economics* (2nd ed.). London: Palgrave Macmillan Ltd. Recuperado em 2 janeiro, 2012, de <http://ssrn.com/abstract=991509>.
- Nath, P. (2003). High frequency pairs trading with U.S. Treasury securities: risks and rewards for hedge funds [Working Paper N° 565441]. London: London Business School.
- Perlin, M. S. (2009). Evaluation of pairs trading Strategy at the Brazilian financial market. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 15(2), 122-136.
- Schwert, G. W. (2003). Anomalies and market efficiency [Working Paper N° FR 02-13]. Rochester, NY: Simon School of Business. Recuperado em 5 janeiro, 2012, de <http://ssrn.com/abstract=338080>.
- Securities and Exchange Commission, & Commodity Futures Trading Commission (2010). *Findings regarding the market events of may 6, 2010. Report of the staffs of the CFTC and SEC to the joint advisory committee on emerging regulatory issues*. Recuperado em 21 agosto, 2012, de <http://www.sec.gov/news/studies/2010/marketevents-report.pdf>.
- Vidyamurthy, G. (2004). *Pairs trading – quantitative methods and analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons.

APÊNDICE A

RESULTADOS DA ESTRATÉGIA DE PARES EM DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE DADOS

TABELA I

	RENTABILIDADE LÍQUIDA	RENTABILIDADE LÍQUIDA ANUAL	RETORNOS EXCESSIVOS	ALFA	BETA	ÍNDICE DE INFORMAÇÃO	DRAWDOWN MÁXIMO	NÚMERO DE TRADES
<i>DESVIOS DE SAÍDA</i>	ESTRATÉGIA DE PARES – 1 MINUTO							
	<i>DESVIOS DE ENTRADA</i>							
	<i>1,00</i>							
0,10	205,72%	58,78%	196,97%	0,027	-0,140	0,87	-54,63%	256
0,50	111,53%	31,86%	102,78%	0,014	0,063	0,44	-69,26%	330
	<i>1,50</i>							
0,10	187,56%	53,58%	178,81%	0,025	-0,241	0,85	-64,66%	144
0,50	124,76%	35,64%	116,01%	0,016	-0,021	0,66	-58,75%	156
1,00	86,61%	24,75%	77,86%	0,011	-0,132	0,53	-55,63%	208
	<i>2,00</i>							
0,10	41,05%	11,73%	32,30%	0,002	-0,251*	0,26	-58,87%	78
0,50	7,52%	2,15%	-1,23%	0,006	-0,168	0,06	-67,11%	80
1,00	15,45%	4,41%	6,70%	0,003	-0,243*	0,13	-64,10%	92
	ESTRATÉGIA DE PARES – 5 MINUTOS							
	<i>1,00</i>							
0,10	282,35%	80,67%	273,60%	0,030*	-0,197	0,95	-58,12%	247
0,50	141,88%	40,54%	133,13%	0,010	0,084	0,31	-74,34%	313
	<i>1,50</i>							
0,10	159,99%	45,71%	151,24%	0,021	-0,255	0,77	-59,05%	137
0,50	124,08%	35,45%	115,33%	0,016	-0,045	0,64	-49,42%	150
1,00	66,80%	19,09%	58,05%	0,009	-0,148	0,45	-56,53%	192

(continua)

TABELA I (CONCLUSÃO)

	RENTABILIDADE LÍQUIDA	RENTABILIDADE LÍQUIDA ANUAL	RETORNOS EXCESSIVOS	ALFA	BETA	ÍNDICE DE INFORMAÇÃO	DRAWDOWN MÁXIMO	NÚMERO DE TRADES
ESTRATÉGIA DE PARES – 5 MINUTOS								
DESVIOS DE SAÍDA	DESVIOS DE ENTRADA							
	2,00							
0,10	27,71%	7,92%	18,96%	0,004	-0,222	0,18	-49,07%	75
0,50	-8,51%	-2,43%	-17,26%	-0,001	-0,140	-0,06	-58,58%	77
1,00	17,14%	4,90%	8,39%	0,003	-0,192	0,13	-53,12%	89
ESTRATÉGIA DE PARES – 15 MINUTOS								
	1,00							
0,10	154,43%	44,12%	145,68%	0,028	0,168	0,63	-68,53%	237
0,50	19,40%	5,54%	10,65%	0,003	0,180	0,08	-81,62%	303
	1,50							
0,10	113,44%	32,41%	104,69%	0,022	0,325	0,63	-62,59%	133
0,50	52,74%	15,07%	43,99%	0,009	0,426**	0,34	-54,62%	145
1,00	54,16%	15,47%	45,41%	0,010	0,091	0,41	-59,79%	178
	2,00							
0,10	-12,42%	-3,55%	-21,17%	-0,003	0,136	-0,10	-47,53%	72
0,50	-19,95%	-5,70%	-28,70%	-0,004	0,079	-0,16	-54,33%	73
1,00	-12,27%	-3,51%	-21,02%	-0,002	-0,058	-0,10	-53,06%	82
Carteira de mercado								
	8,75%	2,43%	0,00%	0,000	1,000	0,25	-57,19%	2

* Estatisticamente significativa a 10%.

** Estatisticamente significativa a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 2

	RENTABILIDADE LÍQUIDA	RENTABILIDADE LÍQUIDA ANUAL	RETORNOS EXCESSIVOS	ALFA	BETA	ÍNDICE DE INFORMAÇÃO	DRAWDOWN MÁXIMO	NÚMERO DE TRADES
<i>DESVIOS DE SAÍDA</i>	ESTRATÉGIA DE PARES – 30 MINUTOS							
<i>DESVIOS DE ENTRADA</i>	1,00							
0,10	91,67%	26,19%	82,92%	0,005	0,091	0,36	-76,03%	218
0,50	10,82%	3,09%	2,07%	0,000	0,177	0,04	-82,46%	280
	1,50							
0,10	46,66%	13,33%	37,91%	0,003	0,026	0,31	-72,23%	125
0,50	-24,35%	-6,96%	-33,10%	-0,001	0,157	-0,06	-68,95%	135
1,00	21,68%	6,19%	12,93%	0,001	0,089	0,16	-70,26%	170
	2,00							
0,10	-64,40%	-18,40%	-73,15%	-0,004	0,178**	-0,44	-69,88%	72
0,50	-84,76%	-24,22%	-93,51%	-0,005	0,145**	-0,62	-74,62%	72
1,00	-48,13%	-13,75%	-56,88%	-0,003	0,072	-0,39	-65,00%	83
	ESTRATÉGIA DE PARES – 60 MINUTOS							
	1,00							
0,10	129,25%	36,93%	120,50%	0,012	0,005	0,69	-70,44%	207
0,50	-11,67%	-3,33%	-20,42%	0,001	-0,012	0,07	-83,07%	253
	1,50							
0,10	78,09%	22,31%	69,34%	0,004	-0,082	0,33	-73,50%	112
0,50	-32,37%	-9,25%	-41,12%	-0,002	0,134	-0,15	-79,63%	118
1,00	0,38%	0,11%	-8,37%	0,000	0,043	-0,02	-77,26%	149
	2,00							
0,10	-69,25%	-19,79%	-78,00%	-0,004	0,136	-0,40	-75,32%	68
0,50	-77,10%	-22,03%	-85,85%	-0,004	0,144*	-0,50	-75,53%	69
1,00	-66,03%	-18,87%	-74,78%	-0,004	0,080	-0,51	-75,79%	76

(continua)

TABELA 2 (CONCLUSÃO)

	RENTABILIDADE LÍQUIDA	RENTABILIDADE LÍQUIDA ANUAL	RETORNOS EXCESSIVOS	ALFA	BETA	ÍNDICE DE INFORMAÇÃO	DRAWDOWN MÁXIMO	NÚMERO DE TRADES
<i>DESVIOS DE SAÍDA</i>	ESTRATÉGIA DE PARES – DIÁRIOS							
	<i>DESVIOS DE ENTRADA</i>							
				1,00				
0,10	85,63%	24,47%	76,88%	0,006	0,018	0,41	-69,94%	163
0,50	123,47%	35,28%	114,72%	0,008	0,203	0,51	-64,69%	193
				1,50				
0,10	7,38%	2,11%	-1,37%	-0,005	-0,008	-0,37	-77,73%	94
0,50	39,35%	11,24%	30,60%	-0,003	0,114	-0,21	-73,79%	96
1,00	29,40%	8,40%	20,65%	-0,002	0,114	-0,23	-75,01%	110
				2,00				
0,10	11,22%	3,20%	2,47%	0,002	0,054	0,26	-48,29%	59
0,50	38,80%	11,09%	30,05%	0,004	0,059	0,45	-46,62%	60
1,00	51,53%	14,72%	42,78%	0,004	0,063	0,53	-50,48%	63
Carteira de mercado								
	8,75%	2,43%	0,00%		1,000	0,25	-57,19%	2

* Estatisticamente significativa a 10%.

** Estatisticamente significativa a 5%.

Fonte: Elaborada pelos autores.