



FACULDADE IBMEC SÃO PAULO
Programa de Mestrado Profissional em Economia

Elton Takimoto

**A ESTRATÉGIA *PAIRS TRADING* NO MERCADO DE AÇÕES
BRASILEIRO**

São Paulo
2007

Elton Takimoto

A estratégia *pairs trading* no mercado de ações brasileiro

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia da Faculdade Ibmec São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Campo de conhecimento: Finanças

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente
IBMEC SÃO PAULO

**São Paulo
2007**

Takimoto, Elton

A estratégia *pairs trading* no mercado de ações brasileiro/
Takimoto Elton. – São Paulo: IBMEC SÃO PAULO, 2007.
60 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional
em Economia. Área de concentração: Finanças e Macroeconomia
Aplicada) – Faculdade Ibmec São Paulo.

1. Finanças 2. Mercado de ações 3. Estratégias de
investimento

Folha de Aprovação

Elton Takimoto

A estratégia *pairs trading* no mercado de ações brasileiro.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Economia da Faculdade Ibmec São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Finanças

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente
Instituição: IBMEC São Paulo
Orientador

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Luiz Rossi Jr.
Instituição: IBMEC São Paulo

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Roberto Ferreira Savoia
Instituição: FEA-USP

Assinatura: _____

Agradecimentos

À minha mãe e a minha namorada Danielle pelo incondicional apoio durante todo o curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Zoratto Sanvicente, aos professores do IBMEC, e aos meus colegas de turma, foi um prazer ter convivido com vocês durante todo esse tempo, no qual o meu aprendizado e crescimento foram enormes.

À CBLC, em especial ao Wagner Anacleto, e ao Diego Nunez da Brascan. A ajuda de vocês durante essa pesquisa foi fundamental.

Aos colegas Fernando Braga, Lucas Ayres, Rodrigo Okimura e Junio Fuentes, pelas discussões e contribuições ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas da Tarpon Investimentos e à equipe de *back office* de fundos de investimento da Hedging Griffo.

Resumo

Takimoto, Elton. A estratégia *pairs trading* no mercado de ações brasileiro. São Paulo, 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia do IBMEC SÃO PAULO.

Esta dissertação analisa a existência de oportunidades de se obter lucros através da adoção de uma estratégia de investimento denominada *pairs trading*. Utilizando uma regra adotada na prática por investidores, conseguimos obter excessos de retorno anualizados de aproximadamente 4,7% para o período 2002 a 2006, mesmo levando em conta os custos de transação. Os retornos possuem baixa correlação com o mercado e baixa volatilidade. Os melhores resultados foram obtidos com pares formados em sua maioria por ações ON e PN, um caso particular no Brasil de substitutos “quase perfeitos”.

Palavras-chave: mercado de ações no Brasil, estratégias contrárias de investimento, *pairs trading*, arbitragem estatística com ações.

Abstract

Takimoto, Elton. Pairs trading in the Brazilian stock market. São Paulo, 2007. 60 p.
Dissertation – Faculdade de Economia e Administração. IBMEC SÃO PAULO.

This paper investigates the possibility of obtaining profits with an investment strategy named pairs trading. Using a rule which is already adopted in practice by investors, yields averaging annualized excess returns of approximately 4.7% for the period 2002-2006 were obtained, after transaction costs. The reported returns have low correlation with the market and low volatility. Pairs that have performed better mostly contain the same firm's common and preferred stocks, a particular case in Brazil of very close substitutes.

Keywords: Brazilian stock market, contrarian investments, pairs trading, statistical arbitrage with stocks.

Sumário

1.Introdução.....	p.12
2.Definições e conceitos envolvendo a estratégia.....	p.14
2.1.Origem.....	p.14
2.2.A estratégia <i>pairs trading</i>	p.14
2.3.Arbitragem e limites à arbitragem.....	p.15
2.4.Riscos envolvendo a estratégia.....	p.16
2.5.Decomposição de <i>pairs trading</i> em seus principais elementos teóricos.....	p.17
2.5.1.Estratégias contrárias de investimento.....	p.17
2.5.2.Estratégias <i>long-short</i> neutras ao mercado.....	p.18
2.5.3.Preços relativos e a lei do preço único.....	p.19
2.5.4.Cointegração.....	p.20
2.6.O mercado de aluguel de ações no Brasil.....	p.21
2.6.1.Importância.....	p.21
2.6.2.Histórico e base legal.....	p.21
2.6.3.Funcionamento do BTC.....	p.22
2.6.4.Margens.....	p.23
2.6.5.Estatísticas do mercado de aluguel de ações no Brasil.....	p.24
2.7.Limitações do Estudo.....	p.26
2.7.1. <i>Data snooping</i>	p.26
2.7.2.O período da amostra.....	p.28
2.7.3.Os retornos ajustados ao risco.....	p.28
3.Revisão de literatura.....	p.29
3.1.Principais estudos sobre <i>pairs trading</i>	p.29
3.1.1.Gatev, Goetzmann, e Rouwenhorst (2006).....	p.29
3.2. <i>Pairs trading</i> no Brasil.....	p.30
3.2.1.Perlin, Marcelo (2007).....	p.30
3.3.Quadro resumo de outros trabalhos sobre <i>pairs trading</i>	p.31
4 Metodologia.....	p.32
4.1.Tipologia da pesquisa.....	p.32
4.2.Modelo da pesquisa.....	p.32
4.3.Amostra e coleta dos dados.....	p.33

4.4.Implementação da pesquisa.....	p.33
4.4.1.Período de formação dos pares.....	p.34
4.4.2.Período de acompanhamento e negociação.....	p.35
4.4.2.1.Acompanhamento dos pares.....	p.35
4.4.2.2.Negociação dos pares.....	p.36
4.4.3.Cálculo do excesso de retorno das carteiras.....	p.38
4.5.Custos de transação.....	p.39
4.5.1.Efeito “ <i>bid e ask</i> ”.....	p.39
4.5.2.Corretagens e aluguel de ações.....	p.40
4.6.Risco e retorno da estratégia.....	p.41
4.6.1.Retorno ajustado ao risco.....	p.41
4.6.2.Índice de Sharpe (1966).....	p.41
4.6.3.Value at Risk (VaR) empírico.....	p.41
4.7. <i>Pairs trading</i> e estratégias contrárias.....	p.42
5.Resultados.....	p.44
5.1.Excessos de retorno e estatísticas de distribuição.....	p.44
5.2.Estatísticas de negociação e composição dos pares.....	p.48
5.3.Resultados por setor e <i>spreads</i> ON x PN.....	p.50
5.4.As características de risco e retorno da estratégia.....	p.52
5.5.Bootstrap de pares formados com base no retorno do mês anterior ao início do período de formação.....	p.54
6.Conclusão.....	p.56
7.Bibliografia.....	p.58

Lista de tabelas

Tabela 1: Principais ativos depositados como garantias.....	p.24
Tabela 2: Volume anual de operações no BTC.....	p.25
Tabela 3: Participação no BTC por investidor.....	p.25
Tabela 4: Distribuição das taxas de empréstimo registradas em 2006 no BTC...	p.26
Tabela 5: Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno.....	p.44
Tabela 6: Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno.....	p.45
Tabela 7: Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno.....	p.46
Tabela 8: Estatísticas de negociação e composição dos pares.....	p.48
Tabela 9: Resultados por setor.....	p.50
Tabela 10: Estatísticas dos pares formados por ações ON e PN da mesma empresa	p. 51
Tabela 11: Value at Risk (VaR) da estratégia <i>pairs trading</i>	p.52
Tabela 12: Retornos ajustados ao risco.....	p.53
Tabela 13: Retornos de pares gerados aleatoriamente com base no retorno do mês anterior.....	p.54

Lista de ilustrações

Gráfico 1: Comparativo do volume negociado e das taxas médias de empréstimo de ações.....	p. 26
Figura 1: O modelo da pesquisa.....	p. 32
Figura 2: Períodos de formação, acompanhamento e negociação.....	p. 33
Gráfico 2: COPEL ON X COPEL PNB.....	p. 35
Gráfico 3: <i>Spread</i> COPEL ON X COPEL PNB: faixa 22 dias.....	p. 38
Gráfico 4: <i>Spread</i> COPEL ON X COPEL PNB: faixa 12 meses.....	p. 38
Gráfico 5: <i>Spread</i> COPEL ON X COPEL PNB: faixa 3 meses.....	p. 38
Gráfico 6: <i>Spread</i> COPEL ON X COPEL PNB: faixa 6 meses.....	p. 38
Gráfico 7: Excessos de retorno acumulados das carteiras formadas pelos primeiros 5 pares.....	p. 47

Lista de quadros

Quadro 1: Resumo de outros trabalhos sobre <i>pairs trading</i>	p. 31
---	-------

1. Introdução

“Find two stocks whose prices have moved together historically.

When the spread between them widens,
short the winner and buy the loser.

If history repeats itself, prices will converge
and the arbitrageur will profit”

Gatev *et al.* (2006)

Gatev, Goetzmann e Rouwenhorst (2006) apresentam evidências de que uma estratégia denominada “*pairs trading*” produziu retornos significativos nos EUA durante o período 1962-2002.

No Brasil, o emprego desse tipo de estratégia em maior escala, de forma regulamentada pela Comissão de Valores Mobiliários – CVM, só foi possível com a criação do Banco de Títulos CBLC - BTC em 1996.

O mercado de aluguel de ações no Brasil era praticamente insignificante na década passada. Entretanto, acompanhando o crescimento da indústria de fundos, o seu crescimento tem sido muito expressivo nos últimos anos.

Os principais clientes do Banco de Títulos CBLC – BTC são os fundos de investimento. Recentemente, vimos surgir no Brasil os fundos de investimento multimercado e, posteriormente, os fundos *long-short*. Enquanto os primeiros são fundos de renda fixa que podem investir em diversas classes de ativos e usar alavancagem para auferir ganhos, os últimos são fundos de renda variável que buscam auferir ganhos através de operações com ações compradas e vendidas.

Neste trabalho, analisamos a implementação de uma das estratégias de investimento adotadas, principalmente, pelos fundos *long-short*, mas também pelos fundos multimercado e por muitas tesourarias de bancos, denominada *pairs trading*.

Pairs trading é uma estratégia quantitativa de investimento que ficou famosa em Wall Street a partir da década de 80. O seu conceito é muito simples, como será demonstrado a seguir.

Vidyamurthy (2004) define *pairs trading* como uma estratégia neutra em sua forma mais primitiva: portfólios construídos com pares de ações, sendo uma ação comprada e outra vendida, em proporções pré-determinadas.

Complementando esta definição, a estratégia consiste em identificar duas ações cujos preços “andam juntos”, e monitorar o *spread* de preços entre essas ações. Quando o

spread aumentar acima de um limite estabelecido, deve-se comprar a ação perdedora e vender a ação vencedora. Se as ações tiverem realmente uma relação de preços estável, o *spread* diminuirá até os seus níveis históricos e, quando isso ocorrer, bastará encerrar a posição e embolsar o lucro (Nath, 2003).

O objetivo deste trabalho é verificar se a implementação dessa estratégia de investimento é capaz de produzir lucros com ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo. Como objetivos secundários, investigamos a robustez da estratégia diante dos custos de transação e analisamos a relação entre o seu risco e o seu retorno. Também investigamos se os retornos da estratégia devem-se simplesmente à adoção de uma estratégia contrária ou não.

Não obstante o uso de técnicas quantitativas aplicadas à gestão de investimentos ser cada vez maior, a literatura acadêmica das estratégias de investimento que são efetivamente empregadas pelos investidores na prática é muito escassa.

Muitos bancos e gestoras de recursos possuem modelos quantitativos que são tratados de forma confidencial, principalmente em relação aos concorrentes.

Neste trabalho, implementamos a estratégia *pairs trading* usando uma metodologia muito parecida com a adotada pela Brascan, uma corretora de valores.

Essa corretora envia um relatório diário para os seus clientes contendo recomendações de posições *long-short* montadas a partir do seu modelo, e reporta ganhos significativos com o acompanhamento de uma carteira teórica.

Além da tentativa de comprovar se essa estratégia realmente produz retornos significativos, este trabalho contribui para a literatura ao explicar a dinâmica operacional do mercado de aluguel de ações no Brasil e ao analisar as principais características da estratégia no Brasil.

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. Além da introdução, no próximo capítulo explicamos os principais conceitos teóricos por trás da estratégia, a dinâmica do mercado de aluguel de ações no Brasil e as limitações do estudo. No terceiro capítulo, analisamos os principais trabalhos sobre o assunto; no quarto capítulo descrevemos a metodologia adotada, e por fim, o quinto capítulo contém os resultados, a análise dos resultados e as conclusões.

2. Definições e conceitos envolvendo a estratégia

2.1. Origem

Gatev *et al.* (2006) e Vidyamurthy (2004) atribuem a origem da estratégia a Nunzio Tartaglia na década de 80. Tartaglia e um grupo de acadêmicos trabalhavam na época no banco de investimentos Morgan Stanley, e descobriram oportunidades para obter lucros através de programas automatizados para negociação de ações, que utilizavam técnicas estatísticas avançadas para a época.

Uma das técnicas utilizadas era a identificação de pares de ações cujos preços “andam juntos”, e sempre que uma anomalia na relação histórica de preços entre essas ações era detectada, os pares eram negociados sob a premissa de que essa anomalia iria se corrigir automaticamente (Vidyamurthy, 2004).

Finalmente, o grupo de Tartaglia se desfez em 1989, e muitos membros foram trabalhar em outras casas de investimento, o que contribuiu para que o conceito da estratégia fosse gradualmente se difundindo no mercado (Vidyamurthy, 2004).

2.2. A estratégia *pairs trading*

Vidyamurthy (2004) demonstra duas formas diferentes de *pairs trading*: arbitragem estatística e arbitragem de risco dos pares.

A arbitragem estatística dos pares se baseia no conceito de preços relativos. A idéia por trás dessa estratégia é explorar os desvios temporários de apreçamento (*mispricings*) entre dois ativos com características semelhantes. Esses desvios são mensurados em uma série temporal numa medida denominada *spread*: quanto maior for seu valor, maior é a magnitude do desvio de apreçamento entre os dois ativos e maior tende a ser o potencial de lucro. A estratégia envolve assumir uma posição *long-short* (de forma simples comprar uma ação e vender a outra) a cada vez que o *spread* esteja longe de sua média, com a expectativa de que o desvio de apreçamento irá se corrigir automaticamente, e encerrar a posição no momento em que isso ocorrer (Vidyamurthy, 2004).

A arbitragem de risco dos pares acontece no contexto de uma fusão entre duas empresas, na qual os termos envolvidos nessa fusão estabelecem uma relação de troca entre as ações das empresas envolvidas. Dessa forma, o *spread* é a magnitude da diferença para essa relação e uma medida da incerteza quanto à efetiva realização da fusão. A arbitragem de risco envolve assumir essa incerteza como um risco e tentar capturar o valor do *spread* como lucro (Vidyamurthy, 2004).

Nesse trabalho, estudamos a estratégia *pairs trading* somente na sua forma de arbitragem estatística, cuja implementação envolve os seguintes passos, segundo Nath (2003):

- 1) Analisar as séries temporais recentes de um universo de ativos disponíveis, no período de análise (também denominado período de treinamento);
- 2) Decidir quanto ao critério de formação dos pares, ou seja, que método estatístico deve ser usado para selecionar os pares de ações cujos preços “andam juntos”;
- 3) Negociar os pares em um período de negociação subsequente.

Conforme o mesmo autor, as variáveis de decisão no processo acima são: a duração do período de treinamento, o universo de ativos elegíveis, a métrica para selecionar os pares, o critério para decidir que pares são muito instáveis, a duração do período no qual os pares serão negociados, o critério para abrir e encerrar as posições e os procedimentos envolvendo o controle de risco.

Na seção 4.4, mostramos de forma clara a implementação dessa estratégia.

2.3.Arbitragem e limites à arbitragem

A arbitragem, no seu sentido puro, envolve a obtenção de um lucro econômico sem risco e sem o desembolso de capital. A Hipótese de Mercados Eficientes (HME), segundo a qual os preços dos ativos refletem os valores de seus fundamentos, pressupõe que os investidores são racionais e rapidamente incorporam nos preços dos ativos todas as informações disponíveis, levando os preços para os seus valores intrínsecos. Quando os preços dos ativos se desviam dos seus valores intrínsecos, as operações de arbitragem promovem a sua convergência (Aldrighi e Milanez, 2005).

Por outro lado, a teoria de Finanças Comportamentais (FC) argumenta que os investidores não são completamente racionais, e por isso os preços podem se desviar indefinidamente de seus valores intrínsecos devido à presença de limites à arbitragem. Barberis e Thaler (2003) apontam os seguintes riscos e custos como limitações à arbitragem:

- Risco fundamental do ativo: é possível minimizar o risco fundamental de um determinado ativo, assumindo uma posição contrária em outro ativo substituto (com características semelhantes). Entretanto, é muito difícil encontrar ativos substitutos perfeitos, e por isso é quase impossível eliminar totalmente o risco fundamental;
- Risco decorrente da ação dos investidores irracionais (*noise trader risk*): mesmo que os desvios de apreçamento sejam explorados pelos investidores racionais (arbitradores), eles podem aumentar ainda mais no curto prazo por causa da ação dos investidores não racionais (*noise traders*);
- Custos de implementação: custos tais como corretagens, efeito “*bid e ask*”, e impedimentos ao aluguel de títulos e outros impedimentos legais fazem com que a tarefa de explorar os desvios de apreçamento sejam menos interessantes na prática.

Os exemplos acima mostram que quando esses desvios ocorrem, as estratégias que buscam tirar proveito deles são arriscadas e custosas, o que permite que os desvios de apreçamento sobrevivam (Barberis e Thaler, 2003).

Outros autores, como Gatev *et al.* (2006), Lin, Mccrae e Gulati (2006), e Nath (2003), também alertam para os riscos envolvendo a estratégia *pairs trading*. Assim, *pairs trading* é uma estratégia com risco comumente denominada de arbitragem dentro do conceito de finanças comportamentais.

2.4.Riscos envolvendo a estratégia

Nath (2003) e Lin, Mccrae e Gulati (2006) argumentam que a implementação da estratégia na prática é mais difícil e os retornos são menores do que em teoria, devido à presença de fricções e imperfeições de mercado, como os “saltos” dos preços das ações no dia em que passam a ser negociadas ex-dividendos, custos de transação, custos de financiamento e impostos. Além disso, Nath (2003) alerta para a presença dos riscos de microestrutura de mercado, mudanças nos fundamentos econômicos, e à presença dos riscos provenientes dos movimentos dos investidores irracionais (*noise traders*). Esse último fator faz com que, mesmo que os fundamentos econômicos permaneçam inalterados, os desvios de apreçamento aumentem ainda mais em relação ao momento em que se abriu a posição.

Gatev *et al.* (2006) argumenta que os retornos anormais da estratégia correspondem à remuneração para os arbitradores que se aproveitam da lei do preço único, e que existe um fator de risco não identificado que influencia os retornos da estratégia no tempo.

Além dos riscos mencionados acima, a estratégia também está exposta aos riscos inerentes às limitações das técnicas estatísticas utilizadas. O uso de estratégias do tipo *stop loss* (encerra-se uma posição quando se atinge um limite aceitável de perda) ajudam a limitar, mas não a impedir a ocorrência de perdas (McCrae e Gulati (2006)).

O caso mais notório que demonstra os riscos potenciais envolvendo as estratégias adotadas por *hedge funds* é o colapso do fundo da *Long Term Capital Management* (LTCM). *Pairs trading* era uma das estratégias *long-short* que eram exploradas por esse fundo. Lowenstein (2000) narra de forma detalhada os episódios envolvendo esse evento.

2.5. Decomposição de *pairs trading* em seus principais elementos teóricos

Gatev *et al.* (2006) e Vidyamurthy (2004) classificam *pairs trading* como sendo uma estratégia “contrária” de investimentos, “neutra” em relação ao mercado, e que se baseia nos preços “relativos” entre dois ativos “cointegrados”.

Por trás dessa estratégia de investimento existem alguns conceitos importantes nas áreas de finanças e econometria:

2.5.1. Estratégias contrárias de investimento

Gatev *et al.* (2006) argumentam que *pairs trading* é um tipo de estratégia contrária de investimento, pois aposta na reversão à média da relação entre os preços de dois ativos.

As estratégias contrárias envolvem a compra de papéis perdedores e a venda de papéis vencedores dentro de um determinado espaço de tempo. Por trás dessas estratégias está a aposta em um dos fatos estilizados de finanças, que é a reversão à média dos preços das ações.

Um dos primeiros estudos a sugerir a presença de reversão à média nos preços das ações (correlações seriais negativas), porém sem rejeitar a hipótese de mercados eficientes, foi Fama e French (1988), em um estudo conduzido com ações nos Estados Unidos, no período 1926-1985.

Debondt e Thaler (1985) encontraram evidências de reversão à média nos preços de ações nos Estados Unidos no período 1926-1982, e defendem a hipótese de sobre-reação dos mercados (rejeitam a hipótese de mercados eficientes), que reagiriam de forma

exagerada e irracional às notícias sobre os fundamentos das empresas. Essa reação exagerada provocaria uma distorção nos preços das ações: as ações com um histórico de notícias boas subiriam acima do seu preço justo, e as ações com um histórico de notícias ruins cairiam além do seu preço justo. Dessa forma, uma estratégia contrária, baseada na compra dos papéis subvalorizados (ações perdedoras) e na venda dos papéis sobrevalorizados (ações vencedoras) conseguiria obter retornos anormais.

Jegadeesh (1990) reportou evidências de previsibilidade nos retornos das ações, encontrando correlações negativas (reversão à média nos preços) de primeira ordem, e positivas de ordens mais elevadas (principalmente com 12 defasagens), rejeitando a hipótese de que os preços seguem o processo *random walk*.

Em outro estudo, Jegadeesh e Titman (1993) defendem as estratégias diretas de investimento, argumentando que os retornos anormais das estratégias contrárias ocorreriam em virtude de desvios de apreçamento ou falta de liquidez, e em um estudo publicado posteriormente, Jegadeesh e Titman (1995) afirmam que a maior parte dos retornos de curto prazo devidos à reversão nos preços encontrados nas estratégias contrárias pode ser explicada pelo efeito “*bid e ask*”.

No Brasil, Bonomo e Dall’ Agnoll (2003) e Yoshinaga (2004) encontraram evidências de que estratégias contrárias produzem retornos positivos no curto prazo.

2.5.2. Estratégias *long-short* neutras ao mercado

Neste tipo de estratégia, compra-se uma carteira de ações atraentes e vende-se outra carteira de ações que não são atraentes. Entre as vantagens dessa estratégia está o fato de que, se implementada corretamente, o comportamento do mercado não irá influenciar os resultados da carteira formada pelas ações compradas e vendidas (Dunis e Ho, 2005), ressaltando-se ainda o fato de que seus retornos apresentam baixa volatilidade (Vidyamurthy, 2004).

Pairs trading é uma estratégia *long-short* neutra, pois cada par é formado por uma ação comprada e uma ação vendida, de forma que o resultado da estratégia independe dos movimentos gerais do mercado.

Outra característica importante desse tipo de estratégia é que ela se auto-financia, ou seja, os recursos provenientes da venda da carteira vendida podem ser usados para pagar pela carteira comprada. Por causa disso, é possível alavancar diversas vezes uma determinada posição enquanto for possível cobrir as chamadas de margem.

Dunis e Ho (2005) encontraram evidências de que uma estratégia *long-short* neutra produz retornos significativos, mesmo em circunstâncias adversas de mercado. Eles efetuaram um estudo em uma amostra com ações européias no período 1999-2003.

2.5.3.Preços relativos e a lei do preço único

Os preços dos ativos podem ser vistos de forma absoluta e relativa (Gatev *et al*, 2006 e Vidyamurthy, 2004). Enquanto os preços absolutos consideram os fundamentos dos ativos, como a teoria de fluxos de caixa descontados, nos preços relativos pressupõe-se que dois ativos com características econômicas semelhantes devem ser negociados a preços muito parecidos, não importando quais sejam esses preços (Gatev *et al*, 2006).

Pairs trading é uma estratégia de valor relativo, que procura se aproveitar de uma distorção temporária nos preços relativos entre dois ativos com características similares, comprando-se o ativo subavaliado e vendendo-se o ativo sobreavaliado, sob a premissa de que essa distorção se corrigirá automaticamente no futuro. A estratégia pode ser empregada para quaisquer classes de ativos, embora esse estudo aborde somente a sua implementação com ações.

Uma pergunta que surge é: qual o motivo dessa distorção? Andrade, Pietro e Seasholes (2005) afirmam que investidores não racionais involuntariamente provocam choques nos preços das ações, causando essa distorção temporária, e que os lucros da estratégia correspondem a: (1) remuneração para os arbitradores ajudarem os preços relativos a voltar à sua situação de equilíbrio, e (2) contribuição ao aumento da liquidez dessas ações em um momento de stress.

Gatev *et al*. (2006) sugerem que os preços relativos (independentemente de estarem corretos) seguem a lei do preço único. Em mercados competitivos, e na ausência de custos de transação e barreiras a realização de negócios, a teoria econômica ensina que essa lei deveria funcionar perfeitamente, pois, caso contrário, as oportunidades de lucro dos arbitradores seriam ilimitadas (eles poderiam comprar e vender o mesmo ativo por preços diferentes, auferindo um lucro sem risco).

Lamont e Thaler (2003) afirmam que a lei do preço único é a base da moderna teoria de finanças, na qual estão incluídos modelos como a proposição sobre estrutura de capital de Modigliani-Miller, a fórmula Black & Scholes e o modelo APT, e apesar disso a sua aplicação nos mercados de capitais é controversa: na última década foram detectadas muitas violações dessa lei. Barberis e Thaler (2003) argumentam que a arbitragem possui

eficiência limitada devido à presença dos limites à arbitragem (que descrevemos na seção 2.3).

O estudo conduzido por Gatev *et al.* (2006) foi apresentado pelos autores como um teste da lei do preço único, em que os resultados anormais obtidos correspondem à remuneração dos arbitradores por obedecerem a essa lei. Os resultados de Andrade, Pietro e Seasholes (2005) corroboram essa teoria. O objetivo principal desse trabalho é verificar a existência de oportunidades de lucro com a estratégia *pairs trading*. Para existir oportunidades de lucro, é necessário que os pares, em média, obedeçam à lei do preço único, e por isso, o nosso trabalho também pode ser visto como um teste da lei do preço único no mercado de ações brasileiro.

2.5.4.Cointegração

Para se conseguir por em prática a estratégia com sucesso é fundamental identificar ativos “cujos preços andam juntos”, pois a premissa é justamente a de que essa relação histórica de dependência irá se manter.

Em um trabalho seminal, Engle e Granger (1987) mostraram que é possível combinar linearmente, em uma série temporal estacionária, dois ativos cujas séries temporais não são isoladamente estacionárias. Eles chamaram esse fenômeno de cointegração.

A partir disso, o conceito de cointegração passou cada vez mais a ser utilizado na análise de séries temporais, com grande vantagem em relação à outra medida estatística de dependência, a correlação, pois a cointegração permite a explicação da relação de longo prazo entre duas variáveis, enquanto a correlação é uma medida de dependência de curto prazo e não é estável no tempo (Alexander e Dimitru, 2002).

Alexander e Dimitru (2002) apresentaram diversas aplicações para o uso da cointegração na construção de estratégias de investimento, e encontraram evidências de que é possível obter lucros aplicando essas estratégias no mercado americano.

Dunis e Ho (2005) mostraram que a cointegração é mais eficiente do que a correlação na gestão de portfólios *long-short*, uma vez que ela mostra uma relação de longo prazo e exige uma frequência menor de rebalanceamento dos portfólios.

O conceito de cointegração também foi abordado por Bossaerts (1988), que encontrou evidências de co-movimentos dos preços no mercado de ações dos Estados Unidos. A principal contribuição deste trabalho foi mostrar que, apesar dos preços dos

ativos não serem perfeitamente colineares, é possível identificar ativos cujos preços, de certa forma, apresentam uma pequena redundância entre si, de modo que é possível combiná-los de maneira a se conseguir uma série cointegrada.

2.6.O mercado de aluguel de ações no Brasil

2.6.1.Importância

Danthine e Donaldson (2005) afirmam que um sistema financeiro eficiente oferece meios para que os poupadores reduzam ou eliminem a um preço justo os riscos que eles não querem correr. Nesse sentido, a possibilidade de alugar e vender uma ação fornece aos poupadores (agentes) uma ferramenta adicional para se protegerem de quedas nos preços das ações (perda de riqueza), e contribui para o aumento da eficiência do sistema financeiro.

O mercado de aluguel de ações permite aos agentes interessados alugar os seus papéis em troca de uma determinada remuneração para outros agentes que procuram: (1) meios para se proteger de quedas nos preços das ações (*hedge*), (2) especular com o preço dessa ação, (3) arbitrar o preço dessa ação com outra(s) (sendo *pairs trading* uma das estratégias de arbitragem mais utilizadas), entre outras coisas. Dessa forma, a existência desse mercado contribui para o aumento das alternativas de diversificação dos agentes do mercado.

2.6.2.Histórico e base legal

No Brasil, a CBLC (Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia) é a única *clearing* e depositária central de ativos para o mercado de ações, e é responsável por toda a compensação e liquidação das operações no mercado.

Com o intuito de elevar a eficiência e a segurança do mercado de capitais brasileiro, a CBLC, juntamente com as autoridades reguladoras, atuou na implantação de um serviço de empréstimo de títulos que possibilitou um avanço muito grande em relação ao utilizado anteriormente.

Segundo a CBLC (www.cblic.com.br), as primeiras operações de empréstimo/aluguel de ações no mercado brasileiro ocorreram nos anos 70, tendo sido efetuadas ao largo do mercado organizado.

Em 1986, com a resolução CMN n.º 1133/86, normatizada pela instrução CVM n.º 51/86, houve a regulamentação do empréstimo de títulos para o propósito da posterior e

imediate venda em margem. Algumas corretoras e alguns bancos ofereciam esse serviço para clientes nessa época, mas de forma restrita, pois os instrumentos disponíveis não eram suficientes para cobrir as necessidades do mercado. Havia a necessidade de aprimorar o controle de operações de empréstimo e eliminar o risco de falhas na intermediação das operações (CBLC).

Em 1996, com o intuito de eliminar esses obstáculos, reduzir as falhas na liquidação dos ativos e atender uma demanda dos próprios participantes do mercado, foi fundado o Banco de Títulos CBLC – BTC, após um período de discussão entre a Comissão de Valores Mobiliários e o Banco Central do Brasil.

Atualmente, o Banco de Títulos CBLC possui base legal amparada na Resolução do CMN n.º 3278, de 28/04/2005, e nas Instruções CVM n.º 249 (responsável pela regulamentação do empréstimo de ações), n.º 277 (altera o art. 7º da instrução 249), n.º 283 (institui, entre outros, os limites de posições) e n.º 392 (autoriza os fundos de investimento a realizarem operações de empréstimo de títulos).

2.6.3. Funcionamento do BTC

O BTC é um sistema eletrônico de empréstimo de títulos, em que duas partes pactuam livremente uma determinada taxa, em troca do aluguel de um título por um determinado prazo.

A CBLC atua como contraparte e garantidora de todas as operações, sendo responsável pelo fechamento das operações, controle dos proventos, garantias e riscos das operações registradas e liquidação das operações de empréstimo.

O sistema possibilita que investidores que pretendem tomar ou emprestar um determinado papel registrem as suas ofertas para outros investidores interessados.

Segundo a CBLC, são ativos elegíveis para operações de empréstimo de títulos no BTC as ações emitidas por companhias abertas negociadas na Bovespa.

A operação de empréstimo de títulos consiste na transferência da custódia de títulos da carteira de um investidor para outro, visando satisfazer necessidades temporárias como a necessidade de títulos para suporte de atividades de negociação ou para satisfazer a necessidade de entregar papéis em vendas já efetuadas.

Nas situações em que o investidor vendedor não dispõe de títulos para entregar na liquidação das vendas, havendo disponibilidade (registro de oferta), a CBLC toma

emprestados compulsoriamente os títulos para a carteira desse investidor, o que contribui para minimizar as falhas nos processos de liquidação das operações.

Para esse investidor que vendeu os títulos a descoberto, é mais vantajoso porque ele possui um prazo maior para poder recomprar os papéis no mercado e liquidar o empréstimo do que se houvesse a ordem de recompra. Para o investidor que comprou os títulos, isto é vantajoso porque ele recebe os títulos na data esperada.

A CBLC divulga informações para todos os participantes do BTC, possibilitando o controle de todos os empréstimos que foram realizados, além de disponibilizar em seu *website* estatísticas de uso geral, como volume de posições em aberto e taxas médias de negociação por ativo, entre outros.

Nas operações de empréstimo, a contraparte que aluga os títulos em troca de uma determinada remuneração é denominada *doador dos títulos*, e a contraparte que toma os títulos emprestados é denominada *tomador dos títulos*.

O investidor pode buscar uma contraparte para a sua operação de empréstimo entre as ofertas que estão registradas no BTC, ou encontrar um outro participante do mercado que atue como contraparte do negócio. O sistema do BTC permite o registro de contratos de empréstimo previamente formalizados entre dois investidores.

Muitas corretoras fornecem o serviço de intermediação de transações de empréstimo de ações e recebem uma comissão que é acrescida à taxa pactuada com o tomador de títulos.

Dessa forma, a remuneração para o doador consiste na taxa que ele receberá em troca do aluguel do título, descontado o imposto de renda, e para o tomador o custo da transação consiste na taxa que ele pagará ao doador, acrescido da comissão da corretora em que ele fechou o aluguel e também da taxa de registro e dos emolumentos da CBLC (nos dias de hoje, 0,025% ao ano).

Adicionalmente, os empréstimos de ações podem ser fechados na forma fixa, em que o tomador dos títulos não pode liquidar o contrato de empréstimo de ações antes da data de vencimento, ou reversível, em que o tomador dos títulos pode a qualquer momento devolver as ações alugadas e liquidar o contrato de empréstimo de ações.

2.6.4. Margens

É necessário que o investidor que esteja tomando os títulos emprestados deposite margens junto à sua corretora.

O valor das margens é calculado diariamente pela área de risco da CBLC com base na liquidez e na volatilidade dos ativos, e consiste no valor atualizado das ações objeto de empréstimo acrescido de um percentual definido pelo BTC. Em maio de 2007 esse percentual variava de 6% a 100%.

A CBLC aceita como garantias os seguintes ativos: moeda corrente nacional, títulos públicos e privados, ouro, ações pertencentes à carteira teórica do Índice Bovespa, títulos negociados nos mercados internacionais, cartas de fiança bancária, cartas de fiança emitidas por instituições sediadas no exterior e outros ativos mediante consulta.

No final de 2006, a CBLC possuía R\$ 19 bilhões em ativos como garantia, distribuídos da seguinte forma:

Tabela 1 - Principais ativos depositados como garantias

Ativo	Volume R\$ - 2006	%
Ações	9.817.223.287,81	51,5%
Titulos publicos	7.434.050.701,00	39,0%
Titulos internacionais	550.553.142,40	2,9%
CDB	483.789.823,29	2,5%
Outros	283.977.396,00	1,5%
CFI	263.758.000,00	1,4%
Dinheiro	116.951.144,09	0,6%
Dividendos	82.965.824,07	0,4%
Ouro	17.523.497,82	0,1%
Fundos	2.945.433,21	0,0%
Total	19.053.738.249,69	100,0%

Fonte: CBLC

Somente após o tomador depositar as garantias na CBLC, é que os títulos são transferidos da conta de custódia do doador para a conta do tomador. Assim, durante a vigência do contrato de empréstimo de ações, o doador não pode vender os papéis que foram alugados.

2.6.5. Estatísticas do mercado de aluguel de ações no Brasil

Nos últimos anos, o volume de operações e o número de ações objeto de negócio de empréstimo têm crescido de forma expressiva, como mostra a tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Volume anual de operações no BTC

Ano	Volume negociado			Participantes	Quantidade de operações	
	R\$ (milhões)	US\$ (milhões)	n°. ações negociadas		Registros	Média Diária
1996	355	346	12	21	66	1
1997	416	387	22	26	341	2
1998	855	731	52	37	983	4
1999	1.575	873	57	33	1.460	6
2000	2.866	1.560	74	53	2.530	10
2001	6.572	2.790	79	67	11.953	47
2002	7.559	2.428	91	64	22.486	89
2003	13.160	5.223	126	77	39.772	158
2004	25.884	8.055	190	95	78.729	312
2005	58.926	24.664	219	93	166.088	659
2006	109.674	50.496	267	95	271.210	1.190

Fonte : CBLC

A tabela 3 mostra a participação dos investidores no BTC, no período de 2001 a 2006.

Podemos notar que nos últimos cinco anos houve um crescimento significativo dos fundos de investimento, que hoje representam cerca de 42% do volume negociado no BTC.

Tabela 3 - Participação no BTC por tipo de investidor

Tipo de investidor	Participação %					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Bancos comerciais	26,9%	20,0%	18,7%	19,7%	4,6%	5,1%
Fundos de previdência social	13,6%	12,2%	9,0%	3,0%	6,6%	1,2%
Fundos de investimento	14,6%	22,6%	25,8%	26,4%	22,2%	42,0%
Investidor estrangeiro	29,0%	28,2%	28,0%	31,6%	30,6%	29,1%
Outros	2,3%	2,2%	3,4%	2,5%	2,4%	5,2%
Pessoas físicas	12,1%	12,4%	12,9%	13,1%	27,3%	15,1%
Sociedades anônimas	1,4%	2,4%	2,3%	3,8%	6,3%	2,2%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: CBLC

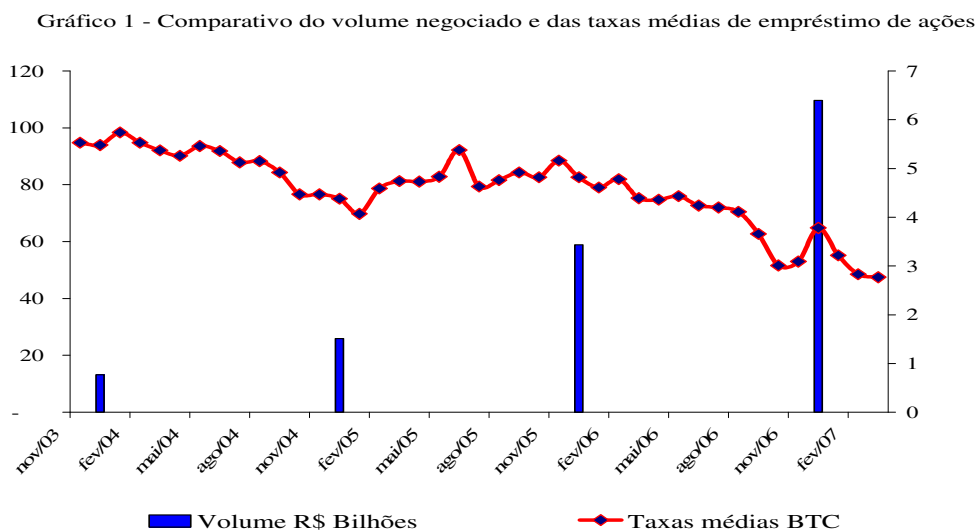
Em 2006, a taxa média de aluguel dos títulos registrada no BTC foi 4,6% ao ano e a média ponderada pelo volume negociado foi 3,9% ao ano.

Se considerarmos a distribuição das taxas médias de empréstimo para cada um dos ativos que foram registrados em 2006, podemos notar que a maior parte dos ativos e do volume negociado foi registrada até a taxa média de 6% ao ano.

Tabela 4 - Distribuição das taxas de empréstimo registradas em 2006 no BTC

Faixa	papéis	volume R\$	%papeis	%volume
0% - 2%	34	31.243.849.253	12,7%	28,5%
2% - 4%	81	29.359.323.050	30,3%	26,8%
4% - 6%	101	33.701.799.615	37,8%	30,7%
6% - 8%	35	10.847.625.770	13,1%	9,9%
8% - 10%	6	349.433.238	2,2%	0,3%
acima 10%	10	4.172.023.398	3,7%	3,8%
Total	267	109.674.054.324	100,0%	100,0%

A tabela 2 mostra que nos últimos tempos o volume de negócios no BTC vem praticamente dobrando a cada ano. O aumento da oferta de títulos no BTC tem influenciado diretamente a queda da taxa média registrada dos empréstimos no BTC, conforme o gráfico 1:



2.7.Limitações do estudo

2.7.1.*Data snooping*

Data snooping é uma séria limitação que atinge muitos estudos empíricos nas áreas de finanças e economia. O problema ocorre quando séries temporais existentes são analisadas repetidamente, levando a uma interpretação incorreta da relação entre as variáveis estudadas. Relações estatísticas espúrias muitas vezes são consideradas verdadeiras, levando a um equívoco na relação entre os dados.

Crak (1999) mostra de forma didática como isso ocorre ao apresentar um estudo empírico em que demonstra estatisticamente que perto das fases de lua nova e lua cheia, a volatilidade dos mercados de ações é maior e os seus retornos são menores do que nas outras fases da lua.

Lo e MacKinlay (1990) demonstram como testes envolvendo modelos de precificação como o CAPM e o APT podem levar a inferências incorretas devido à presença de *data snooping*.

Freqüentemente, muitas estratégias de investimento são avaliadas com base numa mesma série temporal para se avaliar qual delas é a melhor, ou quais são melhores do que certo *benchmark*, que pode ser fixo ou randômico. Se muitas estratégias são avaliadas, algumas podem ter desempenho superior ao do *benchmark* por acaso, quando na realidade eles são iguais ou até mesmo inferiores aos das demais estratégias (Romano e Wolf, 2005).

A exemplo do estudo conduzido por Gatev *et al.* (2006), essa pesquisa não percorreu todas as dimensões possíveis da estratégia para maximizar resultados, porém procurou identificar as regras que são seguidas na prática pelos investidores. As regras que foram seguidas obedecem à proposição geral da estratégia ao: 1) identificar pares de ações cujos preços “andam juntos”; 2) e, abrir uma posição *long-short* quando houver uma divergência entre os preços e encerrar a posição quando os preços convergirem.

O critério utilizado para a negociação dos pares foi desenvolvido por uma corretora de valores, que envia diariamente um relatório para os seus clientes com a descrição da metodologia adotada e recomendações de oportunidades de investimento com base nessa estratégia. Esse relatório é enviado para os clientes desde o final de 2005. Portanto, a regra escolhida é efetivamente utilizada na prática pelos investidores.

A duração dos períodos de abertura e fechamento, bem como os critérios para abrir e fechar os pares foram mantidos constantes ao longo desse estudo.

Todas essas medidas foram realizadas para minimizar os riscos de *data snooping*.

Entretanto, não podemos garantir que os resultados reportados nesse trabalho estejam imunes a *data snooping*, assim como não podemos garantir a persistência dos resultados reportados no futuro.

Lo e MacKinlay (1990) argumentam que a inferência não experimental pode nunca estar completamente livre de *data snooping*, pois a atenção dada às anomalias empíricas,

incongruências e correlações não usuais é também o mecanismo de descobertas genuínas e progresso nas ciências sociais.

2.7.2. O período da amostra

Nesse estudo, negociamos pares de ações no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2006, totalizando 60 meses. Se por um lado utilizamos uma amostra de ações que realmente tiveram registro de negócios no BTC, por outro, trata-se de um período relativamente curto, que impossibilita uma análise mais detalhada.

Dessa forma, é possível que os resultados reportados nesse trabalho tenham algum tipo de influência do período escolhido para o estudo.

2.7.3. Os retornos ajustados ao risco

Para verificar a remuneração da estratégia em relação ao seu risco, calculamos os seus retornos ajustados ao risco através do índice de Jensen (1968). Essa análise está diretamente vinculada à aceitação do modelo CAPM, e de todos os aspectos com relação aos parâmetros utilizados no modelo.

Entretanto, alguns estudos, como Fama e French (1992), questionam a validade do beta, índice de risco do CAPM, como o único fator de risco causador do retorno das ações.

3. Revisão de literatura

3.1. Principais estudos sobre *pairs trading*

3.1.1. Gatev, Goetzmann e Rouwenhorst (2006)

Gatev, Goetzmann e Rouwenhorst realizaram um estudo completo das características de risco e retorno da estratégia, utilizando retornos de ações nos Estados Unidos, no período 1962-2002, e encontraram evidências de que a estratégia produz retornos significativos.

A metodologia adotada foi muito simples e, mesmo assim, conseguiu produzir excessos de retorno anualizados próximos a 11%, contrariando a hipótese de que os mercados são eficientes durante todo o tempo.

A implementação da estratégia utilizada nesse estudo foi dividida em duas partes: o período de formação, com duração de 12 meses, e o período de negociação, que corresponde aos seis meses subseqüentes.

O período de formação tem a finalidade de identificar os pares de ações “cujos preços andam juntos”. Foram formadas carteiras contendo os 5, 20 e 101-120 primeiros pares, ranqueados em ordem crescente de acordo com o critério de cointegração utilizado.

No período subseqüente, os pares são negociados com base no critério de abrir uma posição *long-short* sempre vez que a distância entre uma ação e a outra é superior a dois desvios padrões (calculados no período de formação). As posições são encerradas quando os preços se cruzam ou no último dia do período de negociação.

Para verificar se a estratégia *pairs trading* é somente uma forma de explorar uma estratégia contrária de investimento, os autores efetuaram um *bootstrap* e compararam os resultados encontrados ao resultado de pares formados aleatoriamente.

Para verificar se os resultados estavam enviesados pelo efeito “*bid e ask*”, os autores calcularam os resultados retardando por um dia a abertura e o fechamento dos pares.

Os principais resultados encontrados no estudo foram:

- Os portfólios formados pelos primeiros 5 e primeiros 20 pares renderam, em média, 0,78% e 0,81% ao mês. Ao se considerar o possível efeito do “*bid e ask*”, os retornos caem para 0,46% e 0,52% ao mês, para os primeiros 5 e os primeiros 20 pares,

respectivamente, o que sugere que parte dos resultados anteriores estava enviesada por esse efeito;

- Em média, 71% dos pares nas carteiras formadas pelos primeiros 20 pares pertenciam ao setor de concessionárias de serviços públicos, embora o número de ações pertencentes a esse setor na amostra do estudo não seja significativa;
- Entre 1963 e 2002, o excesso de retorno da estratégia *pairs trading* foi, em média, o dobro do excesso de retorno do S&P 500, e o índice de Sharpe calculado foi entre 4 e 6 vezes maior do que o índice de Sharpe do mercado;
- O VaR histórico calculado mostrou que, nos 40 anos do estudo, a pior perda mensal dos primeiros 5 e primeiros 20 pares foi, respectivamente, 12,62 % e 8,2%;
- A estratégia apresentou retornos decrescentes nos anos mais recentes, enquanto que entre 1969 e 1980, quando os mercados caíram, a estratégia apresentou a melhor performance dentro do estudo;
- Os pares gerados aleatoriamente pelo *bootstrap* apresentaram retornos muito inferiores aos pares gerados no período de formação, e a conclusão do estudo é a de que a estratégia *pairs trading* não é simplesmente uma forma de explorar a reversão dos preços à média.

3.2.Pairs trading no Brasil

3.2.1.Perlin (2007)

Perlin (2007) divulgou um *working paper* no qual é implementado um modelo de *pairs trading* com as ações mais líquidas da Bolsa de Valores de São Paulo.

O critério adotado para a seleção dos pares é o das mínimas distâncias ao quadrado, muito similar ao adotado em Gatev *et al.* (2006) e Nath (2003).

Trabalhando com os preços normalizados, uma posição *long-short* era aberta sempre que o valor da distância entre as ações de cada par fosse superior a um valor d . O autor considerou diferentes valores para d , variando de 1,5 a 3,0.

Para avaliar a performance dessa estratégia, o autor comparou a performance das carteiras com a performance de carteiras geradas aleatoriamente através de *bootstrap*.

O resultado obtido indicou que a performance da estratégia *pairs trading* foi superior ao das carteiras geradas aleatoriamente.

3.3. Quadro resumo de outros trabalhos sobre *pairs trading*

Apresentamos no quadro abaixo, outros trabalhos existentes sobre *pairs trading*:

Quadro 1 – Resumo de outros trabalhos sobre *pairs trading*

Autores	Descrição do trabalho e principais resultados
Nath (2003)	Examina a implementação da estratégia <i>pairs trading</i> no mercado secundário de títulos públicos de renda fixa nos Estados Unidos, e compara os mecanismos operacionais dessa estratégia entre ações e títulos de renda fixa. A rentabilidade das carteiras formadas seguindo a metodologia proposta foi superior à rentabilidade de diversos <i>benchmarks</i> , mesmo utilizando-se diferentes medidas de performance.
Vidyamurthy (2004)	O trabalho está organizado na forma de livro e explica os principais conceitos teóricos e operacionais por trás da estratégia <i>pairs trading</i> . Mostra como implementar a estratégia usando cointegração; entretanto, não divulga resultados empíricos.
Andrade, Pietro e Seasholes (2005)	Avaliaram a performance da estratégia <i>pairs trading</i> na bolsa de valores de Taiwan entre 1994 e 2002. Utilizando a mesma metodologia, os autores encontraram resultados muito parecidos com os de Gatev <i>et al.</i> (2003). O artigo propõe que uma parte significativa dos retornos anormais da estratégia deve-se à influência, nos preços das ações, de choques de demanda por parte de investidores mal informados em relação aos reais fundamentos das empresas.
Do, Faff e Hamza (2006)	O artigo analisa e expõe diferentes métodos existentes para a implementação da estratégia <i>pairs trading</i> : o método da distância, o método da cointegração e o método do <i>spread</i> estocástico. Por fim, os autores sugerem um novo método, baseado no método existente do <i>spread</i> estocástico e no modelo APT.
Lin, Mccrae e Gulati (2006)	Os autores desenvolveram uma técnica para implementar a estratégia <i>pairs trading</i> com base nos princípios de cointegração. O modelo desenvolvido possui um controle de risco, permitindo sempre um retorno mínimo antes que cada posição seja aberta. Os resultados empíricos encontrados indicam que o modelo pode ser uma opção em relação a outros modelos existentes que não possuem um controle de risco.

4. Metodologia

4.1. Tipologia da pesquisa

Segundo Martins (2002), conforme o enfoque epistemológico há diferentes gêneros de pesquisa. Podemos definir essa pesquisa como sendo do tipo empírico-analítica.

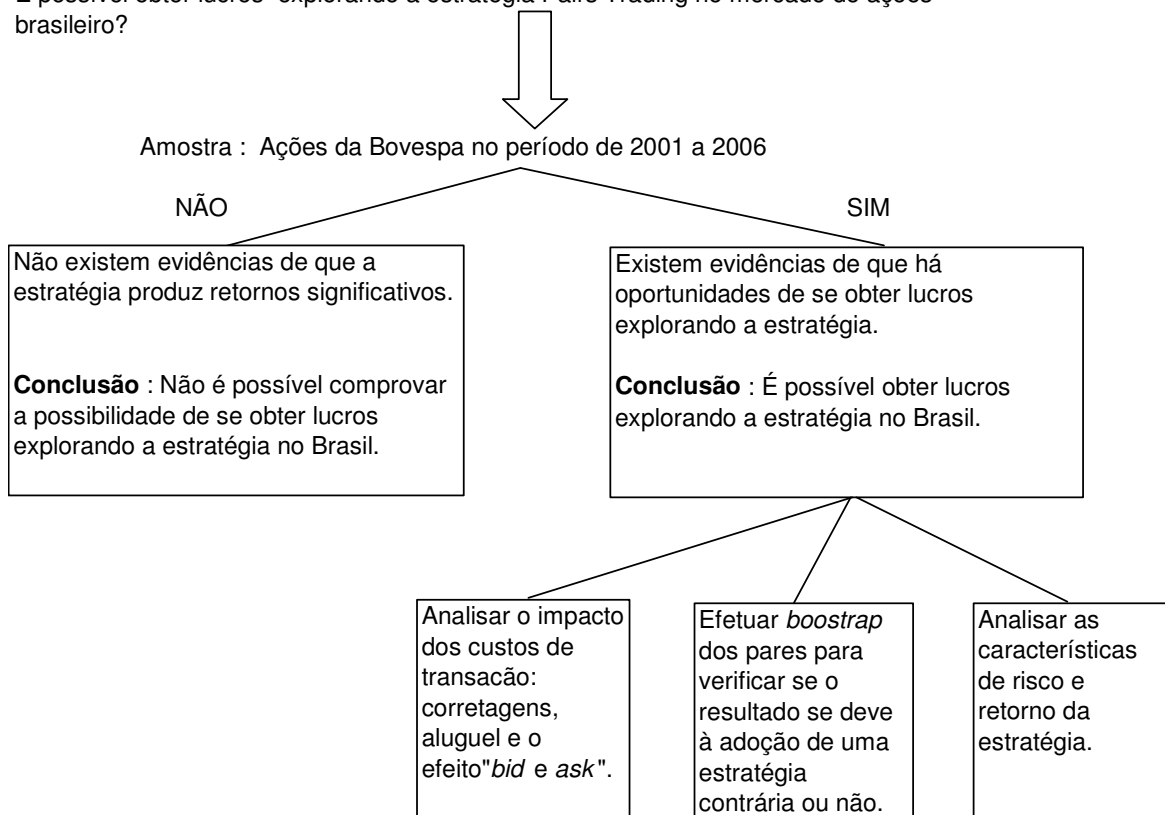
Pesquisas empírico-analíticas são “abordagens que apresentam em comum a utilização de técnicas de coleta, tratamento e análise de dados marcadamente quantitativos. Privilegiam estudos práticos. Suas propostas têm caráter técnico, restaurador e incrementalista. Têm forte preocupação com a relação causal entre as variáveis. A validação da prova científica é buscada através de testes dos instrumentos, grau de significância e sistematização das definições operacionais” (MARTINS, 2002, p.34).

4.2. Modelo da pesquisa

A figura abaixo mostra o modelo adotado:

Figura 1

É possível obter lucros explorando a estratégia Pairs Trading no mercado de ações brasileiro?



4.3. Amostra e coleta dos dados

A amostra do estudo foi composta pelas ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo e que tiveram registro de negócios (aluguel) no Banco de Títulos CBLC – BTC no período 2002-2006.

Para a realização desse estudo, a CBLC forneceu a base de dados contendo os papéis no período acima, incluindo o custo médio de aluguel de cada papel.

O intuito de usar uma amostra de ações que, efetivamente, tiveram registro de negócios no BTC, é propiciar ao experimento um caráter mais próximo da realidade, visto que não é possível viabilizar a estratégia *pairs trading* se não houver a possibilidade de alugar as ações no BTC.

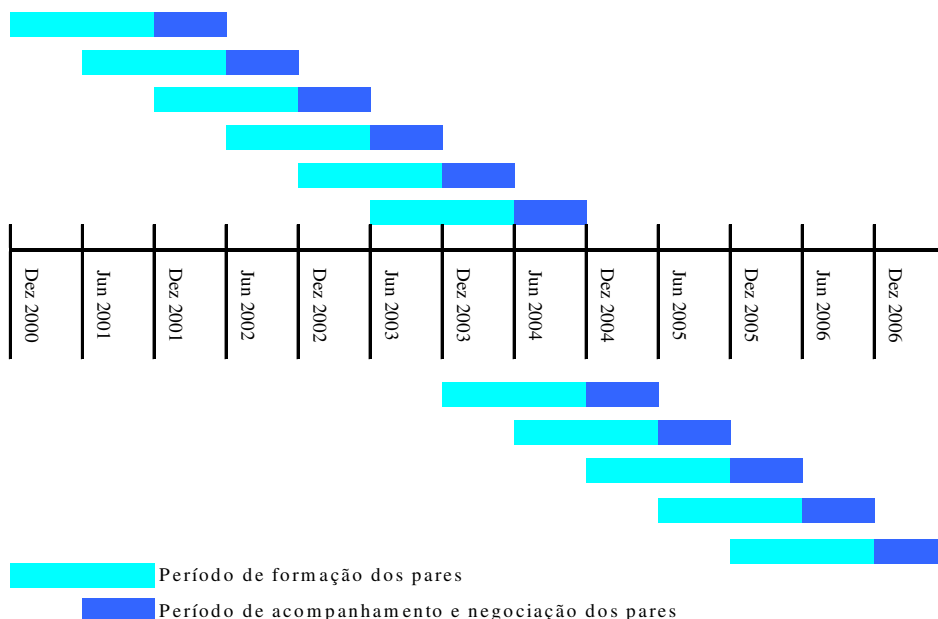
Para todas as ações da amostra foram coletados preços de fechamento, ajustados por proventos e dividendos, além de sua respectiva classificação setorial NAICS na Econômica, no período 2001-2006.

Também coletamos na Econômica, para o período acima, a taxa do CDI e as cotações do Índice Bovespa de fechamento, que foram usadas como *proxies* para o retorno do ativo livre de risco e da carteira de mercado, respectivamente.

4.4. Implementação da pesquisa

A implementação da parte operacional deste estudo envolveu três etapas: a) o período de formação dos pares; b) o período de acompanhamento e negociação dos pares; c) e o cálculo da rentabilidade das carteiras.

Figura 2 - Períodos de formação e acompanhamento e negociação



A figura 2 mostra, em ordem cronológica, cada um dos períodos do estudo.

As durações dos períodos de formação, acompanhamento e negociação foram escolhidas com base nos períodos adotados em Gatev *et al.* (2006) e mantidos fixos durante o horizonte desse estudo.

O critério para negociação dos pares segue, em linhas gerais, o modelo descrito no relatório “Brascan Long x Short”, que foi desenvolvido por uma corretora de valores.

Para efetuar os cálculos das três etapas, utilizamos *Excel* e *Visual Basic* para *Excel* (VBA).

Para o cálculo da estatística de significância t e o erro padrão de *Newey-West* utilizamos o *software Eviews*.

4.4.1. Período de formação dos pares

Cada período de formação tem duração de 12 meses, e seu principal objetivo é identificar pares de ações cujos preços “andam juntos”, a serem negociados nos seis meses subsequentes.

No início de cada semestre a partir de junho de 2001, eliminamos todos os papéis que não tivessem negociação em todos os dias do período de formação. Esse procedimento tem o intuito de facilitar a formação dos pares e identificar as ações mais líquidas (Gatev *et al.*, 2006).

Com base na nova amostra, formamos todos os pares de ações possíveis, com a restrição de que as duas ações de cada par pertencessem ao mesmo setor.

Para cada ação, construímos um índice cumulativo durante o período de formação. Em seguida, para cada um dos pares calculamos a soma do quadrado das distâncias entre os preços das duas ações.

A distância entre os preços das duas ações corresponde à diferença absoluta entre os índices cumulativos de cada ação em cada data do período de formação.

O valor obtido para cada um dos pares fornece uma idéia do comportamento conjunto dos preços das duas ações: quanto menor o valor, maior o nível de cointegração dos preços.

De acordo com Gatev *et al.* (2006), este procedimento é de certa forma similar ao teste de cointegração desenvolvido por Bossaerts (1988). Optamos por utilizar o método descrito acima, ao invés de técnicas mais sofisticadas de cointegração, devido à sua

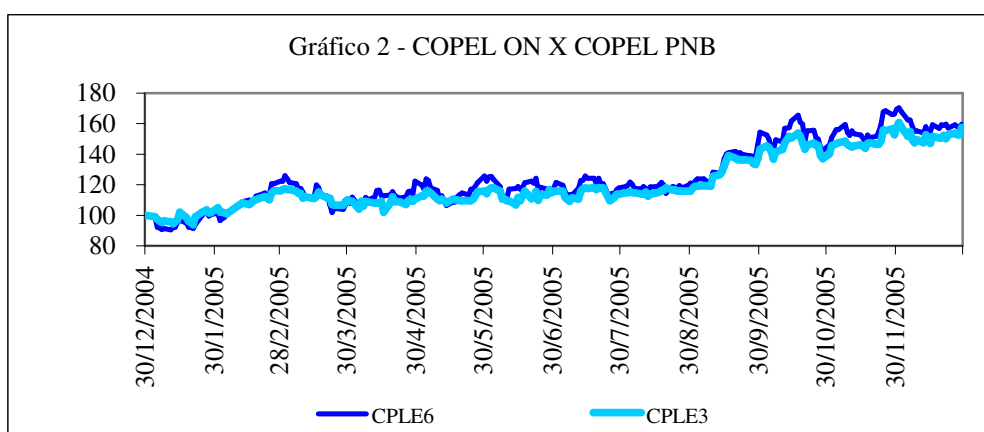
simplicidade de implementação, e ao argumento de Gatev *et al.* (2006) de que é a técnica que mais se aproxima de como os *traders* selecionam os pares na prática.

Para cada um dos períodos de formação, formamos carteiras contendo os primeiros 5, os primeiros 20, os pares 101-120 e, finalmente, a carteira contendo todos os pares, com base no critério de ranqueamento descrito anteriormente.

O intuito de formar carteiras a partir do ranqueamento dos pares é poder comparar o desempenho de carteiras compostas por ativos com diferentes ordens de cointegração.

O gráfico abaixo mostra a evolução dos preços normalizados diários de Copel ON e Copel PNB, de janeiro a dezembro de 2005.

É fácil perceber que os preços desses dois ativos tendem a “andar juntos”.



4.4.2. Período de acompanhamento e negociação

4.4.2.1. Acompanhamento dos pares

O período de acompanhamento e negociação tem duração de 6 meses, e se inicia no primeiro dia útil após o encerramento do período de formação. Nesse período, acompanhamos diariamente os *spreads* entre os preços das ações de cada par selecionado na etapa anterior, e identificamos o momento oportuno de abrir e encerrar uma posição.

Os *spreads* correspondem à diferença relativa entre os preços das ações de cada par.

Nessa etapa, calculamos para cada par, diariamente, as seguintes estatísticas diárias: média e desvio padrão móveis de 20 dias, média e desvio padrão móveis de 12 meses, 6 meses e 3 meses.

Essa última estatística foi calculada usando-se o método de suavizamento exponencial *Ewma* (*exponentially weighted moving-average*), e os *lambdas* adotados foram

respectivamente: 0,99, 0,98 e 0,96 (12 meses, 6 meses e 3 meses). Utilizamos os mesmos valores que são adotados no relatório “Brascan Long x Short”.

Para o cálculo das estatísticas com o *Ewma*, utilizamos a metodologia sugerida pelo Riskmetrics (1996):

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2} \quad (1)$$

onde σ é a volatilidade, r o retorno do ativo e λ a constante de decaimento exponencial.

Para cada uma das estatísticas acima, calculou-se uma faixa formada pela média, mais ou menos 2 desvios padrões.

O critério para abrir uma posição *long-short* é o *spread* do par estar fora de pelo menos uma das 4 faixas (22 dias, 3 meses, 6 meses e 12 meses).

4.4.2.2. Negociação dos pares

Quando o *spread* entre os preços de um determinado par está fora do intervalo descrito acima, abrimos uma posição *long-short* de acordo com o seguinte critério:

- 1) Se o *spread* (preço da ação A/preço da ação B) estiver acima de qualquer faixa superior: vender a ação A (tomar emprestado no BTC e vender) e comprar a ação B;
- 2) Se o *spread* (preço da ação A/preço da ação B) estiver abaixo de qualquer faixa inferior: comprar a ação A e vender a ação B (tomar emprestado no BTC e vender).

O encerramento da posição ocorre quando o *spread* (distância relativa entre uma ação e outra) volta para dentro das 4 faixas.

Isso pode ocorrer de duas formas:

- 1) O *spread* entre os preços do par diminui (os preços convergem) e volta para dentro das 4 faixas;
- 2) O *spread* volta para dentro das 4 faixas porque há um aumento da volatilidade ou de sua média (a faixa “cresceu”).

Quando isso ocorre, a posição é encerrada através da negociação inversa: a ação que se havia comprado é vendida, e a ação que havia vendido é recomprada e o aluguel devolvido.

Para a abertura e o fechamento de todas as posições considerou-se que os negócios foram efetuados aos preços de fechamento do dia.

A partir do momento em que cada posição é aberta, monitoramos o risco dessa posição, calculando o VaR diário e acumulado de “n” dias dessa posição.

O *Value at risk* (VaR) corresponde à perda máxima esperada em um horizonte de tempo, dentro de um intervalo de confiança (Jorion, 2001).

O VaR foi calculado com 95% de confiança da seguinte forma:

$$VaR_{1dia} = \sigma * 1,65 \quad (2)$$

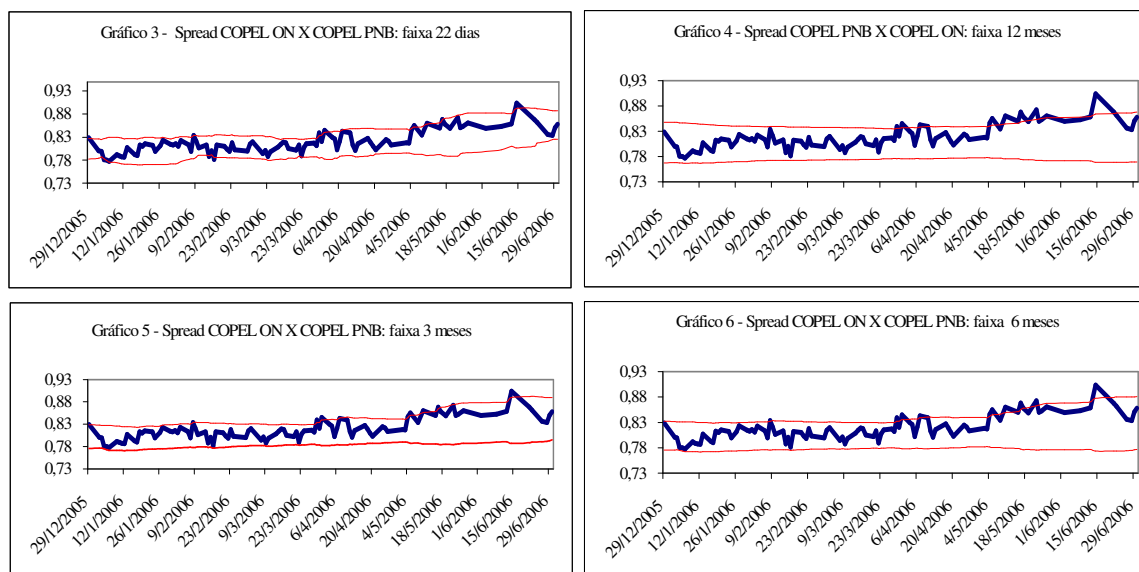
$$VaR_{ndias} = Var_{dia} * \sqrt{n} \quad (3)$$

onde σ corresponde à volatilidade do *spread* entre os preços das ações de cada par e n ao número de dias em que a posição está aberta. A volatilidade foi calculada com base na média móvel dos últimos 12 meses do *spread*, usando a metodologia *Ewma* com uma constante de decaimento exponencial igual a 0,94. Utilizamos a mesma constante de decaimento exponencial e o mesmo intervalo de confiança que são adotados no relatório “Brascan Long x Short”.

A cada vez que a perda diária ou a perda acumulada de “n” dias excede o valor do VaR diário ou acumulado, a posição é encerrada. O encerramento de uma posição numa situação como essa limita as perdas, prevenindo que aumentem indefinidamente.

Os gráficos abaixo mostram o comportamento dos *spreads* entre Copel ON e Copel PNB em relação às faixas formadas pelas médias e pelos desvios padrões móveis de 22 dias, 3 meses, 6 meses e 12 meses.

Nota-se que o *spread* entre os preços de Copel ON e Copel PNB por diversas vezes “fura” alguma das 4 faixas, e em seguida converge para dentro das faixas novamente.



A principal premissa na estratégia *pairs trading* é que o *spread* entre os preços de cada par converge naturalmente para os seus níveis históricos, os quais, no caso do modelo que estamos adotando, correspondem às faixas de negociação. Dessa forma, quando o *spread* estiver fora de alguma das faixas de negociação, significa que houve um desvio de apreçamento (*mispricing*) e, conseqüentemente, uma oportunidade de lucro.

Essas faixas de negociação correspondem a um indicador técnico denominado *Bollinger Bands*, desenvolvido na década de 80 por Bollinger (2002).

Para os papéis que tiveram a negociação interrompida ao longo desse período, retiramos os pares que contêm o papel da carteira no dia em que houve o seu último negócio e consideramos o resultado obtido até essa data.

No último dia do período de acompanhamento e negociação, todas as eventuais posições abertas são encerradas.

4.4.3. Cálculo do excesso de retorno das carteiras

A rentabilidade das carteiras foi calculada seguindo a metodologia adotada por Gatev *et al.* (2006).

Os ganhos e perdas de cada par de ações correspondem à soma do resultado da posição comprada (*long*) com o da posição vendida (*short*) e, por isso, têm a interpretação de excesso de retorno. Consideramos a cada abertura de uma posição comprada e vendida os valores iniciais de \$ 1 e -\$1, respectivamente.

Devido ao fato de que cada par pode abrir e fechar diversas vezes ao longo de um mesmo período de negociação, o excesso de retorno corresponde à soma dos *payoffs* que foram gerados durante desse período (Gatev *et al.*,2006).

Os resultados diários foram calculados seguindo a fórmula:

$$r_{P,t} = \frac{\sum_{i \in p} w_{i,t} r_{i,t}}{\sum_{i \in p} P_{w_{i,t}}} \quad (4)$$

$$w_{i,t} = w_{i,t-1} (1 + r_{i,t-1}) = (1 + r_{i,1}) \dots (1 + r_{i,t-1})$$

onde r corresponde ao retorno de cada par no instante t , e w ao peso de cada par no portfólio.

4.5.Custos de transação

Para entender melhor o impacto dos custos de transação na estratégia, também procuramos avaliar o efeito dos custos de corretagem e aluguel das ações, afora o efeito do “*bid e ask*”.

Dessa forma, avaliamos a performance de três tipos de carteiras:

A) Carteiras irrestritas, ou seja, não levando em consideração nenhum tipo de custo: avaliamos como seria a estratégia sem nenhum tipo de fricção;

B) Carteiras em que os pares são negociados com um dia de atraso: avaliamos o efeito do “*bid e ask*”;

C) Carteiras em que os pares são negociados com um dia de atraso, considerando o custo de corretagem e aluguel de ações para cada negócio: avaliamos se a estratégia sobrevive ao efeito conjunto dos dois custos.

4.5.1.Efeito “*bid e ask*”

Os resultados encontrados em Jegadeesh e Titman (1995) e Gatev *et al.* (2006) sugerem que uma parte dos resultados encontrados pode estar enviesada para cima em virtude do efeito “*bid e ask*”.

Com isso, como não sabemos se o preço de fechamento para uma determinada ação corresponde à “oferta de compra” ou à “oferta de venda”, é possível que as carteiras tenham um viés ao supor que estamos comprando uma ação pelo menor preço (oferta de compra) e vendendo uma ação pelo maior preço (oferta de venda).

Para avaliar o impacto desse efeito, seguimos um procedimento similar a Gatev *et al.* (2006), no qual calculamos as rentabilidades das carteiras iniciando as posições no dia seguinte à divergência dos preços de cada par, e liquidando as posições no dia seguinte à convergência dos preços de cada par.

Se no momento da divergência dos preços do par, o preço vencedor for uma oferta de venda e o preço perdedor for uma oferta de compra, e no dia seguinte, o preço vencedor possuir uma probabilidade igual de ser uma oferta de compra ou de venda, então ao se atrasar a abertura das posições em um dia, se reduzirão os excessos de retorno, em média, pela metade da soma dos *spreads* dos preços vencedores e perdedores (Gatev *et al.* 2006).

De forma similar, se no momento da convergência dos preços do par, o preço vencedor for uma oferta de compra e o preço perdedor for uma oferta de venda, então ao se atrasar o fechamento das posições em um dia se reduzirão os excessos de retorno em média novamente em uma vez e meia a soma dos “*bid e ask*” *spreads*. (Gatev *et al.* 2006).

4.5.2. Corretagens e aluguel de ações

Sempre que uma posição é aberta e encerrada, consideramos uma corretagem padrão de 0,025% sobre cada posição, o que corresponde a um desconto de 95% na tabela de corretagens padrão da Bovespa (nos dias de hoje, 0,5% para operações com valor acima de \$3.029,38). Dessa forma, o custo total de corretagem ao se abrir e encerrar uma determinada uma posição corresponde a 0,1% ($0,025\% \times 2 + 0,025\% \times 2$).

Esse custo não é factível para a maioria dos investidores do mercado. Somente os grandes fundos de investimento, tesourarias de banco ou outros investidores com grande volume de negócios conseguem um custo de transação tão baixo.

Na próxima seção mostramos que a estratégia, da forma como foi implementada, não é adequada para a maioria dos investidores.

A cada vez que uma posição é aberta, também contabilizamos diariamente o custo do aluguel da ação que foi vendida, a partir da estatística que foi fornecida pela CBLC. Consideramos que todos os empréstimos de ações foram efetuados na forma reversível, e que no momento em que a ação vendida foi recomprada, o empréstimo dessa ação foi

imediatamente liquidado na CBLC (as ações alugadas foram devolvidas). Na prática, contudo, nem sempre é possível tomar ações emprestadas na forma reversível, sendo muitos empréstimos feitos também na forma fixa (em que não é possível liquidar os contratos antecipadamente).

4.6. Risco e retorno da estratégia

4.6.1. Retorno ajustado ao risco

Para avaliar a performance da estratégia em relação à rentabilidade esperada dado o seu nível de risco, utilizamos o índice de Jensen (1968).

O índice de Jensen (1968), também conhecido como *alfa*, corresponde ao excesso de retorno da carteira sobre o retorno previsto no modelo CAPM e foi calculado da forma:

$$\alpha_p = r_p - [r_f + \beta_p(r_M - r_f)] \quad (5)$$

onde α_p corresponde ao índice de Jensen (1968), r_p ao retorno da carteira, r_f ao retorno do ativo livre de risco, r_M ao retorno do mercado e β_p ao beta.

O beta foi calculado da seguinte forma:

$$\beta_p = \frac{\text{cov}(r_p; r_m)}{\text{var}(r_m)} \quad (6)$$

4.6.2 Índice de Sharpe (1966)

O índice de Sharpe (1966) corresponde à razão entre o excesso de retorno de um determinado ativo e o seu risco, sendo que o risco corresponde ao desvio padrão do retorno desse ativo. Utilizamos esse índice para comparar à relação risco-retorno entre as diferentes carteiras que foram formadas. Calculamos o índice da forma:

$$IS = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p} \quad (7)$$

onde IS corresponde ao Índice de Sharpe(1966) da carteira.

4.6.3. Value at Risk (VaR) empírico

Conforme descrito em Jorion (2001), é possível estimar o VaR através de um método geral ou paramétrico. O método geral consiste no uso da distribuição empírica dos retornos de um ativo e nos seus quantis, e o método paramétrico usa uma distribuição como a normal, que depende da estimação de alguns parâmetros para determinar a distribuição dos retornos. Se, por um lado, esses dois modelos são muito fáceis de se usar, por outro, eles podem não conseguir estimar muito bem a distribuição real dos lucros e perdas.

Souza e Silva (1999) afirmam que o uso da distribuição empírica dos retornos passados da carteira como uma estimativa do VaR é um método robusto a distribuições de caudas pesadas, mas é necessária a hipótese de que os retornos permaneçam estáveis ao longo do tempo e, além disso, uma amostra de tamanho N nada diz sobre a probabilidades de perdas maiores do que $1/N$.

Para avaliar o risco da estratégia, estimamos o VaR através da distribuição empírica dos retornos diários e mensais das carteiras. O VaR empírico corresponde simplesmente ao quantil da distribuição empírica dos retornos, para cada nível de significância. Se, por um lado, essa medida fornece uma idéia do risco da estratégia ao longo do período da amostra, por outro, as limitações que descrevemos acima sugerem que devemos ter cautela ao interpretar os seus resultados.

4.7. *Pairs trading* e estratégias contrárias

Pairs trading é um tipo de estratégia contrária. Diversos estudos como Jegadeesh (1990), e no Brasil, Yoshinaga (2004) e Bonomo e Dall' Agnoll (2003), encontraram evidências de que estratégias contrárias produzem retornos positivos no curto prazo.

Seguindo a metodologia adotada em Gatev *et al.* (2006), procuramos averiguar se a estratégia *pairs trading* não é simplesmente uma forma de explorar a reversão à média dos preços das ações.

Dessa forma, efetuamos um estudo no qual comparamos a performance da estratégia com a performance de carteiras que foram geradas pelo método *bootstrap*.

Os procedimentos adotados foram:

- 1) Agrupamos as ações no início de cada período de formação, de acordo com o seu retorno no mês anterior;
- 2) Geramos pares aleatórios, seguindo a restrição de que cada ação pertencesse ao mesmo decil da ação original;
- 3) Calculamos os excessos de retorno das carteiras formadas pelos pares aleatórios.

O procedimento acima foi repetido 200 vezes ao longo de cada semestre.

A idéia por trás desse procedimento é a de que a diferença entre os retornos dos pares verdadeiros em relação aos pares que foram gerados pelo *bootstrap* forneça uma indicação de quanto dos retornos dos pares verdadeiros não é devido simplesmente à reversão dos preços.

5. Resultados

5.1 Excessos de retorno e estatísticas de distribuição

A tabela 5 resume as principais estatísticas de excesso de retorno das carteiras irrestritas:

Tabela 5 - Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno

A. Carteiras irrestritas

	Primeiros 5	Primeiros 20	Pares 101-120	Todos
Excesso de retorno médio mensal	0.01592	0.01276	0.01250	0.01217
Excesso de retorno médio anual	0.20867	0.16436	0.16079	0.15618
Erro padrão (Newey-West)	0.00205	0.00177	0.00158	0.00209
Estatística t	7.7999	7.2604	7.9564	5.8889
Distribuição dos Retornos				
Mediana	0.01348	0.01219	0.01303	0.01260
Desvio Padrão	0.01266	0.01169	0.01277	0.01773
Assimetria	0.88	(0.53)	0.03	0.32
Curtose	3.46	7.22	6.83	4.22
Mínimo	(0.00504)	(0.03537)	(0.03334)	(0.03131)
Máximo	0.05304	0.04670	0.05952	0.07233
Observações < 0	5%	5%	17%	25%

O erro padrão, a estatística t e as estatísticas de distribuição dos retornos foram calculados com base na distribuição dos excessos de retorno mensais.

As posições foram abertas no mesmo dia em que ocorreu à divergência dos preços e encerradas no mesmo dia em que ocorreu à convergência dos preços.

Para todas as carteiras tivemos excessos de retorno médios anuais superiores a 15,5% e significativamente diferentes de zero.

As carteiras formadas pelos primeiros 5 e 20 pares tiveram retornos anuais de 20,9% (estatística $t = 7,8$) e 16,4% (estatística $t = 7,3$), respectivamente. Esses retornos foram ligeiramente superiores aos retornos anuais das carteiras formadas pelos pares 101-120 e da carteira composta por todos os pares.

O desvio padrão das carteiras formadas pelos primeiros 5 e 20 pares foi ligeiramente menor do que o desvio padrão das outras duas carteiras, e é interessante notar que as carteiras formadas pelos primeiros 5 e 20 pares tiveram também um percentual de retornos negativos muito menor do que o das carteiras formadas pelos pares 101-120 e da carteira formada por todos os pares.

Em relação à distribuição dos retornos, em todas as carteiras podemos notar que as caudas são pesadas (curtose alta) e, com exceção da carteira formada pelos 20 primeiros pares, os retornos possuem assimetria positiva.

Em seguida, apresentamos os resultados das mesmas carteiras em que os pares são negociados com um dia de atraso:

Tabela 6 - Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno

B. Atraso de 1 dia

	Primeiros 5	Primeiros 20	Pares 101-120	Todos
Excesso de retorno médio mensal	0.00586	0.00515	0.00405	0.00191
Excesso de retorno médio anual	0.07262	0.06356	0.04964	0.02314
Erro padrão (Newey-West)	3.21153	0.00195	0.00123	0.00243
Estatística t	4.8250	2.6773	3.3220	0.8472
Distribuição dos Retornos				
Mediana	0.00458	0.00539	0.00363	0.00357
Desvio Padrão	0.01304	0.01249	0.00846	0.01723
Assimetria	0.56	0.48	(0.44)	(0.51)
Curtose	4.08	5.66	3.92	3.92
Mínimo	(0.02787)	(0.02880)	(0.01987)	(0.05459)
Máximo	0.04250	0.05180	0.02270	0.03625
Observações < 0	32%	32%	23%	42%

O erro padrão, a estatística t e as estatísticas de distribuição dos retornos foram calculados com base na distribuição dos excessos de retorno mensais.

As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

É possível perceber que o impacto na rentabilidade é grande. Para os primeiros 5 pares, o retorno médio anual tem uma queda de 13,6%; para os primeiros 20 pares a queda é de 10,1% , para os pares 101-120 a queda é de 11,1%, e para a carteira contendo todos os pares 13,3%.

Os resultados acima sugerem que o efeito “*bid e ask*” é significativo; ou seja, na carteira irrestrita estávamos comprando ações pelo menor preço e vendendo ações pelo maior preço.

Entretanto, também são grandes as chances de que parte da queda no resultado das carteiras ocorra em virtude da convergência do preço das ações no primeiro dia.

É difícil estimar quanto da queda no resultado deve-se ao efeito “*bid e ask*” e quanto se deve à convergência dos preços.

Apesar disso, com exceção da carteira formada por todos os pares, as demais carteiras possuem excessos de retorno significativamente diferentes de zero.

Podemos perceber um aumento considerável do percentual de retornos negativos em todas as carteiras.

Por fim, a tabela abaixo apresenta os resultados quando, além do efeito “*bid e ask*”, quando também levamos em conta os custos de corretagem e aluguel de ações.

Tabela 7 - Estatísticas de distribuição dos excessos de retorno

C. Atraso de 1 dia + corretagens e custos de empréstimo

	Primeiros 5	Primeiros 20	Pares 101-120	Todos
Excesso de retorno médio mensal	0.00388	0.00303	0.00200	(0.00017)
Excesso de retorno médio anual	0.04752	0.03694	0.02421	(0.00209)
Erro padrão (Newey-West)	0.00181	0.00193	0.00125	0.00245
Estatística t	2.1907	1.6065	1.6191	-0.01014
Distribuição dos Retornos				
Mediana	0.00289	0.00360	0.00139	0.0016
Desvio Padrão	0.01299	0.01244	0.00854	0.0174
Assimetria	0.42	0.46	(0.49)	(0.5362)
Curtose	3.94	5.54	3.98	3.9440
Mínimo	(0.03045)	(0.03095)	(0.02243)	-5.73%
Máximo	0.03891	0.04895	0.02047	3.48%
Observações < 0	37%	35%	35%	45%

O erro padrão, a estatística t e as estatísticas de distribuição dos retornos foram calculados com base na distribuição dos excessos de retorno mensais.

As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

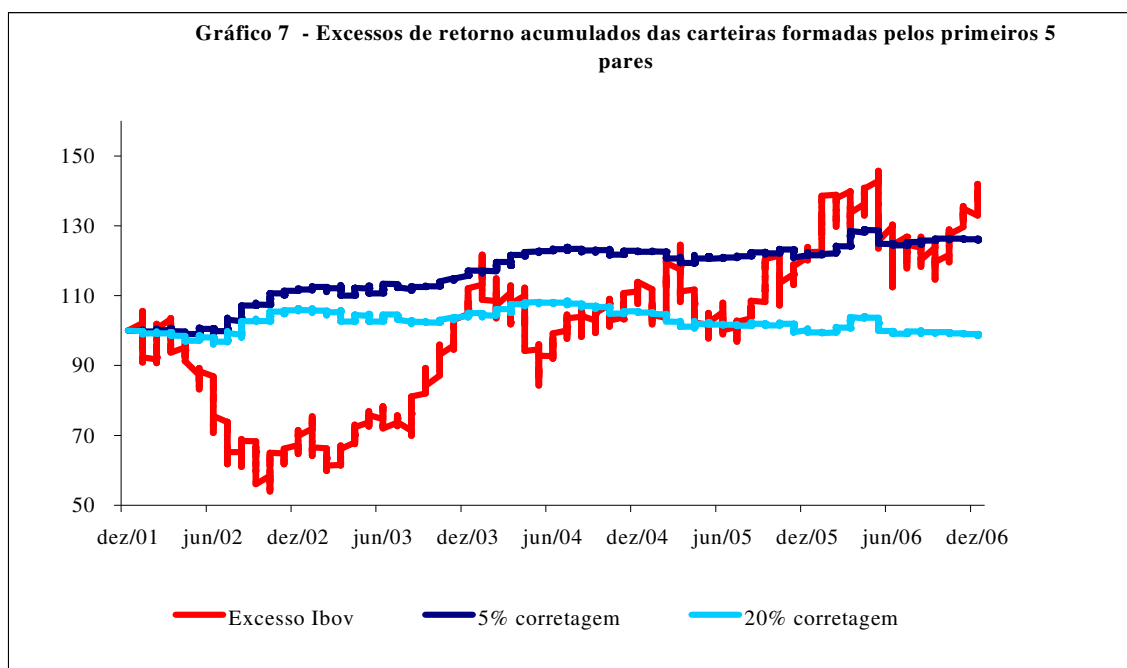
Consideramos os custos de corretagem e aluguel de ações no cálculo dos retornos.

Considerando um custo de transação baixo (desconto de 95% em relação à corretagem padrão), mas factível para alguns investidores do mercado, podemos notar que a carteira formada pelos 5 primeiros pares teve um excesso de retorno médio anual de 4,7%, significativamente diferente de zero. As carteiras formadas pelos primeiros 20 e 101-120 pares não são possuem excessos de retorno estatisticamente significantes no nível de significância de 5%, porém são marginalmente significantes no nível de 10% (p-valores iguais a 11,4% e 11,1% respectivamente).

Os resultados obtidos sugerem que a estratégia *pairs trading* é mais adequada para os agentes que conseguem atuar no mercado com um custo de transação baixo.

Uma mesma posição pode abrir e fechar diversas vezes ao longo de um mesmo período, e nem sempre a remuneração obtida é capaz de cobrir os custos de transação. Iremos mostrar a seguir que o modelo implementado requer um número de negócios elevado, e por isso, o impacto na rentabilidade da estratégia dos custos de corretagem é maior do que o impacto dos custos de aluguel de ações.

A importância em se conseguir um custo de corretagem baixo fica mais clara quando observamos o gráfico 7 abaixo. Nesse gráfico, mostramos que um aumento do valor da corretagem paga ao se abrir e encerrar uma posição *long-short* em um par de ações, de 0,1% (95% de desconto de corretagens) para 0,4% (80% de desconto de corretagens), já seria suficiente para fazer com que o modelo tivesse prejuízos no período analisado. Também mostramos nesse gráfico o excesso de retorno mensal acumulado do índice Bovespa em relação ao CDI (Certificado de Depósito Interbancário). É possível notar claramente que a volatilidade dos excessos de retorno do índice Bovespa é muito maior que a volatilidade das carteiras formadas pelos primeiros 5 pares.



As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

5.2. Estatísticas de negociação e composição dos pares

A tabela 8 abaixo mostra as estatísticas de negociação dos pares e composição das carteiras.

Tabela 8 - Estatísticas de negociação e composição dos pares

Carteiras	Primeiros 5	Primeiros 20	101-120	Todos
A. Estatísticas de negociação				
Desvio médio dos preços dos pares no momento de abertura das posições	0,04	0,07	0,11	0,11
Número médio de pares negociados no período de 6 meses	5,00	20,00	20,00	393,10
Média de abertura de posições por par	8,32	8,20	7,91	7,84
Desvio padrão do número de abertura de posições	2,57	2,51	2,38	2,38
Tempo médio que os pares ficam abertos em meses	1,07	1,15	1,15	1,11
Tempo médio de permanência de cada par aberto (dias)	2,72	2,94	3,05	2,96
Número médio de vezes que cada par aciona o "stop loss" por semestre	0,20	0,44	0,48	0,45
B. Estatísticas de composição de carteiras				
Decil médio do valor de mercado das ações	1,64	2,10	2,67	2,68
Peso médio das ações percentes aos primeiros 3 decis	0,92	0,87	0,76	0,76
Peso médio das ações percentes aos primeiros 5 decis	0,98	0,97	0,90	0,90
Percentual dos pares pertencentes a decis diferentes	0,22	0,44	0,81	0,78
Diferença média de decil dos pares que pertencem a decis diferentes	1,09	1,81	2,33	2,32
Composição setorial dos pares				
Administração de empresas e empreendimentos	0,04	0,03	-	0,01
Bancos	0,10	0,10	0,02	0,02
Extração de petróleo e gas	0,14	0,05	-	0,00
Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	0,06	0,10	0,15	0,19
Indústria de bebidas	0,02	0,01	-	0,00
Indústria de equipamentos aeroespaciais	0,06	0,03	0,01	0,00
Indústria de papel, celulose e papelão	0,06	0,04	0,02	0,02
Minação de metais	0,12	0,04	0,02	0,01
Telecomunicações	0,36	0,58	0,73	0,68
Transformação de aço em produtos de aço	0,04	0,04	0,06	0,06
Outros	-	0,01	0,01	0,01
Percentual de pares formados pela mesma ação (ON e PN)	0,68	0,34	0,03	0,04

Estatísticas de negociação e composição dos pares, que foram negociados entre janeiro de 2002 a dezembro de 2006.

As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

Consideramos os custos de corretagem e aluguel de ações no cálculo dos retornos.

Consolidamos no setor outros os seguintes setores: abatedouros, água, esgoto e outros sistemas, atividades auxiliares ao transporte rodoviário, comércio atacadista de petróleo e produtos de petróleo, indústria de carrocerias e trailers, indústria química, loja de departamentos, outras indústrias de produto de metal, outros serviços e transporte aéreo regular.

A primeira parte da tabela resume as principais estatísticas de negociação. A estatística “desvio médio dos preços dos pares”, no momento de abertura das posições, indica que, para a amostra do estudo, os pares cujos preços “andam mais próximos” possuem um gatilho para abertura de posição menor que o dos pares cujos preços “andam mais distantes”. Dessa forma, enquanto os primeiros 5 pares abriam posições quando o *spread* entre os preços divergisse em torno de 3,61% em relação a alguma das médias (22

dias, 3 meses, 6 meses ou 12 meses), para os primeiros 20 pares a divergência do *spread* entre os preços foi de 6,57%, e para os pares 101-120, 10,61%.

Esse resultado é esperado, uma vez que a volatilidade dos *spreads* entre os preços dos pares que tiveram um melhor ranqueamento no período de formação tende a ser menor que a volatilidade dos *spreads* entre os preços dos pares que tiveram um pior ranqueamento.

As 5 estatísticas seguintes mostram que para a quase totalidade dos pares se abriu posição pelo menos uma vez durante o tempo de negociação e acompanhamento, cada par foi negociado em média 8 vezes ao longo desse período, e os pares permaneceram abertos em média por menos de 4 dias.

Essas estatísticas, em conjunto, mostram que a estratégia *pairs trading*, na forma como foi implementada, é uma estratégia de curto prazo que requer um número relativamente elevado de negócios. É possível que o critério de abertura de posições do modelo adotado faça com que as posições se iniciem e se encerrem cedo demais, o que implica no número elevado de negócios.

Apesar da tentativa e dos benefícios em procurar aprimorar o modelo, o risco de *data snooping* fizeram com que essa idéia não fosse levada adiante.

A última estatística da parte A indica que, para os primeiros 5 pares, o controle de risco (*stop loss*) é acionado em média apenas 0,2 vez para cada par em cada semestre, um número muito inferior aos das demais carteiras. Como vimos, o controle de risco é acionado a cada vez que a perda de 1 dia ou “n” dias excede o VaR de 1 dia ou o VaR acumulado de “n” dias. Esse é um indicativo de que os pares dessa carteira, em média, se comportam de forma mais “previsível” do que os pares das demais carteiras.

A segunda parte da tabela 8 resume as principais estatísticas de composição setorial e valor de mercado dos pares.

Agrupamos, no início de cada semestre, as empresas listadas na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) em ordem decrescente de valor de mercado e dividimos a amostra em decis, sendo que os primeiros decis correspondem às empresas com maior valor de mercado.

As três primeiras estatísticas, em conjunto, mostram que formamos pares com as ações de maior valor de mercado na Bovespa, e que as carteiras formadas pelos pares melhor ranqueados são constituídas por empresas com um valor de mercado em média maior que o das demais carteiras da amostra.

As duas estatísticas seguintes indicam que as carteiras formadas pelos pares melhor ranqueados possuem um percentual menor de pares pertencentes a decis diferentes, assim como a diferença média desses pares que pertencem a decis diferentes também é menor.

Em relação à composição setorial dos pares, é possível notar que o setor de telecomunicações é o que possui o maior número de pares em todas as carteiras da amostra. Esse resultado devia ser esperado, por causa do grande número de empresas listadas que surgiram em virtude da privatização do sistema Telebrás em 1998.

Outro resultado muito interessante é que 68% das carteiras formadas pelos primeiros 5 pares são constituídas por pares formados por ações ordinárias (ON) e preferenciais (PN) da mesma empresa. Esse é um resultado muito intuitivo, pois é de se esperar que os preços dessas ações “andem juntos”, por estarem expostas aos mesmos fatores de risco.

5.3 Resultados por setor e *spreads* ON x PN

A tabela abaixo mostra as estatísticas de retorno quando agrupamos os pares de ações em carteiras, de acordo com a sua classificação setorial NAICS na Economia.

Tabela 9 - Resultados por setor

Carteiras	Excesso de retorno médio mensal	Estatística t (Newey-West)	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo	Observações <0	Número médio de pares	Sharpe
A. Adm. de empresas e empreedim	0.00329	0.92	0.00481	0.031998	(0.96)	6.07	(0.12068)	0.06957	44%	3	0.10
B. Bancos	0.00508	2.39	0.00444	0.015779	0.40	3.08	(0.02477)	0.04131	32%	8	0.32
C. Extração de petróleo e gas	0.00064	0.47	0.00101	0.012040	0.47	4.29	(0.02287)	0.03851	45%	1	0.05
D. Ger., transm e distr. de energia elétr.	0.00366	1.84	0.00238	0.017432	0.14	4.94	(0.04625)	0.06146	37%	74	0.21
E. Indústria de bebidas	0.00122	0.46	0.00155	0.005058	(0.18)	1.71	(0.00500)	0.00683	50%	0	0.24
F. Ind. de equipamentos aeroespaciais	0.00034	0.17	0.00185	0.024146	(0.53)	3.32	(0.06468)	0.04165	44%	1	0.01
G. Ind. de papel, celulose e papelão	(0.00042)	(0.02)	0.00142	0.025686	(0.29)	4.85	(0.08581)	0.06661	48%	7	nd
H. Mineração de metais	0.00211	0.85	0.00131	0.021558	(0.04)	4.65	(0.05632)	0.06289	45%	2	0.10
I. Telecomunicações	0.00077	0.43	0.00280	0.013412	(1.22)	6.04	(0.05027)	0.03015	42%	268	0.06
J. Transf. de aço em prod. de aço	0.00480	2.50	0.00541	0.015017	(0.40)	2.83	(0.03733)	0.03435	32%	25	0.32
H. Outros	0.00786	1.70	0.00261	0.039371	1.88	9.54	(0.07392)	0.17878	39%	5	0.20

Consolidamos no setor outros os seguintes setores: abatedouros, água, esgoto e outros sistemas, atividades auxiliares ao transporte rodoviário, comércio atacadista de petróleo e produtos de petróleo, indústria de carrocerias e trailers, indústria química, loja de departamentos, outras indústrias de produto de metal, outros serviços e transporte aéreo regular.

O número médio de pares em cada semestre é 393.

As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

Consideramos os custos de corretagem e aluguel de ações no cálculo dos retornos.

As carteiras compostas pelos pares formados nos setores: telecomunicações, transformação de produtos em aço, e geração, transmissão e distribuição de energia elétrica correspondem a 93% da quantidade média de pares em cada semestre. O setor de telecomunicações possui o maior número de pares (68%), e a sua contribuição para o

resultado da estratégia é insignificante estatisticamente. Por outro lado, os setores de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (setor elétrico), e transformação de produtos em aço (siderurgia) possuem um excesso de retorno médio mensal de 0,4% e 0,5%, significativamente diferentes de zero (adotando nível de confiança até 10%). Embora representem uma parcela menor do número de pares formados, os setores de bancos e outros também tiveram excessos de retorno estatisticamente diferentes de zero, ao mesmo nível de confiança.

Um dos pressupostos da estratégia *pairs trading* é formar pares de ações cujos preços “andam juntos”. O fraco desempenho dos pares formados com ações do setor de telecomunicações indica que, em média, isso não ocorreu da forma esperada, isto é, não houve a esperada convergência dos *spreads* entre os preços das ações de cada par. É possível que isso tenha ocorrido pelo fato de, inadvertidamente, no setor de telecomunicações, ao contrário dos outros setores, termos formado pares de ações com características econômicas e fatores de risco diferentes, por exemplo, ações de telefonia fixa e telefonia móvel (celular). Entretanto, para não incorrer em *data snooping*, não reclassificamos a amostra das ações do setor de telecomunicações.

Ao analisar os dados da tabela cima, em conjunto com os dados da tabela 7, podemos inferir que o fato das carteiras formadas pelos primeiros 5 pares terem um excesso de retorno médio mensal maior do que as demais carteiras pode estar relacionado à menor concentração de pares no setor de telecomunicações, e a uma maior concentração em pares formados por ações ordinárias e preferenciais da mesma ação, em relação às outras carteiras. Para analisar essa questão, levantamos as estatísticas de distribuição dos retornos das carteiras formadas exclusivamente por pares formados por ações ordinárias e preferenciais (*spreads* entre ações ON e PN da mesma empresa). Os resultados encontram-se na tabela 10 abaixo:

Tabela 10 - Estatísticas dos pares formados por ações ON e PN da mesma empresa
Atraso de 1 dia + corretagens e custos de empréstimo

Carteiras	Excesso de retorno médio mensal	Estatística t (Newey-West)	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo	Número de Observações < médio de pares		Sharpe
									0		
Pares ON e PN	0.0042	3.38	0.00325	0.01026	0.56	3.32	(0.01265)	0.03484	37%	17	0.41

As estatísticas acima mostram que essa carteira teve um excesso de retorno médio mensal de 0,4%, significativamente diferente de zero (estatística $t = 3,4$), com um desvio padrão de 1% (um dos menores dentre todas as carteiras formadas), e confirmam que a superioridade dos excessos de retorno das carteiras formadas pelos primeiros 5 pares deve-se principalmente à sua composição (68% de pares de ações ON e PN). O Índice de Sharpe (IS) dessa carteira é superior ao IS de todas as demais carteiras formadas.

5.4 As características de risco e retorno da estratégia

Na tabela 11 abaixo, reportamos o VaR mensal e diário para a estratégia *pairs trading*, considerando o efeito “*bid e ask*” e os custos transacionais.

Tabela 11 - Value at Risk (VAR) da estratégia pairs trading

Atraso de 1 dia + corretagens e custos de empréstimo	Primeiros 5	Primeiros 20	Pares 101-120	Todos
A. VaR mensal				
Excesso de retorno médio mensal	0,00388	0,00303	0,00200	(0,00017)
Desvio padrão	0,01299	0,01244	0,00854	0,01736
VaR				
1%	(0,03045)	(0,03095)	(0,02243)	(0,05726)
5%	(0,01874)	(0,01929)	(0,01653)	(0,03429)
10%	(0,01079)	(0,00984)	(0,00879)	(0,02288)
25%	(0,00266)	(0,00388)	(0,00194)	(0,01051)
Probabilidade de retornos negativos	37%	35%	35%	45%
Mínimo histórico	(0,03045)	(0,03095)	(0,02243)	(0,05726)
B. VaR diário				
Excesso de retorno médio diário	0,00019	0,00015	0,00010	(0,00001)
Desvio padrão	0,00270	0,00257	0,00205	0,00348
VaR				
1%	(0,00812)	(0,00711)	(0,00606)	(0,01089)
5%	(0,00371)	(0,00372)	(0,00296)	(0,00537)
10%	(0,00177)	(0,00237)	(0,00198)	(0,00338)
25%	(0,00010)	(0,00074)	(0,00081)	(0,00140)
Probabilidade de retornos negativos	36%	48%	48%	52%
Mínimo histórico	(0,01321)	(0,01340)	(0,01184)	(0,02696)

As posições foram abertas no dia seguinte à divergência dos preços e encerradas no dia posterior à convergência.

Consideramos os custos de corretagem e aluguel de ações no cálculo dos retornos.

O VaR foi calculado com base na distribuição empírica dos retornos diários e mensais.

Nos 60 meses da amostra, a pior perda mensal para as carteiras formadas pelos primeiros 5, 20 e 101-120 pares foi inferior a 3,1%, e o menor retorno diário para essas carteiras foi inferior a 1,4%.

Devido ao fato de que *pairs trading* é considerada uma estratégia que se autofinancia, é possível alavancar diversas vezes uma mesma posição até o limite em que for possível cobrir as chamadas de margem.

O cálculo do VaR é importante porque fornece uma medida do potencial de alavancagem que pode ser empregado nessa estratégia. Para fazer uma comparação, no mesmo período da amostra, o Índice Bovespa (Ibovespa) teve um excesso de retorno médio mensal em relação ao CDI de 0,6%, com um desvio padrão de 7,5%, e a pior perda mensal foi 18%. Uma carteira formada pelos primeiros 5 pares com uma alavancagem de duas vezes teria tido um excesso de retorno médio mensal em torno de 32,8% superior ao excesso de retorno do Índice Bovespa, com apenas 34,5% do risco (a pior perda mensal para esta carteira hipotética teria sido 6%). Lowenstein (2000), entretanto, demonstra os perigos decorrentes do uso indevido da alavancagem.

Na tabela 12, abaixo, reportamos o retorno da estratégia ajustado pelo risco.

Tabela 12 - Retornos ajustados pelo risco

Atraso de 1 dia + custos de corretagem e empréstimos					
Carteiras	Primeiros 5	Primeiros 20	101-120	Todos	Ibovespa
Excesso de retorno médio mensal	0,00388	0,00303	0,00200	(0,00017)	0,00571
Excesso de retorno médio anual	0,04752	0,03694	0,02421	(0,00209)	0,07075
Desvio Padrão	0,01299	0,01244	0,00854	0,01736	0,07525
Beta	0,00786	(0,02878)	0,00394	0,00649	
Alfa de Jensen	0,00389	0,00335	0,00200	(0,00007)	
Índice de Sharpe	0,29832	0,24338	0,23362	nd	0,07591

Os excessos de retorno mensais do Índice Bovespa foram calculados sobre a variação do CDI.

Para todas as carteiras avaliadas, encontramos valores muito próximos de zero para o coeficiente beta. Esse resultado confirma a esperada neutralidade dos retornos da estratégia em relação os retornos do mercado.

Como conseqüência do fato de que os valores dos coeficientes beta são praticamente nulos, os excessos de retorno das carteiras formadas pelos primeiros 5,20 e 101-120 pares são superiores à rentabilidade esperada pelo CAPM, e por isso, o índice de

Jensen (1968) para essas carteiras é positivo, ou seja, a estratégia foi capaz de gerar valor (alfa).

O índice de Sharpe dos excessos de retorno mensais das carteiras formadas pelos primeiros 5, 20 e 101-120 pares foi superior ao índice de Sharpe dos excessos de retorno mensais do Ibovespa no mesmo período. Isso se deve principalmente à baixa volatilidade (risco) dos excessos de retornos mensais dessas carteiras em relação à volatilidade dos excessos de retorno mensais do índice no mesmo período.

5.5 *Bootstrap* de pares formados com base no retorno do mês anterior ao início do período de negociação

A tabela 13 mostra as estatísticas de retorno dos pares formados no processo de *bootstrap*.

Tabela 13 - Retornos de pares gerados aleatoriamente com base no retorno do mês anterior

Carteiras	Primeiros 5	Primeiros 20	101-120	Todos os 120
Excesso de retorno médio mensal	0,00142	0,00185	(0,00054)	0,00091
Desvio padrão	0,02537	0,01390	0,01666	0,00923
Mediana	0,00202	0,00200	0,00076	0,00130

Bootstrap de pares aleatórios negociados com a regra de abrir as posições no dia seguinte à divergência dos preços e encerrar as posições no dia posterior à convergência dos preços.

Consideramos os custos de corretagem e aluguel de ações no cálculo dos retornos.

As ações de cada par foram selecionadas com o critério de pertencerem ao mesmo decil do retorno da ação original no mês anterior à formação dos pares originais.

As estatísticas foram computadas após rodar a simulação por 200 vezes consecutivas.

As carteiras formadas com os primeiros 5 e 20 pares tiveram um excesso de retorno médio mensal de 0,14% e 0,18% respectivamente. Comparando esses valores com os resultados reportados na tabela 7, podemos perceber que há indícios de que uma parcela dos retornos obtidos com os pares originais deve-se simplesmente à reversão no curto prazo, conforme documentado na literatura em Jegadeesh (1990). O retorno médio mensal dos pares 101-120 foi -0,05%, e para a carteira contendo todos os pares 0,09%, ao passo que o retorno médio mensal para os mesmos pares originais foi 0,20%, e -0,02% respectivamente.

A conclusão dessa simulação é a de que a estratégia *pairs trading*, da forma como a implementamos, não é somente uma forma de explorar a reversão à média dos retornos, embora uma parte dos mesmos possa ser explicada por essa anomalia.

6. Conclusão

O principal objetivo desse estudo foi verificar se é possível obter lucros no mercado de ações brasileiro explorando uma estratégia de investimento muito difundida em *Wall Street*, denominada *pairs trading*. Os resultados encontrados fornecem evidências de que essa estratégia é lucrativa, mesmo considerando os custos de transação.

A análise do impacto dos custos de transação indica que a estratégia é indicada para agentes que conseguem custos muito baixos de transação (corretagens e taxas de aluguel), como é o caso dos fundos de investimento e tesourarias de banco. Na forma como foi implementada, *pairs trading* é uma estratégia de curto prazo e que requer um número elevado de negócios.

O coeficiente beta muito próximo de zero era esperado e fornece evidências de que a estratégia é neutra em relação ao mercado. O índice de Jensen (1968) positivo indica que a rentabilidade da estratégia para os primeiros pares foi acima daquela que seria esperada para o seu nível de risco. As carteiras formadas por esses pares tiveram uma relação risco-retorno, medida pelo índice de Sharpe (1966), superior à relação risco-retorno dos excessos de retorno mensais do índice Bovespa. O VaR empírico dos resultados sugere que a estratégia possui um risco baixo em relação ao índice Bovespa.

A simulação de 200 carteiras aleatórias indica que *pairs trading* não é simplesmente uma forma de explorar a reversão dos preços à média, embora parte dos retornos possa ser explicada por essa anomalia.

Os melhores resultados foram obtidos com as carteiras formadas por pares de ações constituídos em sua totalidade ou quase, por ações ON e PN da mesma empresa, um caso muito específico de substitutos quase perfeitos no Brasil. A reversão à média dos *spreads* entre os preços desses pares é consistente com a lei do preço único. Identificamos que, após a divergência, os preços relativos dessas ações em média, convergem novamente, gerando uma oportunidade de lucro. Uma questão não respondida, e que merece atenção em estudos posteriores, é identificar o motivo que causa a divergência nos preços relativos de ações ON e PN da mesma empresa.

Os resultados desse trabalho corroboram os resultados de Gatev *et al.* (2006), e a hipótese que eles levantaram de que os excessos de retorno da estratégia correspondem à remuneração para os agentes (arbitradores) que, ao identificar um desvio nos preços relativos de dois ativos, se aproveitam dessa oportunidade, contribuindo para a manutenção da relação de equilíbrio (relativo) entre esses dois ativos. Claramente, não é uma estratégia

sem risco: a indisponibilidade de papéis para alugar, custos de transação, e outros fatores podem afetar o desempenho da estratégia ao longo do tempo. Resultados não reportados nesse trabalho indicam uma queda expressiva nos retornos da estratégia para todas as carteiras a partir de junho de 2004, o que pode ser um sinal de que o número crescente de agentes explorando a estratégia tem afetado negativamente o seu retorno.

Esperamos com esse estudo empírico ter contribuído para a literatura de estratégias de investimento no Brasil. Como sugestão para trabalhos futuros, incluímos aprofundar os estudos sobre os riscos envolvendo esse tipo de estratégia, analisar a influência, sobre a rentabilidade da estratégia, (1) do aumento do número de ações disponíveis para aluguel no BTC, e (2) do aumento do número de agentes (principalmente os fundos *long-short*) explorando a estratégia. Finalmente, para os interessados na aplicação prática da estratégia, sugerimos o aprimoramento do modelo visando aumentar o prazo em que os pares ficam abertos, e a redução do número de negócios.

7. Bibliografia

- ALEXANDER, C.; DIMITRU, A. The Cointegration Alpha: Enhanced Index Tracking and Long-Short Equity Market Neutral Strategies. ISMA Discussion Papers in Finance, 2002/08.
- ALDRIGHI, D.M.; MILANEZ, D. Y. Finança comportamental e a hipótese dos mercados eficientes. Revista de Economia Contemporânea, v.9, n.1 ,p.41-72, 2005.
- ANDRADE, S.C; PIETRO, V.D.; SEASHOLES M.S. Understanding the Profitability of Pairs Trading. Working Paper, UC Berkeley Haas School, 2005.
- BARBERIS, N.; THALER, R. A Survey of Behavioral Finance. Handbook of the Economics of Finance, G.M. Constantinides, M. Harris e R. Stulz, 2003.
- BOLLINGER, J. A. Bollinger on Bollinger Bands. Mcgraw-Hill, 2002.
- BONOMO, M. A.; DALL' AGNOLL, I. Retornos Anormais e Estratégias Contrárias. Revista Brasileira de Finanças. v. 1, nº 2, p. 165-215, 2003.
- BOSSAERTS, P. Common nonstationary components of asset prices. Journal of Economic Dynamics and Control, v.12, p. 347-364, 1988.
- CBLC – Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia. Disponível em <<http://www.cbcl.com.br>>
- CRAK, T.F.. A classic case of “data snooping” for classroom discussion. Journal of Financial Education, v. 25, p.92-97, 1999.
- DANTHINE, J. P.; DONALDSON, J. B. Intermediate Financial Theory. Elsevier Academic Press, 2a. ed., 2005.
- DEBONDT, W. F. M.; THALER, R. Does the Stock Market Overreact? Journal of Finance. v. 40, nº 3, p. 793-805, 1985.
- DO, B.; FAFF, R.; HAMZA, K. A new approach to modeling and estimation for pairs trading. Working Paper, Monash University, 2006.
- DUNIS, C. L.; HO, R. Cointegration portfolios of European equities for index tracking and market neutral strategies. Journal of Asset Management. v.6,1, p. 33-52, 2005.
- ENGLE, R. F.; GRANGER, C. Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. Econometrica. v. 55, p. 251-276, 1987.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Permanent and Temporary Components of Stock Prices. Journal of Political Economy. v. 96, nº 2, p. 246-273, 1988.

_____. The Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance*, v. 47, p. 427-465, 1992.

GATEV, E. ;GOETZMANN, W. N.; ROUWENHORST, K. G. Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule. Working Paper, Yale University, 2003.

_____. Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule. *The review of Financial Studies*. v. 19, p. 797-827, 2006.

JEGADEESH, N. Evidence of Predictable Behavior of Security Returns. *The Journal of Finance*, V.45, n.3, p.881-898, 1990.

_____.; Titman, S. Returns to buying winners and Selling losers: Implications for stock market efficiency. *Journal of Finance*. v. 48, p. 65-91, 1993.

_____. Short-Horizon Return Reversals and the Bid-Ask spread. *Journal of Financial Intermediation*. v. 4, p. 116-132, 1995.

JENSEN, M. C. The The performance of mutual funds in the period 1945-1964. *Journal of Finance*, v. 23, n.2, p.389-416, 1968.

JORION, P. Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk. 2 ed., McGraw-Hill, 2001.

LAMONT, O. W.; THALER, R. H. Anomalies: The Law of One Price in Financial Markets. *The Journal of Economic Perspectives*, V.17, n.4, p.191-202, 2003.

LIN, Y.X.; MCCRAE, M.; GULATI, C. Loss protection in Pairs Trading through minimum profit bounds: A cointegration approach. *Journal of applied mathematics and decision sciences*, v.2006, ID 73803, 2006.

LO, A. W.; MACKINLAY, C. Data-snooping biases in tests of financial asset pricing models. *Review of Financial Studies*. v. 3, n.3, p. 431-467, 1990.

LOWENSTEIN, R. When genius failed: The rise and Fall of Long-Term Capital Management. Random House, 2000.

MARTINS, G. de A. Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações. 3ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2002.

NATH, P. High Frequency Pairs Trading with U.S. Treasury Securities: Risk and Rewards for Hedge Funds. Working Paper, London Business School, 2003.

PERLIN, M., Evaluation of Pairs Trading Strategy at the Brazilian Financial Market. Unpublished Working Paper, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

RISKMETRICS TECHNICAL DOCUMENT. 4th Edition, New York, J.P.Morgan/Reuters, 1996.

ROMANO, J.P.; WOLF, M. Stepwise Multiple Testing as Formalized Data Snooping. *Econometria*, v.73, n.4, p.1237-1282, 2005.

SHARPE, W. F. Mutual Fund Performance. *Journal of Business*, v.39, n.1, p.119-1389, 1966.

SOUZA, L. A. R.; SILVA, M. E. Teoria de Valores Extremos para cálculo de VaR. *Financelab Working Paper*, Ibmec São Paulo, 1999.

VIDYAMURTHY, G. *Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis*. John Wiley & Sons, 2004.

YOSHINAGA, C. E. Análise da Sobre-Reação de Preços no Mercado de Ações Brasileiro durante o período de 1995 a 2003. *Dissertação de Mestrado*, FEA-USP. São Paulo, 2004.