Insper Instituto de Ensino e Pesquisa
Faculdade de Economia e Administração

Vinícius Ribeiro Marques

DESVIOS DA PARIDADE DESCOBERTA DA TAXA DE JUROS E EXCESSO DE RETORNO DA ESTRATÉGIA DE *CARRY TRADE*

São Paulo
2011

Vinícius Ribeiro Marques

Desvios da paridade descoberta da taxa de juros e excesso de retorno da estratégia de *carry trade*

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientador:
Prof. Dr. Marco Túlio Pereira Lyrio – Insper

São Paulo
2011

Marques, Vinícius Ribeiro
Desvios da paridade descoberta da taxa de juros e excesso de retorno da estratégia de *carry trade* / Vinícius Ribeiro Marques. – São Paulo: Insper, 2011.
26 f.

Monografia: Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientador: Prof. Dr. Marco Túlio Pereira Lyrio

1. Paridade Descoberta da Taxa de Juros 2. *Carry Trade* 3.Índice VIX

Vinícius Ribeiro Marques

Desvios da paridade descoberta da taxa de juros e excesso de retorno da estratégia de *carry trade*

Monografia apresentada à Faculdade de Economia do Insper, como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Economia.

Aprovado em Dezembro 2011.

EXAMINADORES

Prof. Dr. Marco Túlio Pereira Lyrio
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Leite de Moura e Silva
Examinador(a)

Prof. Dr. Michael Viriato Araújo
Examinador(a)

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para que a minha jornada acadêmica transcorresse da melhor forma possível. À minha família, agradeço pelo apoio incondicional em todos os momentos. Aos meus amigos, agradeço por todos os momentos em que me tornaram uma pessoa melhor. Ao meu professor orientador, Prof. Dr. Marco Túlio Pereira Lyrio, agradeço pelas palavras de sabedoria que serão valiosas para muito além deste trabalho.

Dedicatória

Dedico esta monografia aos meus familiares e queridos amigos. Que Deus ilumine a todos vocês.

Resumo

MARQUES, Vinícius Ribeiro. Desvios da paridade descoberta da taxa de juros e excesso de retorno da estratégia de *carry trade*. São Paulo, 2011. 26p. Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Este trabalho estuda a validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros bem como a existência de significado econômico para seu desvio. A metodologia utilizada para se testar essas questões se baseia nos trabalhos de Pilbeam e Olmo (2009) e os resultados encontrados apontam para desvios da Paridade Descoberta da Taxa de Juros assim como para excessos de retornos estatisticamente significantes para estratégias de *carry trade*. Além disso, é encontrada uma relação significante entre o *Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index* (*VIX*) e o excesso de retorno do *carry trade* demonstrando que um aumento no nível de aversão ao risco deverá reduzir os ganhos com a estratégia.

Palavras-chave: paridade descoberta da taxa de juros, *carry trade*, índice VIX.

Abstract

MARQUES, Vinícius Ribeiro. Deviations from the uncovered interest rate parity and excess returns of the carry trade strategy. São Paulo, 2011. 26p. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

This work is a study of the validation of the uncovered interest rate parity and the existence of economic relevance of its deviation. The methods used to analyse this questions are based on the work of Pilbeam e Olmo (2009) and the results obtained are of the deviations for the uncovered interest rate parity as well as the existence of statistically significant excess returns. Furthermore, it is found a significant relationship between the *Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index* (*VIX*) and the excess returns of the carry trade strategy which demonstrates that an increase of the risk aversion level should reduce the profits of this strategy.

Keywords: uncovered interest rate parity, carry trade, VIX index.

Sumário

1. INTRODUÇÃO. 9
2. REVISÃO DA LITERATURA. 11
3. METODOLOGIA. 14
Dados 14
3.2. Métodos econométricos. 15
3.2.1 Teste de Validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros. 15
3.2.2 Testes de Excesso de Retorno. 16
3.2.3 Testes de Impacto do índice VIX na rentabilidade do *carry trade*. 18
4. TESTES ECONOMÉTRICOS. 19
4.1 Teste de Validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros. 19
4.2 Teste de Excesso de Retorno. 20
4.3 Testes de Impacto do índice VIX na rentabilidade do *carry trade*. 23
5. CONCLUSÃO 24
6. BIBLIOGRAFIA 26

1. INTRODUÇÃO

Os mercado cambial internacional (*Foreign Exchange Market*) é extremamente ativo e seu volume de negócios atinge cifras impressionantes. Na última pesquisa do BIS (*Bank for International Settlements*) do ano de 2010, o valor estimado é de US$ 4 trilhões negociados a cada dia para o mercado cambial. É um mercado vibrante caracterizado por ser extremamente líquido, funcionar vinte e quatro horas por dia ao redor do mundo inteiro e por ser um mercado primordialmente de balcão. Muitas são as tentativas de se gerar retornos positivos por meio de especulação nesse mercado, que é especialmente atrativo por não concorrer com outras classes de ativos já que, em geral, não requer desembolso de capital. Isso significa que um gestor pode tentar obter maiores retornos para seu portfólio utilizando investimentos sem precisar desfazer-se de outros ativos ou aportar mais capital no fundo. Além disso, o retorno obtido com investimentos em moedas não costuma ser correlacionado com outros de ativos que eventualmente já estariam no portfólio, como ações. Isso significa que um fundo de investimentos consegue se aproveitar não somente do incremento no alfa, mas também dos ganhos de diversificação provenientes da inserção de mais uma classe de ativos (POJARLIEV, 2009, p. 26).

Para um gestor que, de fato, opte pelo esforço de aumentar o retorno de seus cotistas por meio do *Foreign Exchange Market* existirá uma série de estratégias disponíveis para tentar atingir esse objetivo. As três estratégias mais populares na gestão de fundos cambiais são as de *valuation*, *trend-following* e *carry trade*. Os investidores que apostam na estratégia de *valuation* utilizam-se de variáveis macroeconômicas para encontrar moedas que estejam sobre ou subvalorizadas de acordo com os fundamentos macroeconômicos de cada país. Um exemplo simples dessa estratégia seria comprar moedas sobrevalorizadas e vender as subvalorizadas de acordo com o índice Big Mac publicado pela revista *The Economist.* Os investidores que são *trend-followers* simplesmente compram moedas que estejam em uma tendência de apreciação e vendem as que apresentam tendência contrária, ficando expostos, naturalmente, a uma percepção equivocada de manutenção ou alteração da tendência. Por último, os *carry traders* ficam ativos em moedas com altas taxas de juros e passivos em moedas com taxas de juros baixas (POJARLIEV, 2009, p. 26). O trabalho de Meese e Rogoff (1983) mostra que um modelo do tipo passeio aleatório tem maior poder de previsão do que modelos econômicos, de modo que existe pouco suporte para a estratégia de *valuation*. A estratégia que busca acompanhar a tendência da taxa de câmbio tem resultados lucrativos nos

trabalhos de Levich e Thomas (1993), LeBaron (1999) e Okunev e White (2003), enquanto que trabalhos mais recentes de Olson (2004) e Schulmeister (2005) mostram que os resultados tem sido piores nos últimos anos. Ainda assim, Pukthuanthong, Levich e Thomas (2007) mostram que a estratégia de *trend-following* ainda é lucrativa em moedas menos líquidas, mesmo que isso não seja mais verdade para as principais moedas.

Dessa forma, a estratégia de *carry trade*, que busca explorar o diferencial de juros entre dois países, é a única que tem apoio sólido na literatura econômica (POJARLIEV, 2009, p. 27). Embora ela possa ser muitas vezes conhecida como *"picking up pennies in front of a truck"* por apresentar média de retornos baixas e alta volatilidade, em certas ocasiões ela pode ser melhor descrita como sendo *"picking up pennies in front of a unknown truck that has never been seen"* (BURNSIDE, EICHENBAUM e REBELO, 2008, p. 586-588), pois pode apresentar alto índice de Sharpe, uma medida conhecida de retorno ajustado ao risco. A questão que se coloca é se essa estratégia, talvez o meio mais comum de se especular nesse mercado, realmente gera retornos positivos para os investidores. Mais importante ainda é saber se essas estratégias apresentam um excesso de retorno positivo. A possibilidade de haver ganhos com a estratégia de *carry trade* vem do fato de que a Paridade Descoberta da Taxa de Juros pode ser violada. Isso significa que as moedas com maiores juros têm, na verdade, uma apreciação da sua taxa de câmbio permitindo os ganhos com a estratégia.

Os principais resultados deste trabalho consistem na comprovação de que a Paridade Descoberta da Taxa de Juros não é válida de acordo com a metodologia de teste mais usual na literatura. Assim, muitas vezes existem excessos de retornos significantes para esse tipo de investimento. Também fica comprovado o benefício de se investir em portfólios bastante diversificados e de incluir moedas de países emergentes para se ter um retorno médio ajustado pelo risco surperior. Por último, se conclui que o nível do índice VIX, largamente utilizado como *proxy* para nível de aversão ao risco, é positivamente correlacionado com ganhos futuros de *carry trade*. Sua variação, no entanto, é negativamente relacionada aos ganhos concomitantes de *carry trade*. Para se chegar a essas conclusões, a próxima seção se dedicará a uma revisão da literatura relevante para explorar as principais questões sobre o tema. A terceira seção tratará dos métodos econométricos necessários para verificar os desvios em relação à Paridade Descoberta da Taxa de Juros e a presença de excesso de retorno em diferentes estratégias de *carry trade* levando em conta os ganhos da diversificação e o investimento em moedas de países em desenvolvimento. A quarta seção tem como objetivo descrever os resultados dos modelos propostos bem como analisar se os resultados fazem

sentido frente ao que já existe na literatura. A última seção consiste na conclusão com comentários sobre os pontos mais importantes que os resultados deste trabalho trouxeram.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A Paridade Descoberta da Taxa de Juros (PDJ) é uma relação entre taxa de câmbio presente, taxa de câmbio esperada no período posterior e diferencial de juros entre dois países. A paridade pressupõe que os investidores são neutros ao risco, ou seja, são indiferentes entre investir em ativos domésticos ou estrangeiros (BLANCHARD, 2009, p. 364). Por exemplo, um investidor localizado nos Estados Unidos que queira comprar um título brasileiro ou que rende juros muito acima de um título público norte-americano deve primeiramente comprar reais e então realizar a aquisição do ativo. No período seguinte, seu retorno irá depender da nova taxa de câmbio. Se o real se desvalorizar a uma taxa maior do que a diferença entre as taxas de juros de Brasil e Estados Unidos, o ganho do investidor americano, em dólares, será menor do que se ele houvesse adquirido um ativo doméstico. Entretanto, uma série de estudos empíricos, como os de Fama (1984), Engel (1996), Sarno, Valente e Leon (2006) e Brunnermeier, Nagel e Pedersen (2009), rejeitaram a hipótese de validade da PDJ. Isso porque as moedas cujos títulos possuem altas taxas de juros tendem a apresentar uma apreciação da taxa de câmbio e não uma depreciação como seria o esperado. Se a PDJ de fato ocorresse, os investidores deveriam esperar obter o mesmo retorno investindo em ativos domésticos ou estrangeiros. Mas a rejeição da paridade evidencia a possibilidade de se obter excesso de retorno nas atividades que explorem o diferencial de juros entre os países.

A mais famosa e mais utilizada estratégia para tentar explorar essa falha da PDJ é denominada *carry trade*. Ela consiste em tomar empréstimos denominados em moedas de baixa taxa de juros, chamadas de *funding currencies*, e conceder empréstimos denominados em moedas de alta taxa de juros, chamadas de *investing currencies* (BRUNNERMEIER, NAGEL e PEDERSEN, 2009, p. 313). A forma mais tradicional de explorar esse diferencial de juros, entretanto, não é comprando e vendendo títulos públicos e dos diferentes países. Os investidores podem ter lucros com estratégias de *carry trade* vendendo moedas de baixa taxa de juros e comprando moedas de altas taxas de juros no mercado futuro (LUSTIG, ROUSSANOV e VERDELHAN, 2008, p. 5). Isso significa, na prática, que um investidor compra no mercado futuro uma moeda como o real a uma determinada taxa de câmbio estando automaticamente vendido em dólares, por exemplo. No final do período, ele irá receber o diferencial de juros referente a ganhos na moeda comprada e pagamentos na moeda

vendida. Por exemplo, se um investidor vende dólares a termo para 150 dias corridos a 1,70 R$/US$ e a taxa de câmbio hoje é 1,60 R$/US$ ele obterá no fim do período, supondo que a taxa de câmbio se mantenha constante, um retorno de 10,72% a.a. sem precisar desembolsar caixa. Isso porque ele poderá vender dólares daqui a 150 dias a 1,70 R$/US$ quando eles valem, no mercado, somente 1,60 R$/US$. O risco dessa estratégia seria a taxa da câmbio no fim do período ser maior que 1,70 R$/US$ gerando um retorno negativo para o investidor. Assim, quanto maior for a depreciação da moeda comprada, menor a taxa de retorno do *carry trade*. Seguidamente, esse tipo de estratégia gera retornos positivos para os investidores, o que pode ser visto como um sintoma da ineficiência do mercado de moedas internacional. Para Pojarliev (2005), um dos motivos para que existam esses tipos de oportunidades vem do fato de que, nesse mercado, nem todos os participantes buscam lucro. Muitas empresas que participam do mercado cambial não visam o lucro neste mercado em si, assim como bancos centrais que podem intervir no câmbio por razões puramente macroeconômicas. De fato, Szakmary e Martur (1997) encontram evidências de correlação entre retornos de investimentos em moedas e mudanças nas reservas internacionais de um país, que pode ser encarado como uma *proxy* para intervenções do banco central na taxa de câmbio. Lebaron (1999) também encontra um nível elevado de correlação entre intervenções oficiais nos Estados Unidos sobre a taxa de câmbio e retornos de especuladores.

O trabalho de Pojarliev (2009) é muito interessante ao destacar que existem ainda outras modalidades além do *carry trade* "tradicional" descrito acima. Ele apresenta o *threshold carry rule*, uma modalidade de carry trade que considera que o investidor deverá ficar comprado em uma moeda que rende altas taxas de juros somente se esses juros compensarem o diferencial das taxas de inflação. Caso contrário, o investidor deverá ficar vendido nessa moeda. A outra modalidade que é citada pelo autor é o *volatility carry rule*. Nesta, o investidor também leva em consideração a volatilidade da taxa de câmbio de cada par de moedas de modo que deve ficar comprado somente em moedas que tenham um diferencial de juros ajustado pela volatilidade maior do que o índice de informação requerido pelo investidor. Ao comparar as três estratégias, o autor descobre que as formas mais "sofisticadas" de *carry trade* não geram uma performance significativamente melhor do que a estratégia tradicional. De fato, o *threshold carry trade* tem performance ainda pior, de modo que o *carry trade* tradicional ainda parece ser a melhor forma de se especular no mercado internacional de câmbio.

Dentre os diversos tipos de estratégias possíveis para se utilizar o *carry trade*, Burnside, Eichenbaum e Rebelo (2008) propõem três diferentes. Eles descobrem que a

estratégia que envolve a criação de um portfólio com a mesma proporção de um grande número de moedas distintas é que gerou o maior retorno e índice de Sharpe estatisticamente diferente de zero e cerca de 50% maior do que um investimento não diversificado. Além disso, foi descoberto que a maior parte desse incremento no índice de Sharpe é resultado da redução da volatilidade ao invés de ser um aumento do excesso de retorno.

Sendo assim, a existência de violações da PDJ são largamente verificadas e devidamente exploradas nos mercados há décadas. Entretanto, poucos foram os trabalhos que tentaram testar se de fato existe um excesso de retorno nas atividades de *carry trade* que seja economicamente significante. Se esses excessos de retorno não conseguirem ser verificados empiricamente, a relevância econômica dos desvios da PDJ se esvai (PILBEAM e OLMO, 2009, p. 234). O trabalho de Pilbeam e Olmo (2009) procura testar se, de fato, existem excessos de retorno para *carry trades* entre a libra e o yen, o euro e o dólar utilizando como ativo livre de risco o título de dívida do Reino Unido. Eles encontram evidências de que somente existiria excesso de retorno para o par dólar americano e libra, o que implica que os outros mercados podem ser considerados mais eficientes. Entretanto, Burnside, Eichenbaum e Rebelo (2008) encontraram índices de Sharpe diferentes de zero em algumas estratégias de *carry trade*, o que implica em excessos de retorno positivos. A diferença pode estar ligada ao fato de que no trabalho desses autores são utilizados portfólios compostos por um grande número de moedas, o que deveria mesmo trazer melhores resultados devido aos ganhos com a diversificação. No entanto, ambos os trabalhos pecam, porém, em utilizar dados somente de países desenvolvidos. Grandes países em desenvolvimento, como Argentina, Brasil, Chile e México também possuem, ao longo dos anos, um grande diferencial de juros em relação aos países desenvolvidos e têm suas moedas utilizadas em estratégias de *carry trade* ainda que em volumes não tão expressivos quanto os dos principais pares de moedas. O trabalho de Pojarliev (2005) procura justamente incluir algumas moedas de países emergentes na análise de rentabilidade das principais estratégias de investimento no mercado de moedas no período de 2001 a 2004 chegando a resultados bastante interessantes. Dentre os diversos tipos de portfólios estruturados pelo autor, o que apresentou os melhores resultados em termos de risco e retorno foi o que continha também uma parcela de moedas de países emergentes, evidenciando os ganhos da diversificação. O autor também destaca que, embora os países emergentes tenham, em média, taxas de juros maiores do que os países desenvolvidos a estratégia de *carry trade* foi menos lucrativa para o primeiro grupo. Por outro lado, a estratégia de *trend-following* é mais lucrativa para as moedas "exóticas" do que para as outras, o que sugere mercados menos eficientes segundo ele. Muita coisa mudou desde 2004 e com a

crise prolongada nos países desenvolvidos que se arrasta desde 2008, será interessante notar se essas descobertas continuarão válidas para um horizonte de tempo ainda maior e com mudanças importantes nos fundamentos macroeconômicos dos países centrais.

Dado que o risco primordial em uma estratégia de *carry trade* é a súbita desvalorização da moeda em posição comprada, um aumento da volatilidade deverá ter impactos sobre a lucratividade da operação. Em geral, uma percepção maior de risco leva grande parte dos investidores para os chamados *safe havens*, como o dólar americano e o franco suíço. Como essas também têm sido grandes *funding currencies* nos últimos anos, um aumento do risco deveria causar grandes prejuízos aos gestores de fundos cambiais que se utilizam da estratégia de *carry*. O *Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index* (*VIX*) representa a volatilidade implícita nas opções do índice S&P 500 e é largamente utilizado como uma *proxy* para a aversão ao risco dos investidores (BURNSIDE, 2008, p. 8). É comum que quando o VIX suba, as estratégias de *carry trade* apresentem retornos negativos (BRUNNERMEIER, NAGEL e PEDERSEN, 2009, p. 317), de modo que é interessante notar se existem diferenças no impacto do VIX sobre *carry trades* de países desenvolvidos, emergentes e em um portfólio diversificado que una esses dois grupos.

3. METODOLOGIA

Esta terceira seção é divida em duas outras a fim de proporcionar melhores informações acerca da análise econométrica a ser realizada. A seção 3.1 se destina a promover um melhor detalhamento sobre os dados coletados. A seção 3.2 irá demonstrar os modelos propostos para se tentar obter resultados que tragam conclusões acerca do tema aqui estudado.

3.1. Dados

Para realizar este estudo serão utilizados coletados dados mensais referentes às taxas de câmbio à vista (*spot*) e futura dos seguintes países em relação ao dólar: Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, Chile, Japão, México, Nova Zelândia, Reino Unido e Suíça. As taxas de câmbio estão definidas como unidade de moeda estrangeira por unidade de dólar americano. Além disso, será coletada a taxa interbancária de um mês para todos os países já mencionados e para os Estados Unidos. A escolha por esse grupo de países se deu pela escolha de se tentar encontrar indícios de ganhos anormais com estratégias de *carry trade*

com a utilização das moedas tradicionais e também das moedas "exóticas", de alguns dos principais países em desenvolvimento. Além disso, foi coletado também o índice VIX diário do qual será calculado o retorno mensal para fins da análise a ser feita. Os dados vão de janeiro de 1999 até março de 2011 e foram coletados no Datastream.

3.2. Métodos Econométricos

3.2.1. Teste de Validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros

Para realizar os testes de validação ou não da PDJ, será utilizado o método descrito em Pilbeam e Olmo (2009). O ponto de partida é a Paridade Coberta de Juros (PCJ), que ao contrário da PDJ, já foi comprovada empiricamente por Sarno, Valente e Leon (2006) entre outros autores. A PCJ é dada pela seguinte equação:

$$F_t = \frac{(1 + i_t^*)S_t}{(1 + i_t)} \tag{1}$$

em que i_t é a taxa de juros do país doméstico (nesse caso, para os Estados Unidos), i_t^* é a taxa de juros do país estrangeiro, S_t é a taxa de câmbio *spot* medida em moeda estrangeira por unidade de dólar e F_t representa a taxa de câmbio futura medida em moeda estrangeira por unidade de dólar. Todas as variáveis estão no instante t. Reorganizando a equação e aplicando logaritmos temos que:

$$\frac{F_t}{S_t} = \frac{(1 + {i_t}^*)}{(1 + i_t)}$$

$$f_t - s_t = i_t^* - i_t \tag{2}$$

sendo que f_t e s_t são, respectivamente, o logaritmo natural das taxas de câmbio futura e spot no instante t. Na presença de expectativas racionais, mobilidade perfeita de capitais, neutralidade de risco, ausência de custos de transação e utilizando uma expansão de Taylor de primeira ordem (PILBEAM e OLMO, 2009, p. 235) temos que:

$$E(S_{t+1}) = F_t \quad \leftrightarrow \quad E(s_{t+1}) = f_t \tag{3}$$

Assim, podemos identificar a paridade descoberta de juros como sendo:

$$E(s_{t+1}) - s_t = i_t^* - i_t \tag{4}$$

em que $E(s_{t+1}) - s_t$ é a taxa de depreciação esperada da moeda. Novamente por expectativas racionais temos que:

$$s_{t+1} = E(s_{t+1}) + \varepsilon_{t+1} \tag{5}$$

em que ε_{t+1} é um erro aleatório de média zero. Substituindo (4) em (5) e utilizando a equação (2) temos que:

$$\Delta s_{t+1} = \alpha + \beta(f_t - s_t) + \varepsilon_{t+1} \tag{6}$$

em que $\Delta s_{t+1} = s_{t+1} - s_t$. Para que a Paridade Descoberta da Taxa de Juros valha, então, devemos ter um α igual a zero e um β igual a 1. As atividades de *carry trade* são motivadas por desvios da PDJ, mas não necessariamente na estimativa precisa de β, mas sim porque as moedas de juros mais altos, que estão no chamado *forward premium*, não tendem a depreciar como deveriam de acordo com a paridade (BURSIDE, 2008, p.1).

3.2.2 Testes de Excesso de Retorno

Confirmado o desvio na PDJ, o próximo passo será analisar o excesso de retorno das atividades de *carry trade* para cada uma das moedas e para três portfólios. O portfólio A será composto por todas as moedas em pesos iguais, o portfólio B composto somente por moedas de países desenvolvidos em pesos iguais e o portfólio C composto por moedas dos países latino-americanos também em pesos iguais. O motivo para a divisão entre países desenvolvidos e em desenvolvimento se deve ao fato de que a maioria dos trabalhos utiliza dados dos países desenvolvidos para realizar esse tipo de teste. Esses são, em geral, países de inflação e taxa de juros baixos enquanto os países latino-americanos têm taxa de juros e inflação maiores o que pode influenciar os resultados dos testes já descritos. O retorno do investimento em uma determinada moeda é dado pela seguinte fórmula:

$$RM_{t+1} = \frac{S_t}{S_{t+1}} (1 + i_t^*) \tag{7}$$

Assim, o retorno de cada um dos portfólios será igual a:

$$RP_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} RM_{t+1} \tag{8}$$

em que n representa o número de moedas inclusas no portfólio no instante t. Esse número varia, pois a série de dados para cada uma das moedas não começa no mesmo período. Dessa forma, o portfólio A, por exemplo, será composto por moedas diferentes dependendo de qual for o período. Entretanto, a partir de junho de 2003 existem dados disponíveis para todos os países. Para verificar excessos de retorno de cada um dos portfólios será usado um teste simples, descrito em Pilbeam e Olmo (2009) e mostrado abaixo:

$$RP_{t+1} - RF_{t+1} = \gamma + \varepsilon_{t+1} \tag{9}$$

em que

$$RF_{t+1} = 1 + i_t \tag{10}$$

Como na seção anterior, a variável i_t representa a taxa de retorno do título de dívida americano que será utilizado como ativo livre de risco. Portanto, para que haja evidências de excesso de retorno positivo, o parâmetro γ deverá ser estatisticamente maior que zero e ε_{t+1} deve ser um erro aleatório de média zero.

Utilizando a metodologia acima, será calculado o excesso de retorno para cada um dos portfólios e para todos os pares de moedas para o período entre novembro de 1989 e março de 2011, dependendo da disponibilidade de dados para cada um dos casos. O portfólio A será composto mês a mês pelas moedas de todos os países disponíveis até a data. O portfólio B será composto mês a mês por moedas oriundas apenas dos países desenvolvidos da amostra: Austrália, Canadá, Japão, Nova Zelândia, Reino Unido e Suíça. O portfólio C será composto mês a mês por moedas apenas dos países em desenvolvimento da amostra: Argentina, Brasil,

Chile e México. Como fica evidenciado em (8), o peso de cada uma das moedas será mantido constante em cada um dos portfólios. O motivo para essa escolha na composição dos portfólios se dá pelo fato de que Burnside, Eichenbaum e Rebelo (2008) encontraram um índice de Sharpe maior num portfólio bem diversificado e com o mesmo peso para cada moeda do que utilizando a estratégia chamada *high-low carry trade*. Essa estratégia tem como base utilizar no instante t apenas o par de moedas com o maior diferencial de juros.

3.2.3 Testes de Impacto do índice VIX na rentabilidade do *carry trade*

O último teste a ser realizado neste trabalho deverá ser capaz de identificar a relação entre uma medida de risco muito utilizada no mercado, o índice de volatilidade implícita VIX, e os retornos do *carry trade*. Como já mencionado, o *carry trade* é uma estratégia arriscada que pode proporcionar grandes prejuízos para os investidores, de modo que a existência de uma variável que possa ser capaz de ser usada para minimizar a exposição de um fundo ao risco de uma mudança brusca na taxa de câmbio pode ser de grande ajuda para os fundos cambiais. Assim sendo, o modelo a ser testado nesta etapa será:

$$RP_{t+1} - RF_{t+1} = \vartheta + VIX_t + \varepsilon_{t+1} \tag{11}$$

em que RP_t é o retorno de cada portfólio e VIX_t é o valor do índice no instante t. Espera-se que haja uma correlação positiva entre o retorno do *carry trade* no presente e o índice VIX no instante anterior. Isso porque quanto maior for esse índice, maior será a chance de que ele seja menor no mês seguinte. Uma diminuição no valor do índice indica uma menor aversão ao risco o que deverá elevar o preço das moedas frente ao dólar americano. Isso porque uma redução da aversão ao risco deverá tornar os investidores mais propensos a adquirir ativos denominados em outras moedas que não o dólar americano, largamente considerado o "porto seguro" em tempos de crise. Essa hipótese implica que é a *variação* do VIX que deverá ter efeito sobre o retorno e não seu nível. Para testar essa hipótese, será feito também o seguinte teste:

$$RP_{t+1} - RF_{t+1} = \tau + RVIX_{t+1} + \varepsilon_{t+1} \tag{12}$$

$$RVIX_{t+1} = \frac{VIX_{t+1}}{VIX_t} - 1 \tag{13}$$

Assim, será possível verificar se, de fato, uma redução na aversão ao risco deverá causar um efeito de valorização nas moedas dos países analisados, aumentando a rentabilidade do *carry trade*.

4. TESTES ECONOMÉTRICOS

Nesta seção serão realizados os testes descritos na seção anterior. Na seção 4.1 será testada a validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros. Em seguida, na seção 4.2, será verificada a existência de excessos de retorno para as estratégias de *carry trade*. Isso significa testar se existe um impacto econômico significante no caso de haver realmente um desvio na PDJ. Por último, na seção 4.3, será estimado o impacto do índice VIX no excesso de retorno para estratégias de *carry trade*. Se o índice servir como uma boa *proxy* para a versão ao risco dos investidores, então se espera que tenha um impacto significante sobre os retornos.

4.1. Teste de Validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros

O primeiro teste a ser realizado deverá contemplar a existência ou não da possibilidade de desvios da Paridade Descoberta da Taxa de Juros, conforme ficou explicitado na seção 3.2.1. A princípio, esses desvios permitem que existam ganhos com a estratégia de *carry trade* uma vez que as moedas de taxa de juros mais altas se apreciariam em relação às de taxa de juros mais baixas, indo contra a PDJ. Os resultados obtidos nesta estimativa, de fato, confirmam que a paridade não é válida para os países e prazos analisados. Dessa forma, os resultados da Tabela 1 são obtidos por meio da equação (6) e estão alinhados com o que já existe na literatura.

Os valores estimados para o alfa não são significantes para um nível de 5% para nenhum dos casos. Este resultado, de fato, deveria ser esperado caso a PDJ fosse realmente válida, já que o valor de alfa deveria ser zero. Por outro lado, os valores de beta deveriam ser estatisticamente iguais a 1 para que a paridade fosse respeitada, o que não parece ser o caso para essa amostra de países. Os valores de beta são significantes para o peso argentino e o iene japonês apenas. Ainda assim, para nenhum dos dois casos o beta tem valor unitário, de modo que a PDJ também não é válida para esses pares de moedas. Esse resultado já era amplamente esperado dado o que já existe na literatura a respeito deste tema, como ficou explicitado no trabalho de Pilbeam e Olmo (2009) entre outros já citados na seção 2 deste

trabalho. Ainda assim, é importante novamente salientar a importância de resultados como esse para a indústria de fundos que participam ativamente do mercado cambial em todo o mundo, já que fundamenta empiricamente uma estratégia bastante utilizada para se aumentar o alfa das carteiras.

Tabela 1 – Validação da Paridade Descoberta da Taxa de Juros

	α	P-valor (α)	β	P-valor (β)	Desvio – padrão (β)	R^2
Argentina	0,0017	0,2132	0,2709	0,0002	0,0684	0,1624
Austrália	0,0032	0,3389	-2,4136	0,1003	1,4633	0,0109
Brasil	-0,0036	0,6037	-0,4379	0,5094	0,6607	0.0054
Canadá	-0,0005	0,7317	-0,5663	0,5843	1,0336	0,0012
Chile	-0,0028	0,5013	0,4678	0,7082	1,2454	0,0017
Japão	0,0295	0,0548	-0,0003	0,0353	0,0001	0,0178
México	0,0051	0,1099	-0,3515	0,2686	0,3167	0,0073
Nova Zelândia	-0,0007	0,8650	-0,0924	0,9516	1,5197	0,00002
Reino Unido	-0,0013	0,6047	1,0713	0,3461	1,1348	0,0036
Suíça	-0,0031	0,2095	-1,1851	0,2797	1,0939	0,0047

4.2. Testes de Excesso de Retorno

Foi visto na seção anterior que realmente não foi possível verificar empiricamente a validade da PDJ, conforme já está vastamente relatado na literatura. Nesta seção, o objetivo é ir além e descobrir se esse desvio realmente se traduz em ganhos por parte dos investidores que exploram as atividades de *carry trade*. Dessa forma, os próximos testes empíricos tentarão descobrir se existe excesso de retorno estatisticamente diferente de zero para cada par de moedas e para três portfólios distintos. O portfólio A é o que apresenta o maior grau de diversificação e será composto por todas as moedas da amostra. O objetivo é tentar verificar se existe algum ganho estatisticamente significante em se ter um portfólio composto por investimentos em ativos denominados nas moedas conversíveis tradicionais e também com moedas exóticas. O portfólio B será formado apenas por moedas dos países desenvolvidos e o portfólio C apenas por países emergentes. Nesse caso, o objetivo é verificar se o *carry trade* deve ser uma estratégia destinada unicamente aos países desenvolvidos ou se um portfólio de moedas tradicionais também deverá apresentar retornos excessivos maiores que zero e estatisticamente significantes. É importante ressaltar que, para o iene japonês e o franco suíço, o dólar deixa de ser uma *funding currency* para se tornar, na maioria das vezes, uma *investing currency* já que tanto o Japão quanto a Suíça apresentaram taxas de juros menores que a

americana por grande parte do período analisado. Para que os erros tivessem um comportamento do tipo ruído branco, foi necessário utilizar também um modelo do tipo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*) para volatilidade condicional. Esta foi a mesma metodologia utilizada por Pilbeam e Olmo (2009) em seu recente trabalho. Entretanto, ainda assim os erros não puderam ser diagnosticados como sendo do tipo ruído branco o que pode por em cheque a veracidade dos resultados obtidos acima. Para tornar os erros mais bem comportados foi preciso incluir variáveis auto-regressivas e de médias móveis para o caso da Argentina e da Nova Zelândia. Desse jeito, o modelo estimado fica sendo representado pelo conjunto de equações (14) de um modelo geral ARMA (p,q) - GARCH (m,n):

$$ER_t = RP_t - RF_t$$

$$ER_t = \varphi_0 + \varphi_1 ER_{t-1} + \varphi_2 ER_{t-2} + \ldots + \varphi_n ER_{t-n} + \theta_1 e_{t-1} + \theta_2 e_{t-2} + \ldots + \theta_n e_{t-n} + a_t$$

$$a_t = \sigma_t \epsilon_t \qquad (14)$$

$$\sigma^2{}_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{m} (\delta_i a^2{}_{t-1}) + \sum_{j=1}^{n} (\beta_j \sigma^2{}_{t-1})$$

O resultado para cada uma das estratégias, derivado do conjunto de equações (14), está descrito na Tabela 2.

Os únicos países cujo excesso de retorno é estatisticamente diferente de zero nessa amostra são Brasil e México, para um nível se significância de 5%. Para todos os outros a análise indica que, na média, os desvios da Paridade Descoberta da Taxa de Juros não se traduzem em excesso de retorno para os investidores que decidam tirar proveito do diferencial de juros entre dois países. Esse é um resultado que vai justamente contra a conclusão obtida na seção anterior, indicando que não existe relevância econômica do desvio da Paridade Descoberta da Taxa de Juros para a *maioria* dos casos. No entanto, é notável que para o caso mexicano e brasileiro isso não seja verdade e que, na verdade, exista relevância econômica no desvio da PDJ. Este resultado pode ser fruto da ineficiência desses mercados, como sugere Pojarliev (2005). Mas é difícil acreditar que os mercados argentino e chileno sejam tão mais

eficientes do que os de Brasil e México. O fato é que o diferencial de juros desses dois últimos em relação aos juros americanos é geralmente mais alto de modo que suam moedas precisariam se depreciar muito mais para anular essa diferença mais elevada, o que não ocorreu com freqüência no período analisado.

Tabela 2 – Teste de Presença de Excesso de Retorno

	φ_0	P - valor	AR(3)	MA(9)	Desvio - padrão	IR
Argentina	0,0005	0,4147		-0,2757	0,1470	0,1664
Austrália	0,0051	0,1027			0,1343	0,5445
Brasil	0,0137	0,0005			0,1926	0,6560
Canadá	0,0029	0,1636			0,0875	0,4881
Chile	0,0016	0,5439			0,1130	0,2030
Japão	0,0001	0,9519			0,0986	-0,0284
México	0,0068	0,0002			0,1342	0,4869
Nova Zelândia	0,0061	0,1295	0,1860		0,1013	0,5821
Reino Unido	0,0018	0,4477			0,0957	0,1375
Suíça	-0,0010	0,6925			0,1110	-0,0755
A	0,0041	0,0002			0,0630	0,6601
B	0,0034	0,0007			0,0586	0,5212
C	0,0066	0,0001			0,0932	0,6243

Também é interessante notar que existe um excesso de retorno estatisticamente significante para os três portfólios analisados. Como era de se esperar, o portfólio C apresentou o maior retorno entre eles devido ao maior diferencial de juros entre os países que compõem essa carteira. Entretanto, esse portfólio também possui a maior volatilidade uma vez que em tempos de aversão ao risco. As moedas dos países emergentes comumente são as que mais se depreciam à medida que os investidores vendem seus ativos denominados nessas moedas em maior volume do que vendem ativos denominados em iene ou libra esterlina, por exemplo. Isso induz em uma rápida e forte depreciação cambial, incorrendo em grandes perdas para quem tem exposição a essas moedas "exóticas". Por outro lado, o portfólio A que é o mais diversificado, apresentou a menor volatilidade entre os portfólios analisados. Para se ter uma idéia melhor de retorno ajustado ao risco, foi calculado também o Índice de Informação anualizado para cada portfólio correspondente à coluna "IR" da tabela 2. Ao se analisar este índice fica ainda mais claro o benefício da diversificação para esse tipo de investimento, uma vez que o maior índice de informação dentre as propostas de investimento analisadas é justamente o do portfólio A, que é o mais diversificado. Esse resultado reafirma o

que já foi relatado por Pojarliev (2005) e Burnside, Eichenbaum e Rebelo (2008), que descobriram evidências de que, em média, portfólios altamente diversificados têm melhores resultados em termos de retorno ajustado pelo risco. Isso significa que embora países como Brasil, Nova Zelândia e Austrália tenham tido altos índices de informação relativos aos de outros países, a união em um único portfólio permitiu uma redução importante da volatilidade de modo que o retorno por unidade de risco aumentou. Assim, os gestores de moedas deveriam dar grande peso à diversificação na composição de seus portfólios.

4.3. Testes de Impacto do índice VIX na rentabilidade do *carry trade*

Como já mencionado anteriormente, alguns trabalhos tem relacionado o aumento da percepção de risco com o retorno obtido com o *carry trade*. Assim, foi estimado nessa seção o modelo (11) que permitirá estimar o impacto do índice VIX no retorno das estratégias estudadas neste trabalho. Uma relação significante entre o índice e os excessos de retornos dos portfólios implica em possibilidades de mitigação dos riscos de um fundo com investimentos em moedas. Neste teste, para que os erros apresentassem um comportamento do tipo ruído branco, foi preciso utilizar novamente um modelo do tipo GARCH. Dessa forma, chegou-se aos seguintes resultados mostrados na Tabela 3 derivados das equações (11) e (12):

Tabela 3 – Impacto do VIX nos Retornos de *Carry Trade*

	VIX_{t-1}	P-valor	τ	$RVIX_{t-1}$	P-valor	R^2
A	0,0002	0,0002	0,0053	-0,0346	0,0000	0,3530
B	0,0002	0,0023	0,0040	-0,0283	0,0000	0,2432
C	0,0004	0,0000	0,0076	-0,0388	0,0000	0,2691

Os valores para a média referente à equação (11) não foram significantes, nesse caso, para explicar os excessos de retorno. Os resultados da tabela mostram que existe uma relação positiva entre o retorno de um investimento do tipo *carry trade* e o índice VIX no instante anterior. Ao mesmo tempo, existe uma relação negativa entre o retorno do *carry trade* e o retorno do índice VIX no mesmo instante. Isso indica que o que, de fato, afeta o retorno é a *variação* do índice, ou ainda, a mudança da aversão ao risco dos investidores. Quando maior for o índice no instante anterior, maior é a probabilidade de que ele seja menor no mês seguinte. Uma redução no índice é uma *proxy* para uma redução na aversão ao risco dos

investidores, que estarão mais propensos a deter ativos denominados em outras moedas que não o dólar. Isso explica o porquê da relação positiva entre o índice defasado de um período e o retorno presente do *carry trade*. O que dá fundamentação a essa explicação é o resultado do segundo teste que indica uma relação negativa entre os retornos e a variação do VIX para o mesmo período, resultado que já tinha sido atingido por Brunnermeier, Nagel e Pedersen (2009). Além disso, o impacto da variação do VIX sobre o retorno é mais relevante do que o do nível do índice defasado. É bastante interessante que esses resultados são verdade para qualquer tipo de portfólio, seja ele composto pelas moedas mais líquidas e negociadas no mundo, ou para as chamas "exóticas" dos países emergentes. Ainda assim, o impacto negativo de um aumento do VIX é sensivelmente maior para um portfólio composto somente de moedas exóticas do que para um portfólio composto por moedas de países desenvolvidos. A explicação para esse fenômeno se dá pela propensão maior dos investidores de se desfazerem de ativos denominados em moedas exóticas do que das moedas conversíveis. A importância dessa relação para a indústria de fundos de investimento se traduz em um novo mecanismo de proteção contra possíveis reversões cambiais muito fortes que possam induzir em perdas volumosas. Por exemplo, um investidor com uma posição comprada em um portfólio de moedas de países com taxas de juros maiores do que a dos Estados Unidos poderia mitigar seu risco ficando comprado no índice VIX. Assim, uma disparada na aversão ao risco que deverá gerar perdas no portfólio poderia ser compensada pelo ganho com a posição no índice.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho contribuíram para corroborar com o que já existe na literatura acerca da validação empírica da Paridade Descoberta da Taxa de Juros. Constatou-se na seção 4.1 que a PDJ não pôde ser considerada estatisticamente válida para nenhum dos casos analisados. Os trabalhos de Fama (1984) e outros autores mostram que esse é um resultado é amplamente relatado na literatura há algumas décadas. Ainda assim, esse resultado continua sendo relevante para milhares de gestores de fundos que desejam se aproveitar desse desvio da PDJ para superar seus *benchmarks* e proporcionar melhores retornos aos seus cotistas. Tendo como base o trabalho de Pilbeam e Olmo (2009) foi testado se a modalidade mais tradicional de *carry trade* realmente se traduz em excessos de retornos positivos e significantes para os investidores. Essa é a modalidade que gera os melhores retornos segundo o trabalho de Pojarliev (2009). Aqui, como em Pilbeam e Olmo (2009), descobriu-se que na maioria dos casos isso não é verdade. No entanto, no trabalho desses

autores foram utilizados somente alguns poucos pares de moedas ditas como conversíveis. Aqui foi acrescentado também moedas de países em desenvolvimento e portfólios hipotéticos a fim de verificar a existência de benefícios com a diversificação bem como avaliar se o *carry trade* deveria mesmo ser estendido a moedas tidas como exóticas. Os resultados obtidos apontam que, sim, vale a pena diversificar o portfólio para moedas de países emergentes já que o excesso de retorno do portfólio A é estatisticamente significante e positivo e seu índice de informação é o maior dentre a amostra. Na realidade, a melhor estratégia não é sequer apostar nos países com maior diferencial de juros (em geral, os emergentes) e nem somente nos países desenvolvidos, mas sim em um portfólio amplamente diversificado a fim de maximizar o retorno ajustado pelo risco e ter um retorno médio positivo e estatisticamente significante.

Por último, foi evidenciado aqui o que já havia sido relatado por Brunnermeier, Nagel e Pedersen (2009), ou seja, que quando o VIX tem uma variação positiva, as estratégias de *carry trade* apresentam retornos menores. Além disso, foi descoberto também que esse impacto difere para cada grupo de países, já que é sensivelmente maior para os emergentes. Assim, investidores que queiram se aproveitar do maior diferencial de juros desses países, mas impondo um limite em suas perdas podem tomar posições compradas no índice VIX. Dado o tamanho da perda que é possível se ter com as estratégias de *carry trade* em caso de uma depreciação brusca da moeda investida, é bastante relevante a presença de um mecanismo de mitigação de riscos para investidores que buscam obter ganhos nesse mercado. Além disso, foi descoberto que o índice VIX defasado de um período consegue ser um bom previsor dos retornos de *carry trade* no período seguinte tanto no caso de países emergentes quanto para os desenvolvidos e para um portfólio contendo os dois grupos de países. Isso torna o índice um aliado potencialmente importante na formulação de estratégias de investimentos e proteção de carteiras.

As pesquisas sobre esse tema ainda precisam avançar bastante no sentido de descobrir o porquê da possibilidade de haver desvios da PDJ. A partir do momento em que se chegar a um consenso sobre o real motivo de a paridade não ser válida em diversas ocasiões, como mostrado neste trabalho, poderão se desenvolver novas metodologias para se maximizar os ganhos com esse tipo de estratégia. Isso deverá requerer um conhecimento ainda mais profundo dos mecanismos de funcionamento do mercado cambial internacional. Enquanto isso, os investidores deverão continuar a utilizar o *carry trade* como estratégia primordial para especulação neste mercado.

6. BIBLIOGRAFIA

BIS (Bank for International Settlements), Triennial Central Bank Survey: Report on global foreign exchange market activity in 2010. Disponível em <http://www.bis.org/publ/rpfxf10t.pdf>. Acesso em 01 de novembro de 2011.

BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia**. 4ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 602 p.

BRUNNERMEIER, Markus K.; NAGEL, Stefan; PEDERSEN, Lasse H. Carry Trades and Currency Crashes. **National Bureau of Econimic Research**, 2009.

BURNSIDE, Craig. Carry Trades and Currency Crashes: A Comment. **National Bureau of Economic Research**, 2008.

BURNSIDE, Craig; EICHENBAUM, Martin; REBELO, Sergio. Carry Trade: The Gains of Diversification. **Journal of the European Economic Association**, 2008, 6(2-3):581-588

ENGEL, Charles. The Forward discount anomaly and the risk premium: a survey of recent evidence. **Journal of Empirirical Finance**, 1996, 3:123–192

FAMA, Eudine F. Forward and Spot Exchange Rates. **Journal of Monetary Economics**, 1984, 14:319–38

LEBARON, Blake. Technical Trading Rule Profitability and Foreign Exchange Intervention. **Journal of International Economics**, vol. 49, pp. 125-143, 1999

LEVICH, Richard; THOMAS, Lee. The Significance of Technical Trading-Rule Profits in the Foreign Exchange Market: A Bootstrap Approach. **Journal of International Money and Finance**, vol. 12, pp. 451-474, 1993

LUSTIG, Hanno; ROUSSANOV, Nick; VERDELHAN, Adrien. Common Risk Factors in Currency Markets. **National Bureau of Economic Research,** 2008, disponível em < http://www.nber.org/papers/w14082.pdf>

MEESE, Richard; ROGOFF, Kenneth. Empirical Exchange Rate Models of the Seventies: Do They Fit Out of Sample? **Journal of International Economics**, vol. 14, pp. 3-24, 1983

POJARLIEV, Momtchil. Performance of Currency Trading Strategies in Developed and Emerging Markets: Some Striking Diffrences. **Financial Markets and Portfolio Management**, 19: 297-311, 2005

POJARLIEV, Momtchil. Trading the Forward Rate Puzzle. **The Journal of Alternative Investments**, Vol. 11, No. 3: pp. 29-36, 2009

PILBEAM, Keith; OLMO, Jose. The profitability of carry trades. **Annals of Finance**, 2009, disponível em < http://www.springerlink.com/content/x574426027374p1w/>

OKUNEV, John; WHITE, Derek. Do Momentum Based Strategies Still Work In Foreign Currency Markets? **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, vol. 38, pp. 425-447, 2003

OLSON, Dennis. Have Trading Rule Profits in the Currency Markets Declined Through Time? **Journal of Banking and Finance**, vol. 28, pp. 85-105, 2007

PUKTHUANTHONG, Kuntara; LEVICH, Richard; THOMAS, Lee. Do Foreign Exchange Markets Still Trend? **Journal of Portfolio Management**, vol. 34, pp. 114-128, 2007

SARNO, Lucio; VALENTE, Giorgio; LEON, Hyginos. Nonlinearity in deviations from uncovered interest parity: an explanation of the forward bias puzzle. **Review of Finance**, v.3, p. 1–40, 2006

SCHULMEISTER, Stephan. Components of the Profitability of Technical Currency Trading. **Austrian Institute of Economic Research Working Paper**, 2005

SZAKMARY, Andrew; MARTHUR, Ike. Central Bank Intervention and Trading Rule Profits in Foreign Exchange Markets. **Journal of International Money and Finance**, v. 16, pp. 513-535, 1997