

THATIANE CELIA MIYAHIRA COLETTI

CONSTRUÇÃO DE FATORES DE RISCO PARA FUTUROS
OFFSHORES: S&P 500 E EUR/USD – UMA ANALOGIA COM OS
FUTUROS BRASILEIROS: IBOVESPA E USD/BRL

São Paulo

2013

THATIANE CELIA MIYAHIRA COLETTI

CONSTRUÇÃO DE FATORES DE RISCO PARA FUTUROS
OFFSHORES: S&P 500 E EUR/USD – UMA ANALOGIA COM OS
FUTUROS BRASILEIROS: IBOVESPA E USD/BRL

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do MBA em Engenharia
Financeira

São Paulo

2013

THATIANE CELIA MIYAHIRA COLETTI

CONSTRUÇÃO DE FATORES DE RISCO PARA FUTUROS
OFFSHORES: S&P 500 E EUR/USD – UMA ANALOGIA COM OS
FUTUROS BRASILEIROS: IBOVESPA E USD/BRL

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do MBA em Engenharia
Financeira

Área de concentração:
Engenharia Financeira

Orientador: Prof Doutor
Rodrigo de Barros Nabholz

São Paulo

2013

Dedico a minha monografia à minha família pelo apoio à minha carreira e ao meu marido, Lucas Coletti, pelas discussões que sempre agregam muito valor na minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Rodrigo de Barros Nabholz pelas sugestões nesse trabalho.

RESUMO

Essa monografia teve como objetivo estudar os fatores de risco dos futuros offshores de Standard and Poor's Index 500 e cambial EUR/USD FX da bolsa CME. Para facilitar a análise, comparamos com os futuros de Ibovespa e Dólar da BM&F.

Calculamos também os retornos e mostramos as semelhanças e diferenças entre os futuros americanos e brasileiros.

Palavras-chaves: Risco de mercado. Fatores de risco. Futuros de S&P. Futuro cambial.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the risk factors of Standard and Poor's 500 Index and EUR/USD FX offshore futures from CME Exchange. We compared these futures with Ibovespa and USD/BRL futures from BM&F to make the analysis easier.

We also calculated the returns and exposed the similarities and differences between American and Brazilian futures.

Keywords: Market risk. Risk factors. S&P Futures. FX futures

Sumário

1	INTRODUÇÃO	7
2	HISTÓRICO	9
2.1	Origem e evolução dos futuros	9
2.2	Futuros cambiais	10
2.3	Futuros de índices	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Conceitos de Economia.....	14
3.1.1	Introdução à taxa de juros americana (taxa pré).....	14
3.1.2	Introdução ao Cupom Cambial.....	17
3.2	Conceitos Matemáticos	18
3.2.1	Retornos.....	19
3.2.2	Interpolação.....	20
4	DESENVOLVIMENTO.....	24
4.1	Mapeamento e cálculo de retorno dos futuros de índices	24
4.1.1	Mapeamento do futuro de Ibovespa.....	24
4.1.2	Mapeamento do futuro de S&P 500	25
4.1.3	Cálculo do retorno do futuro de Ibovespa.....	27
4.1.4	Cálculo do retorno do futuro de S&P 500	29
4.2	Mapeamento e cálculo dos retornos dos futuros de moedas.....	31
4.2.1	Mapeamento do futuro de USD /BRL.....	31
4.2.2	Mapeamento do futuro de FX EUR /USD.....	32
4.2.3	Cálculo do retorno do futuro de dólar da BMF.....	33
4.2.4	Cálculo do retorno do futuro de EUR /USD.....	35
5	CONCLUSÃO	38
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	39

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a taxa de juros caiu para um patamar nunca visto no Brasil. Os investidores acostumados a receber uma remuneração da taxa na casa dos dois dígitos, viram-se diante de uma queda de mais de 40%, em menos de 2 anos, oscilando de 12,50%, em julho de 2011¹, para 7,25%, em abril de 2013².

A bolsa de valores, outra fonte de grande investimento em anos anteriores, operava em baixa. As ações, consideradas promissoras, passaram a ser vistas com desconfiança.

Os gestores de fundos, em busca de melhor rentabilidade, começaram a buscar alternativas que proporcionassem melhores retornos. Uma das respostas foi o investimento em produtos de outros países.

Muitos fundos brasileiros, que começaram a operar derivativos *offshores* (não negociados no Brasil), buscaram os Estados Unidos como primeira opção. Eles podem ter escolhido esse mercado pelo volume de negociação – existem participantes do mundo todo negociando os ativos – ou pela diversidade de derivativos que negociam: taxa de juros, índices de ações, moedas estrangeiras, energia, commodities agrícolas, imóveis e até clima.

Entretanto, os gestores de risco de mercado depararam-se com algumas dúvidas, os produtos já existentes no mercado interno deveriam ser tratados de forma diferente quando negociados em um país estrangeiro? Como analisar os fatores de risco no Brasil, quando o produto é comercializado no exterior?

As dúvidas dos operadores do mercado sobre os produtos negociados fora do Brasil e o aumento das negociações desses produtos foram os grandes motivadores dessa monografia.

Foram escolhidos para serem tratados nesse trabalho os futuros de Standard and Poor's 500 Index Stocks – devido ao seu volume de negociação e importância para o mercado global – e o futuro mais líquido de moedas da CME, o EUR/USD.

¹ Decisão do Copom sobre a taxa de juros do país, válido de 21/07/2011 até 31/08/2011, conforme publicação na página do Banco Central, www.bcb.gov.br

² Decisão do Copom sobre a taxa de juros do país, válido de 11/10/2012 até 17/04/2013 conforme publicação na página do Banco Central, www.bcb.gov.br

Para estudarmos as dúvidas dos players de mercado, vamos comparar no capítulo 4 os fatores de risco e o cálculo dos retornos dos futuros americanos com os brasileiros. O futuro de S&P 500 da CME será comparado com o futuro de Ibovespa³ da BM&F e o futuro de EUR /USD da CME com o USD /BRL⁴ da BM&F.

O restante do trabalho está organizado da seguinte maneira. No capítulo 2, contaremos como surgiram os contratos futuros, os futuros cambiais e os futuros de índice. No capítulo 3, faremos uma revisão dos conceitos de economia que serão utilizados: a taxa pré e o cupom cambial. Ainda nesse capítulo, revisaremos os conceitos de retorno e interpolação. No capítulo 4, discutiremos os mapeamentos dos fatores de risco e cálculo dos retornos dos futuros, conforme descrito no parágrafo anterior, sugerindo algumas fontes de dados para este cálculo. E no último capítulo, traremos as conclusões finais desse trabalho.

³ Futuro de índice mais negociado na bolsa brasileira

⁴ Futuro de moeda mais negociado na bolsa brasileira

2 HISTÓRICO

2.1 Origem e evolução dos futuros

A partir do século XII, surgiram os primeiros relatos sobre negociações com preços futuros, pois desde essa época já existia a preocupação com a variação do valor das commodities. Nos mercados locais, os agricultores notaram que quando iam negociar a sua produção, em época de safra, o preço caía. Mas, quando estavam entre safras, o preço aumentava.

Em 1840, Chicago enfrentou um problema igual a esse. A cidade estava se tornando o maior centro de transporte e distribuição de commodities agrícolas dos Estados Unidos. Sua localização central e o acesso aos Grandes Lagos deram uma importante vantagem sobre outras cidades. Fazendeiros de outras regiões colhiam seus grãos e vinham para a Chicago para vendê-los. Mas, a superprodução e a falta de estrutura para armazenamento dos grãos excedentes chegaram a fazer alguns fazendeiros jogar sua produção no lago Michigan por causa do baixo preço, pois não compensava transportar os grãos para outra cidade para vendê-los.

Diante dessa situação, em 1848, um grupo de negociantes formou e organizou o que seria conhecida como a CBOT (Chicago Board of Trade), possibilitando um acordo que autorizava a venda da safra antes da entrega. Em outras palavras, estes contratos permitiam que os fazendeiros pudessem colher os grãos e entregar algum tempo depois, com o preço já acordado. Essa transação permitiu que os fazendeiros pudessem segurar os grãos em estoques em cidades próximas a Chicago com a segurança do preço já definido.

Em 1855, o governo francês, que era um grande comprador de grãos, deixou a bolsa de Nova York e foi para Chicago, dando ainda mais importância para a CBOT.

No final da década de 50, os estoques das commodities ainda eram precários. Diferentes agricultores armazenavam grãos com qualidades distintas no mesmo galpão, com isso, os grãos podiam se misturar, prejudicando a qualidade inicial dos melhores grãos. Por isso, as mercadorias precisavam ser inspecionadas em muitos pontos durante o processo de venda, para ter a certeza da qualidade que diziam ter. Para melhor o processo, a CBOT estabeleceu um novo sistema de classificação de grãos, a partir daquele momento, os grãos eram classificados antes do

armazenamento e colocados nos seus respectivos silos. O vendedor recebia um recibo no qual constava a quantidade negociada e a qualidade do produto.

Embora, começasse a surgir às padronizações dos produtos, os primeiros contratos da CBOT não eram iguais aos contratos futuros como conhecemos hoje. As características eram de um contrato a termo ou como também é conhecido, forward.

Um contrato a termo é um acordo entre duas partes, na qual a compradora concorda em comprar da outra parte, o vendedor, um ativo (por exemplo: ações, títulos, moedas estrangeiras, commodities) ou um derivativo numa data futura a um preço determinado no começo do contrato.

Esse tipo de produto não tem uma clearing que garanta o pagamento da contraparte e não possui o contrato padronizado, visto que se as duas partes concordarem com os termos do contrato, o acordo está feito.

Para os negociantes zerarem o termo antecipadamente, eles devem buscar outra contraparte para assumir a posição estabelecida no primeiro contrato. O fato do contrato não ser padronizado faz com que esses negociantes tenham dificuldade de encontrar essa contraparte.

Essas limitações tornaram o produto incompleto. Assim, os termos que estavam sendo negociado na CBOT adquiriram outras características como: divulgação pública das negociações, ajustes diários e contratos padronizados, se tornando os futuros, como conhecemos hoje.

A partir de então, os futuros começaram a ser amplamente negociados não se restringindo a commodities. E hoje, os derivativos financeiros e de índice superam o volume de negociação das commodities.

2.2 Futuros cambiais

Os futuros cambiais foram estruturados somente após a 2ª Guerra Mundial.

O sistema monetário do período entre-guerras apontou a necessidade de ter um padrão internacional capaz de suportar a hegemonia que passou da Inglaterra para os Estados Unidos, os conflitos econômicos das políticas dos países que estavam

se reestruturando e a mobilidade de capital, não mais disciplinada pela dificuldade de convertibilidade.

Nessa busca pela nova referência, Carvalho (2004, p.51) citou:

Tratava-se de criar regras e instituições formais de ordenação de um sistema monetário internacional capaz de superar as enormes limitações que os sistemas então conhecidos, o padrão-ouro e o sistema de desvalorizações cambiais competitivas, haviam imposto não apenas ao comércio internacional, mas também à própria operação das economias domésticas.

A partir dessa necessidade, a mudança da referência cambial passou do ouro para o dólar.

Em 16 de Maio de 1972, uma nova divisão, Internacional Monetary Market, começou a funcionar na bolsa CME – Chicago Mercantile Exchange. Esta nova área tinha como objetivo supervisionar os novos produtos que seriam lançados: os futuros cambiais.

Essa modalidade de futuro foi desenvolvida por Leo Melamed e por Milton Friedman. Entretanto, a idéia não foi bem recebida. Nunca um futuro como este havia sido negociado antes.

Como cita (Veloso, 1998):

Melamed e Friedman previram que os dias de taxas fixas estavam por terminar, mas outros membros da comunidade financeira não concordavam, Além disso, sem taxas cambiais flutuantes, não havia interesse dos participantes em operar com contratos futuros, exceto daqueles que esperavam a valorização ou desvalorização de uma determinada moeda. O pessimismo de Melamed e Friedman, sobre a viabilidade da continuação do sistema de taxas cambiais estava correto. Os volumes negociados no IMM foram modestos no início, mas cresceram até atingir em 1992, uma média de 25.000 contratos/dia por moeda.

Hoje, os contratos futuros de FX de EUR/USD, por exemplo, possuem mais de 270 mil contratos em aberto. Sendo que a CME disponibiliza mais de 49 contratos futuros de moedas distintas para negociação.

Podemos verificar os principais futuros cambiais da CME na tabela 1.

Tabela 1 - Principais Futuros de Moeda para o 15 /11 /2015

Nome dos Futuros - CME	Volume (quantidade de contratos)	Volume (financeiro alavancado)
Euro FX Futures	146721	24.749.998.687,50
Japanese Yen Futures	102191	12.750.882.025,00
British Pound Futures	85399	8.599.679.300,00
Australian Dollar Futures	64727	6.051.974.500,00
Mexican Peso Futures	19673	756.426.850,00
Canadian Dollar Futures	39428	3.757.882.680,00
Russian Ruble Futures	115000	8.734.250.000,00
Swiss Franc Futures	23304	3.179.248.200,00
New Zealand Dollar Futures	8705	719.207.100,00
Brazilian Real Futures	91	3.908.450,00

Fonte: <http://www.cmegroup.com>

2.3 Futuros de índices

Os índices de ações são instrumentos que buscam medir a oscilação do mercado acionário. Eles são usados como benchmark desde o final do século XIX, quando ocorreu a primeira divulgação, que foi o índice Dow Jones.

Mas somente na década de 1980 os índices de ações passaram a ser objeto de negociação de contratos futuros. Esses contratos representaram uma das mais importantes inovações financeiras do período.

O primeiro contrato foi lançado em 1982, na bolsa Kansas City Board of Trade, e o objeto de negociação era o Value Line, um índice que abrangia 1650 ações. Entretanto, devido à falta de tradição na negociação desse índice, o volume de negociação até hoje é pequeno, quando comparado ao futuro de S&P 500 (lançado pela CME, em 28 de janeiro de 1983), o qual representa um dos maiores sucessos em termos de volume negociado na CME, conforme podemos verificar na tabela 2.

Tabela 2 - Principais Futuros de Índice para o 15 /11 /2015

Nome do Futuro - CME	Volume (quantidade de contratos)	Volume (financeiro alavancado)
E-mini S&P 500 Futures	1226789	110.058.308.162
E-mini NASDAQ 100 Futures	156493	10.696.296.550
E-mini Dow (\$5) Futures	98255	7.819.624.175
E-mini S&P MidCap 400 Futures	11259	1.473.352.740
Nikkei/USD Futures	11259	863.002.350

Fonte: <http://www.cmegroup.com>

Passados mais de 20 anos após o lançamento do primeiro contrato, os futuros de índices de ações ainda são muito negociados, tendo se transformado em uma ferramenta estratégica indispensável para a maior parte dos participantes do mercado financeiro. A maior parte dos índices objetos dos contratos futuros é largamente divulgada e tomada como verdadeiros indicadores dos respectivos mercados que representam. Alguns exemplos estão na Tabela 3.

Tabela 3 - Índice de ações e respectivos países

Índice	País
DAX 30, DJ EURO STOKK 50	Alemanha
Merval	Argentina
ATX	Austria
BEL20	Bélgica
Ibovespa, IBR-X	Brasil
Kospi200	Coreia
Dow Jones, Nasdaq 100, S&P 500	Estados Unidos
CAC 40	França
AEX	Holanda
Hang Seng	Hong Kong
FTSE 100, MSCI Euro	Inglaterra
ISEQ	Irlanda
Nikkei	Japão
PSI-20	Portugal

Fonte: BM&F – Bolsa de Mercadorias & Futuros

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Conceitos de Economia

Nessa seção, apresentaremos as duas principais variáveis de mercado para entendimento da construção dos futuros de S&P 500 e de EUR /USD.

Na subseção 3.1.1, traremos a taxa pré dos Estados Unidos, a mudança de referência da Libor para as Treasuries e a oportunidade de arbitragem.

Na subseção 3.1.2, teremos o conceito do cupom cambial e demonstraremos dentro de que intervalo o cupom cambial deve estar, para não termos arbitragem no mercado.

3.1.1 Introdução à taxa de juros americana (taxa pré)

Um dos elementos mais importantes para o cálculo dos futuros é a estimação da estrutura a termo da taxa de juros prefixada.

No Brasil, a referência para marcação dos títulos prefixados é o futuro de DI (depósito interfinanceiro de 1 dia).

Antes de 2007, os derivativos americanos também utilizavam a taxa de referência diária calculada com base nas taxas de juros oferecidas por instituições ranqueadas como AA, LIBOR - London Interbank Offered Rate - como uma referência para a taxa de juros dos Estados Unidos.

O uso da LIBOR para derivativos diminuiu com a crise de crédito, que começou em meados de 2007. Os bancos tornaram-se cada vez mais relutantes em emprestar uns aos outros, por causa da preocupação com a qualidade de crédito.

Como resultado, a cotação da taxa Libor começou a subir. Historicamente, o TED (o diferencial entre as taxas do Tesouro dos EUA e a taxa LIBOR) era inferior a 50 basis points. Mas, entre outubro de 2007 e maio de 2009, dificilmente ficou abaixo de 100 basis points e chegou a atingir um pico de mais de 450 basis points em outubro de 2008.

Além disso, em Junho de 2012, a CFTC (Commodity Futures Trading Commission), o Departamento de Justiça dos Estados Unidos e a FSA (Financial Services

Authority) no Reino Unido provaram que a taxa Libor tinha sido manipulada pelas instituições bancárias.

A forma como a LIBOR é estabelecida hoje está longe de ser transparente, sendo as próprias entidades bancárias responsáveis pelo fornecimento de dados, através do preenchimento de um formulário.

A falta de clareza e confiança nas informações fizeram com que muitos players deixassem de considerar a taxa Libor como referência para a taxa pré americana.

A busca por títulos considerados seguros e líquidos apontaram as *Treasuries* (títulos do Governo Americano) como outra *proxy* para a taxa pré.

E é essa taxa do Governo Americano que vamos utilizar nesse trabalho como uma referência para a taxa de juros americana (taxa pré) .

Títulos Pré-fixados do Tesouro Americano

Treasury Bills ou *T-Bills* são títulos com vencimento em um ano ou menos. Além disso, são *zero coupon*, eles não pagam juros até o vencimento.

As *T-Bills* são normalmente emitidas com prazo de vencimento de 28 dias (ou 4 semanas, cerca de um mês), 91 dias (ou 13 semanas, cerca de 3 meses), 182 dias (ou 26 semanas, cerca de 6 meses), e 364 dias (ou 52 semanas, cerca de 1 ano).

Títulos do Tesouro são vendidos por leilões realizados semanalmente. Desde 7 de abril de 2008, o valor mínimo de compra é de US\$ 100 (este montante era de US\$ 1.000.) As recompras também ocorrem semanalmente.

Assim como podemos calcular uma *yield* para os títulos públicos brasileiros, também podemos calcular para os títulos norte-americanos. A equação 1 demonstra esse cálculo:

$$Y = (FV - PU) \times \frac{360}{n} \times 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$Y = yield$

FV = valor de face

PU = preço de compra

n = número dias de hoje ao vencimento

Muitos investidores consideram este título do Tesouro como o investimento com o menor risco disponível para o mercado norte-americano.

Treasury Notes ou *T-Notes* são títulos com vencimento entre 2 e 10 anos, têm um pagamento de cupom a cada seis meses e também são negociados a partir de US\$ 100.

O pagamento do cupom é parecido com a NTN-F (Notas do Tesouro Nacional – série F), com a diferença que os juros são simples e em base 360, enquanto o título brasileiro possui juros compostos e em base 252.

A *T-Note* tornou-se referência quando se discute o desempenho do mercado de títulos do governo dos EUA, e é utilizada para transmitir ao mercado as expectativas macroeconômicas de longo prazo.

Treasury Bonds ou *T-Bonds* são títulos que possuem o vencimento mais longo, costumam ser emitidos com prazo de 30 anos. Eles têm um pagamento de cupom a cada seis meses, como os *T-Notes*.

O mercado secundário é de alta liquidez, de modo que são comumente usados como uma proxy para as taxas de juros de longo prazo.

Entretanto, nem sempre foi assim. No final de 1990, as *Treasuries* de 10 anos começaram a substituir as *Treasuries* de 30 anos.

De 18 de fevereiro de 2002 a 09 de fevereiro de 2006, o governo federal dos EUA suspendeu por quatro anos, a emissão de títulos do Tesouro de 30 anos.

No entanto, por causa da demanda de fundos de pensão e grandes investidores interessados em negociar os títulos de longo prazo, os *T-bonds* de 30 anos foram reintroduzidos em fevereiro de 2006 e agora são emitidos trimestralmente.

3.1.2 Introdução ao Cupom Cambial

Segundo Veloso (2009), podemos adotar que no mercado financeiro em que haja livre movimentação de capitais e taxas de juros, a diferença entre a taxa de câmbio futura e a taxa de câmbio à vista é igual a diferença entre a taxa de juros interna e a taxa de juros externa para ativos com o mesmo prazo de vencimento. Se isso não ocorrer, teremos de arbitragem.

Essa relação pode ser refletida na equação 2:

$$F = S_0 \times \frac{(1 + r)}{(1 + r^*)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

F = futuro

S_0 = ativo base

r = taxa pré

r^* = cupom

Mas, por que se a equação 2 não for respeitada teremos oportunidades de arbitragem?

Vamos utilizar como exemplo um investimento feito no Brasil.

- 1 - Faça um empréstimo de US\$ 1,00 no mercado externo com juros fixos de r^*
- 2 - Converta este valor para reais pela cotação do dólar à vista do dia (S_0)
- 3 - Aplique o valor em reais no mercado interno com taxa fixa de r
- 4 - Para travar a operação, compre dólar no mercado futuro (F).

Em T1, o investidor terá uma dívida em dólar com o câmbio travado em F e uma aplicação que lhe rendeu $S_0 \times (1 + r)$.

Como todos os parâmetros eram conhecidos no momento da realização da operação, se a diferença entre $S_0 \times (1 + r)$ e $F \times (1 + r^*)$ for maior que zero, haverá arbitragem. Então:

$$S_0 \times (1 + r) - F \times (1 + r^*) \leq 0$$

Agora, imagine a situação inversa:

- 1 – Faça um empréstimo de S_0 no mercado interno com juros fixos de r
- 2 – Compre um título cambial, que pague juros fixos de r^*
- 3 – Para travar a operação, venda sua aplicação em dólar no mercado futuro a F

Em T_1 , o investidor terá uma dívida de $S_0 \times (1 + r)$ e uma aplicação em dólar a um câmbio travado a F . Como todos os parâmetros eram conhecidos no momento da realização da operação, se a diferença entre $F \times (1 + r^*)$ e $S_0 \times (1 + r)$ for maior do que zero, há arbitragem. Então:

$$S_0 \times (1 + r) - F \times (1 + r^*) \geq 0$$

Para não haver arbitragem as duas condições devem ser atendidas, então:

$$S_0 \times (1 + r) = F \times (1 + r^*)$$

Além disso, podemos isolar a variável r^* e chegaremos no cupom:

$$r^* = S_0 \times \frac{(1 + r)}{F} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em resumo, quando um operador for investir em um país estrangeiro a viabilidade da operação estará na combinação do preço da moeda (taxa cambial mais taxa de juros) que deve compensar os juros que ele está deixando de receber.

Essa combinação da taxa cambial e a taxa de juros é o cupom.

3.2 Conceitos Matemáticos

Primeiramente, vamos apresentar dois tipos de retornos: aritmético e geométrico.

O retorno geométrico será utilizado para exemplificarmos os fatores de risco que será apresentada no capítulo 4.

Vamos também apresentar o conceito matemático sobre interpolação, pois quando formos demonstrar a quebra em fatores de risco das taxas de juros e cupom cambial, os prazos dos vértices escolhidos nem sempre serão iguais aos negociados pelo mercado.

3.2.1 Retornos

Apresentaremos dois tipos de retornos: o retorno aritmético e o geométrico.

3.2.1.1 Retorno Aritmético

O retorno aritmético pode ser obtido da seguinte forma:

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

Onde:

R = Retorno na data t

P_t = Preço na data t

P_{t-1} = Preço na data $t - 1$

3.2.1.2 Retorno Geométrico

O retorno geométrico pode ser obtido da seguinte forma:

$$R = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (\text{Eq.4})$$

Este retorno é utilizado no mercado brasileiro e também pode ser utilizado para o mercado americano, pois é o retorno que faz mais sentido economicamente. Pois os retornos geométricos seguem uma distribuição normal, assim os preços nunca ficam negativos.

Isso ocorre porque a calda esquerda distribuição normal do tipo $\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \rightarrow -\infty$, quando $\frac{P_t}{P_{t-1}} \rightarrow 0$ ou $p_t \rightarrow 0$.

Por outro lado, se tivéssemos utilizando o retorno aritmético, teríamos: $R = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \rightarrow -\infty$, quando $\frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 < -1$ ou $p_t < 0$. Se tivéssemos calculando o retorno de um índice, chegaríamos em um preço negativo, o que não faz sentido economicamente.

O retorno geométrico permite uma decomposição em multiperíodos devido às propriedades matemáticas da função logaritmo. Nesse sentido, é possível calcular o retorno mensal somando os retornos diários. Como por exemplo, consideremos o retorno de R_t dado sobre um período de dois dias. O retorno pode ser decomposto em:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-2}}\right) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) + \ln\left(\frac{P_{t-1}}{P_{t-2}}\right) = R_t + R_{t-1}$$

E ainda, para o mercado americano que as variações são pequenas, o preço do retorno geométrico é aproximadamente igual ao retorno aritmético. Considerando que $R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(1 + r_t)$ e se a taxa r_t for pequena, então R_t pode ser decomposto na série de Taylor $R_t = r_t - \frac{r_t^2}{2} + \frac{2r_t^3}{3} - \dots$. Como r_t é pequeno, pode-se considerar $R_t \simeq r_t$, e nesse caso, temos:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \simeq \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$$

3.2.2 Interpolação

A interpolação é uma projeção entre dois vértices consecutivos com o objetivo de se obter taxas para prazos intermediários. A seguir faremos dois dos principais métodos existentes.

O primeiro modelo é utilizado pelo Tesouro americano para interpolar as taxas das *treasuries* e que será usado para interpolarmos, quando necessário, os fatores de risco dos futuros da bolsa americana.

O segundo modelo é utilizado pelo Banco Central brasileiro para interpolar as taxas de juros brasileira e será usado para interpolarmos, quando necessário, os fatores de risco dos futuros da bolsa brasileira.

3.2.2.1 Interpolação Spline

Segundo (Carvalho, 2006) o spline é um conjunto de polinômios de baixo grau, unidos em nós (vértices) formando uma função contínua em um intervalo.

A interpolação por spline é um processo de ajuste que proporciona uma ligação suave entre os pontos disponíveis e para isso, impõe restrições para a determinação dos coeficientes de polinômios ou de cada polinômio entre os nós. Além disso, exige que os polinômios passem pelo mesmo nó, exige também que as primeiras derivadas calculada nesse nó sejam iguais e que exista a segunda derivada. Isto significa que a reta que tangencia o polinômio anterior é a mesma que tangencia o posterior no início, eliminando os “bicos”, além de possibilitar uma maior suavidade às mudanças de curvatura. Os nós passam a ser pontos de inflexões ou mudança de curvatura.

Na literatura aplicada ao mercado financeiro, o spline cúbico é o mais encontrado. Embora, o spline quadrático seja o de menor ordem para estimar uma curva que tenha pelo menos uma derivada, quando desejamos encontrar uma curva que também seja continuamente diferenciável, o spline cúbico é o de menor grau que pode ser utilizado.

A seguir, faremos uma análise do spline cúbico.

Suponha que f seja um spline cúbico. Para cada intervalo de $[x_i, x_{i+1}]$, onde x_i e x_{i+1} são os prazos de vértices consecutivos, f deve ser igual a um polinômio cúbico y_i com o seguinte formato:

$$y_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3$$

Então, $f(x)$ é igual a $y_i(x)$ para cada valor de x pertencente ao intervalo $[x_i, x_{i+1}]$ com i variando de 1 até $n - 1$, cobrindo assim todos os vértices.

$$f(x) = \begin{cases} y_1(x) & \text{para } x \in [x_1, x_2] \\ \vdots & \\ y_i(x) & \text{para } x \in [x_i, x_{i+1}] \\ \vdots & \\ y_{n-1}(x) & \text{para } x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases}$$

Algumas condições devem ser mantidas para garantir que f seja contínua e com primeiras e segundas derivadas contínuas no intervalo $[x_i, x_n]$. Além disso, f deve ter valor igual às taxas de juros dos vértices nos pontos $x_1, x_2, \dots, x_n$, ou seja, $f(x_i) = g(x_i)$. Para que f preencha todas essas condições, as equações abaixo devem ser satisfeitas para qualquer $i = 1, \dots, n-1$.

$$\begin{cases} y_i(x_i) = g(x_i) \\ y_i(x_{i+1}) = g(x_{i+1}) \\ y_i'(x_i) = s_i \\ y_i'(x_{i+1}) = s_{i+1} \\ y_i''(x_i) = y_{i+1}''(x_i) \end{cases}$$

Onde os parâmetros s_i serão determinados pelo modelo.

Para determinarmos o polinômio $y_i(x_i)$, devemos encontrar os valores dos parâmetros s . As restrições acima mostram que é possível montar um sistema com $n - 2$ equações lineares cujas incógnitas sejam os parâmetros s , assim, teremos $n - 2$ equações para n incógnitas. Para se obter mais duas condições, vamos obter através do modelo spline cúbico not-a-knot que consiste em adotar que os dois primeiros e os dois últimos polinômios sejam iguais.

3.2.2.2 Interpolação Flat Forward ou Pro-Rata

Segundo (BESSADA; BARBEDO; ARAÚJO, 2009), o método flat forward é uma função aproximadora da estrutura a termo da taxa de juros cuja hipótese é que as taxas entre os dois prazos conhecidos são constantes, flat.

Considere β como sendo o peso dado pela distância das taxas mais próximas disponíveis, onde $t_1 < t < t_2$ e t_1 e t_2 representam vértices conhecidos:

$$\beta = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1}$$

Essa equação 5 pode ser escrita como:

$$1 - \beta = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}$$

A função exponencial para determinar a taxa r referente ao prazo t é apresentada em forma linear nos logaritmos t_1 e t_2 , conforme o peso apresentado em 5:

$$\ln(1 + r) = \beta \times \ln(1 + r_{t_1}) + (1 - \beta) \ln(1 + r_{t_2})$$

Fazendo alguns cálculos, chegamos em:

$$r = (1 + r_{t_1})^{\frac{t_2 - t}{t_2 - t_1}} \times (1 + r_{t_2})^{\frac{t - t_1}{t_2 - t_1}} - 1 \quad (\text{Eq.5})$$

4 DESENVOLVIMENTO

Nesse capítulo, faremos a comparação entre os futuros índice S&P 500 da CME e o Ibovespa da BM&F Bovespa e os de moeda EUR/USD da CME e o USD/BRL da BM&F Bovespa.

4.1 Mapeamento e cálculo de retorno dos futuros de índices

Primeiro, mapearemos o futuro de Ibovespa, pois é mais conhecido pelos *traders* brasileiros.

Em seguida, faremos o mapeamento do futuro de S&P 500, mostrando quais são as diferenças entre os dois futuros.

Após a identificação dos fatores de risco, iremos construir os retornos dos dois futuros e identificar as diferenças na forma de calcular os retornos.

4.1.1 Mapeamento do futuro de Ibovespa

O índice Bovespa (Ibovespa) é o mais importante indicador de desempenho médio do mercado de ações brasileiro, por retratar o comportamento dos principais papéis negociados na Bovespa e principalmente pela sua tradição – o índice não sofre modificações metodológicas desde a sua implementação em 1968. Ele é formado a partir de uma carteira teórica de ações.

Os contratos futuros do Ibovespa⁵ são cotados em pontos do índice, sendo que cada ponto equivalente ao valor em reais estabelecido pela BM&F (atualmente em R\$ 1,00). O vencimento ocorre sempre nos meses pares, na quarta-feira mais próxima do dia 15 do mês de vencimento.

Segundo (BESSADA; BARBEDO; ARAÚJO, 2005), o Ibovespa futuro teórico é função do Ibovespa à vista e do CDI projetado até o vencimento do futuro. Dessa forma, sempre que surge uma diferença entre o Ibovespa futuro teórico e o Ibovespa futuro, há a possibilidade de arbitragem nesse mercado.

Assim, é possível escrever o futuro como:

$$F = S_0 \times (1 + t_x)^{\frac{n_u}{252}} \quad (\text{Eq.6})$$

⁵ Mais informações: www.bmfbovespa.com.br

Onde:

F = Futuro

S_0 = Ibovespa á vista

tx = taxa pré

n_u = dias úteis da data de cálculo até o vencimento

Podemos perceber através da equação 6 que temos dois fatores de risco associado a esse produto: o ativo base, que nesse caso é o Ibovespa e a taxa pré brasileira, que nesse caso será obtida através dos futuros de DI.

4.1.2 Mapeamento do futuro de S&P 500

O futuro de índice com maior destaque nos Estados Unidos é o contrato de Standard and Poor's 500 Stock Index da Chicago Mercantile Exchange. Este contrato tem como objeto de negociação o índice S&P 500 (formado pelas 500 ações de empresas americanas que possui liquidez, relevância no setor que atuam e pelo valor de mercado).

Os contratos futuros de S&P 500⁶ são cotados em pontos do índice, sendo que cada ponto equivalente a US\$ 250 dólares.

O contrato é negociado em um ciclo trimestral: Março, Junho, Setembro e Dezembro. O vencimento ocorre sempre na terceira sexta-feira do mês de vencimento. E a liquidação é sempre financeira, feita pelo último preço de negociação.

Segundo a CME⁷, podemos escrever os futuros de ações como:

$$F = S_0 \times \left(1 + r \times \frac{n_c}{360} \right) \quad (\text{Eq.7})$$

Onde:

⁶ Também há a negociação do mini contrato futuro que é cotado em pontos do índice, sendo que cada ponto equivale a US\$ 50 dólar.

⁷ A CME subtrai os dividendos na equação 7, mas nesse trabalho estamos adotando que não será pago dividendos.

F = Futuro

S_0 = S&P 500 à vista

r = taxa pré americana

n_c = dias corridos da data de cálculo até o vencimento

Podemos perceber através da equação 7 que também temos dois fatores de risco associados a esse produto: o ativo base, que nesse caso é o S&P 500 e a taxa pré americana, que nesse caso será obtida através das *treasuries Bills* (pois os futuros são negociados somente no curto prazo).

Notem que não colocamos risco cambial, mesmo sendo um produto negociado em outro país. Num primeiro momento, a tendência é pensar que o produto tem esse fator de risco, mas devemos analisar a forma como é feito o ajuste desse futuro:

$$AJ = (PA_t - PA_{t-1}) \times M \quad (\text{Eq.8})$$

Onde

AJ = Ajuste

PA_t = Preço de Ajuste na data t

PA_{t-1} = Preço de Ajuste na data t -1

M = Preço em dólares em cada ponto do Índice estabelecido pela Bolsa

Podemos perceber que não tem variação cambial na comparação dos preços de ajuste, que é o que tomamos como base para identificar os fatores de risco desse futuro.

O ajuste dele possuirá risco cambial, mas essa variação cambial deverá ser contabilizada no caixa e não nos futuros.

Agora que já identificamos os fatores de risco dos dois futuros, percebemos que o mapeamento é o mesmo para os dois produtos (ativo base e taxa pré).

A partir da identificação dos fatores de risco, podemos também construir os retornos que possibilitam o cálculo de VaR (para qualquer modelo).

Nas duas próximas seções faremos um exemplo para compararmos o cálculo dos retornos do futuro de S&P 500 com o do Ibovespa.

4.1.3 Cálculo do retorno do futuro de Ibovespa

Como vimos na seção 4.1.1, o futuro de Ibovespa pode ser decomposto no Ibovespa à vista e na taxa pré brasileira, e agora vamos fazer um exemplo de cálculo dos retornos para esses fatores de risco.

Primeiramente, vamos fazer o cálculo de retorno para o dia 02/08/2013 do Ibovespa à vista.

De acordo com a seção 3.2.1, podemos escrever o retorno como:

$$R = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (\text{Eq.4})$$

Utilizando os dados do Ibovespa obtidos do site da BM&F Bovespa para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013 temos o seguinte

Tabela 4 – Dados para o Ibovespa para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013

Datas	Ibovespa
01/08/2013	49.141,00
02/08/2013	48.474,00

Fonte: BM&F

Aplicando a equação 4, o retorno será de -0,1366.

A seguir, vamos fazer um exemplo para o cálculo de retorno da taxa pré brasileira.

Antes de fazer o cálculo de retorno para esse produto, é importante lembrar que um fator de risco que representa uma variável associada a um prazo, é definido por meio de uma estrutura temporal⁸.

Por simplificação, utilizamos uma quantidade finita e restrita de prazos, chamados de vértices. A estrutura temporal que será utilizada nesse trabalho será a quebra mensal nos prazos em dias úteis: 21, 42, 63, 84, 105, 126 e 252.

Conforme a seção 3.1.1, utilizamos os futuros de DI como taxa pré brasileira e estes apresentam prazos variáveis, por isso precisamos interpolar para conseguirmos as taxas dos prazos fixos definidos no parágrafo anterior.

⁸ Texto extraído do manual do sistema de risco BM&F

Outro ponto importante é que os retornos do Ibovespa foram construídos com os PU, mas agora temos que construir os retornos a das taxas de juros, para isso, o primeiro passo será construirmos os fatores efetivos de cada prazo.

Assim, a equação 4 será modificada para⁹:

$$R = \ln\left(\frac{f_{t-1}}{f_t}\right) \quad (\text{Eq.9})$$

Onde

f_{t-1} = Fator do ativo na data t-1

f_t = Fator do ativo na data t

Com os dados dos futuros de DI obtidos através do site da BM&F para os mesmos dias do número índice temos as tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Dados dos Futuros de DI para a data 01/08/2013

Prazo (du)	Taxas (%)	Fator efetivo
1	8,23	1,0003139
22	8,272	1,0069625
43	8,489	1,0140002
66	8,68	1,0220397
86	8,79	1,0291690
107	8,91	1,0369053
168	9,15	1,0601057
229	9,4	1,0850662
295	9,6	1,1132780

Fonte: BM&F

⁹ Pois, a relação entre o PU e a taxa é que são inversamente proporcionais.

Tabela 6 - Dados dos Futuros de DI para a data 02/08/2013

Prazo (du)	Taxas (%)	Fator efetivo
1	8,23	1,0003139
21	8,291	1,0066597
42	8,52	1,0137207
65	8,692	1,0217313
85	8,83	1,0289526
106	8,9	1,0365141
167	9,11	1,0594800
228	9,33	1,0840514
294	9,52	1,1119255

Fonte: BM&F

Interpolando para os prazos fixos utilizando a metodologia *flat forward* e calculando o retorno utilizando a equação 9, temos a tabela7:

Tabela 7 - Vértices da taxa brasileira para a data 02/08/2013

Prazos (du)	Retornos
1	0,000000
21	-0,000015
42	-0,000056
63	-0,000044
84	-0,000133
105	0,000013
126	0,000084
252	0,000649

4.1.4 Cálculo do retorno do futuro de S&P 500

Como vimos na seção 4.1.2, o futuro de S&P 500 pode ser decomposto no S&P 500 à vista e na taxa pré americana.

O tipo de retorno também é o geométrico, conforme apresentamos na seção 3.2.1.2.

$$R = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (\text{Eq.4})$$

Assim como fizemos para o Ibovespa, vamos calcular o retorno para o S&P 500.

A partir dos dados do S&P 500 obtidos para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013, construímos a tabela 8.

Tabela 8 – Dados para o S&P 500 para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013

Datas	S&P 500
01/08/2013	1706,87
02/08/2013	1709,67

Fonte : Bolsa Nasdaq

Assim, a partir da equação 4, o retorno para o dia 02/08/2013 será de 0,0017.

Agora, vamos obter os retornos da taxa pré-americana, que como vimos na seção 3.1.1 são obtidas a partir das *treasuries*.

Diferente do que acontecem com os futuros de DI, as taxas referenciais divulgadas pelo Tesouro americano tem prazos fixos e a maioria casa com a estrutura temporal definida para esse trabalho, portanto vamos precisar interpolar somente alguns vértices.

Outra diferença é que a interpolação será feita pelo spline cúbico, pois esse é o método usado pelo governo americano.

As tabelas 9 e 10 ilustram as taxas retiradas do site do Tesouro americano que usaremos para construir os retornos.

Tabela 9- Dados das T-bills para a data de 01/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
30	0,02	1,0000167
90	0,04	1,0001000
180	0,08	1,0004000
360	0,13	1,0013000

Fonte: Tesouro americano

Tabela 10 – Dados da T-bills para a data 02/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
30	0,02	1,0000167
90	0,04	1,0001000
180	0,07	1,0003500
360	0,11	1,0011000

Fonte: Tesouro americano

Com os fatores efetivos dos prazos que casam e dos outros prazos interpolados, conseguimos calculamos os retornos, conforme ilustrado na tabela11:

Tabela 11- Vértices da taxa americana para a data 02/08/2013

Prazos	Retornos
1	0,000000
21	0,000000
42	-0,000004
63	0,000000
84	0,000011
105	0,000028
126	0,000050
252	0,000200

Nessa seção fizemos o mapeamento dos futuros de índices e percebemos que não há diferença entre os fatores de risco dos dois derivativos.

Notamos também que não há risco cambial, embora esse ativo seja negociado no exterior.

Além disso, ainda fizemos os cálculos dos retornos que podem ser utilizados para calcular o risco pelo modelo VaR.

A interpolação dos vértices das taxas pré foi diferente. Enquanto, para o mercado brasileiro utilizamos o modelo *flat forward*, para o mercado americano utilizamos o spline cúbico.

4.2 Mapeamento e cálculo dos retornos dos futuros de moedas

Assim como fizemos para os futuros de índices, vamos mapear primeiro o futuro USD/BRL da bolsa brasileira.

Em seguida, faremos o mapeamento do futuro de EUR/USD e iremos checar se existem diferenças nos fatores de risco dos dois futuros cambias.

Após a identificação dos fatores de risco, iremos construir os retornos dos dois futuros e identificaremos as diferenças na forma de calcular os retornos.

4.2.1 Mapeamento do futuro de USD /BRL

No Brasil, os contratos futuros de moedas são muito utilizados para hedge. O contrato mais negociado é o reais por dólar comercial (USD/BRL) negociados na BM&F.

No contrato futuro de USD/BRL, o objeto de negociação é a taxa de câmbio de reais por dólares dos Estados Unidos, contratada nos termos da Resolução 1.690/90 do Conselho Monetário Nacional. Os contratos são de US\$ 50.000,00 e a data de vencimento é o primeiro dia útil do mês do vencimento do contrato.

Os contratos são cotados em reais e o preço de ajuste, para os dois primeiros vencimentos, é estabelecido por uma média ponderada nos últimos quinze minutos do pregão ou um preço arbitrado pela BM&F.

Conforme vimos na seção 3.1.2, o futuro cambial pode ser escrito como:

$$F = S_0 \times \frac{(1 + r)}{(1 + r^*)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Assim, podemos verificar que este futuro pode ser mapeado em: ativo base, que nesse caso é a taxa de câmbio de USD/BRL; a taxa pré brasileira¹⁰; e o cupom cambial de dólar, negociado¹¹ na BM&F (contratos de DDI).

4.2.2 Mapeamento do futuro de FX EUR /USD

O futuro de câmbio com maior destaque, na CME, é o contrato de EUR/USD. Este contrato tem como objeto de negociação da taxa de câmbio de euro por dólares dos Estados Unidos.

São negociados nos primeiros seis meses do ciclo trimestral de março, junho setembro e dezembro.

O encerramento das negociações é no segundo dia útil antes da terceira quarta-feira do mês do contrato.

A liquidação é por entrega física através do Sistema de Liquidação em Contínuo “Constinuos Linked Settlement”.

De acordo com (Hull, 2009), esse contrato também pode ser calculado pela equação 2.

¹⁰ A pré brasileira é a mesma utilizada para os futuros de Ibovespa.

¹¹ Deve-se ressaltar que esse é o único cupom cambial negociado na BM&F.

Então, os fatores de risco também devem ter como retorno: ativo base, que nesse caso é a taxa de câmbio de EUR/USD, a taxa pré americana e o cupom cambial de EUR/USD.

Em relação ao fator de risco cambial (conversão para reais) por ser produto offshore, a explicação é a mesma dada para o futuro de S&P 500.

4.2.3 Cálculo do retorno do futuro de dólar da BMF

Como vimos na seção 4.1.2, o futuro de dólar pode ser decomposto no dólar à vista, na taxa pré brasileira e no cupom cambial.

Assim como fizemos para os futuros de índices, vamos fazer o cálculo de retorno para o dia 02/08/2013 do dólar à vista, a partir da equação 4.

A tabela 12 ilustra os dados obtidos do site da Reuters para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013 que utilizaremos para calcular o retorno.

Tabela 12 – Dados para o dólar para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013

Datas	USD/BRL à vista
01/08/2013	2,303
02/08/2013	2,279

Fonte: Reuters

Assim, o retorno será de -0,010476.

O segundo passo seria calcular a taxa pré, mas esta já foi calculada para o futuro de índice, então vamos trazer aqui somente o resultado.

Tabela 13 - Vértices para a data 02/08/2013

Prazos (du)	Retornos
1	0,000000
21	-0,000015
42	-0,000056
63	-0,000044
84	-0,000133
105	0,000013
126	0,000084
252	0,000649

Agora vamos calcular o cupom. Como vimos na seção 3.1.2, para não haver arbitragem, o cupom negociado na bolsa deve ser igual ao cupom cambial

construído a partir dos preços do futuro de USD/BRL, taxa pré e a taxa de câmbio USD/BRL.

Assim, para calcular os retornos do cupom de USD/BRL, vamos utilizar os dados de negociação dos futuros de DDI, conforme a tabela 14 e 15.

Tabela 14 – Dados das taxas de cupom cambial, em porcentagem, para o dia 01/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
1	1,5589	1,00004330
32	0,0041	1,00000364
60	0,0077	1,00001283
90	0,0091	1,00002275
120	0,0101	1,00003367
151	0,0116	1,00004866
180	0,0123	1,00006150
361	0,0145	1,00014540

Fonte : BM&F

Tabela 15 - Dados das taxas de cupom cambial, em porcentagem, para o dia 02/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
3	-0,5957	0,99995036
31	0,0032	1,00000276
60	0,0073	1,00001217
90	0,0089	1,00002225
122	0,0098	1,00003321
150	0,0113	1,00004708
180	0,012	1,00006000
360	0,0141	1,00014100

Fonte : BM&F

Assim como foi feito para os futuros de Ibovespa, também utilizamos a metodologia *flat forward* para fazermos a interpolação para os prazos fixos para os futuros de DDI. e calculamos o retorno utilizando a equação 9. O resultado está na tabela 16.

Tabela 16 – Vértices do cupom limpo USD/BRL para o dia 02/08/2013

Prazos (du)	Retornos
1	0
21	0,00229
42	0,00207
63	0,00206
84	0,00205
105	0,00208
126	0,00213
252	0,00241

4.2.4 Cálculo do retorno do futuro de EUR /USD

Como vimos na seção 4.1.2, o futuro de EUR /USD pode ser decomposto no EUR/USD à vista, na taxa pré americana (T-bills) e no cupom cambial EUR/USD (que será construído).

Assim como fizemos para todos os futuros, o primeiro passo será a construção do retorno do ativo à vista, neste caso o EUR /USD, através da equação 4.

A partir dos dados do EUR/USD obtidos pelo provedor de dados Reuters para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013, construímos a tabela 17.

Tabela 17 – Dados para o EUR/USD para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013

Datas	EUR/USD
01/08/2013	1,3221
02/08/2013	1,3302

Fonte: Reuters

A partir da equação 4, o retorno para o dia 02/08/2013 será de 0,00611.

Como o cálculo da taxa de juros já foi calculada na seção 4.1.4, vamos trazer os resultados.

Tabela 18- Vértices da taxa pré americana para a data 02/08/2013

Prazos (du)	Retornos
1	0,000000
21	0,000000
42	0,000004
63	0,000000
84	-0,000011
105	-0,000028
126	-0,000050
252	-0,000200

Agora, vamos para o último fator de risco: o cupom cambial.

Faremos outro cálculo do cupom de EUR/USD, utilizaremos o Princípio de Não-Arbitragem para determiná-lo.

Através da equação 2, temos a relação para determinar a taxa de cupom cambial.

$$F = S_0 \times \frac{(1 + r)}{(1 + r^*)} \quad (\text{Eq. 2})$$

A taxa do cupom cambial foi construída com os dados da taxa de câmbio, da taxa pré e do futuro de EUR /USD para os dias 01/08/2013 e 02/08/2013 e o resultado está nas tabelas 19 e 20.

Tabela 19 – Cupom de EUR/USD, em porcentagem, para o dia 01/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
1	0	1,0000000
46	0,3179	1,0004062
137	0,0617	1,0002348
228	0,0261	1,0001653
319	0,0032	1,0000284
410	-0,017	0,9998064

Tabela 20 - Cupom de EUR/USD, em porcentagem, para o dia 02/08/2013

Prazos (dc)	Taxas (%)	Fator efetivo
1	0	1,000000
45	0,8868	1,001109
136	0,3052	1,001153
227	0,1849	1,001165
318	0,1282	1,001132
409	0,085	1,000966

Interpolando para os prazos fixos utilizando a metodologia *spline cúbico* e calculando o retorno utilizando a equação 9, temos a tabela 21:

Tabela 21 - Vértices do cupom cambial EUR /USD para a data 02/08/2013

Prazos (du)	Retornos
1	0,0000
21	-0,0005
42	-0,0008
63	-0,0009
84	-0,0009
105	-0,0009
126	-0,0009
252	-0,0011

Nessa seção, comparamos o futuro de moeda mais negociado no Brasil com o mais negociado nos Estados Unidos.

Percebemos que os fatores de risco são os mesmos para os dois futuros independentes do país de negociação.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho, apresentamos o futuro de índice mais negociado nas bolsas americanas, futuro de S&P 500 e também o futuro de moeda mais negociado na bolsa CME, futuro de EUR /USD.

Fizemos a decomposição em fatores de risco dos futuros de S&P 500 e EUR /USD comparando com os futuros das bolsas brasileiras, visto que estes são muito mais conhecidos no mercado interno.

Percebemos que as decomposições são as mesmas para os futuros de índices, ou seja, a quebra deve ocorrer no ativo base (índice) e na taxa pré (respectiva de cada país – para o Brasil utilizamos os futuros de DI e para os Estados Unidos utilizamos a taxa das Treasuries, como o vencimento era de curto prazo, utilizamos somente as T-bills).

Para os futuros de moeda, os fatores de risco também são iguais, ou seja, a decomposição deve ser feita no ativo base (taxa de câmbio), na taxa pré (de cada país) e no cupom.

Enquanto para o futuro de BRL/USD existe a negociação do cupom cambial (futuro de DDI), para o futuro de EUR/USD da CME tivemos que construir esse fator de risco.

Além disso, também observamos que os futuros de moeda e de índice da CME não apresentam risco cambial, embora sejam negociados no exterior.

Fizemos a construção dos retornos que podem ser utilizados no cálculo de risco – válido para qualquer modelo de VaR. A interpolação para os prazos fixos foram diferentes, enquanto para os futuros negociados na bolsa americana usamos o spline cúbico, o mesmo utilizado pelo Tesouro americano, para os futuros negociados na bolsa brasileira interpolamos com flat forward.

Para um próximo trabalho, poderíamos analisar um futuro de taxa de juros como o Eurodollar e encontrar diferenças e semelhantes com o futuro de DI, negociado na BM&F.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BESSADA, O.; BARBEDO, C.; ARAÚJO, G. **Mercado de Derivativos no Brasil: conceitos operações e estratégias**. 3ª ed. Record. 2009.

CARVALHO, F.J.C. **Financial Innovation and the post Keynesian approach to the “process of capital formation”**. Journal of post Keynesian Economics / Spring 1997, vol. 19, nº 3 – 461.

CARVALHO, R. R.L. **Teoria dos Valores Extremos: Valor em risco para ativos de Renda Fixa**. 2006. 116 p. Dissertação (mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

GROSSI, J. E. S. **Modelo discreto de apreçamento de derivativos de taxas de juros com saltos devido às decisões do comitê de política monetária do Banco Central do Brasil**. 2005. Dissertação (mestrado). Faculdade de Economia e Administração e Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

HULL, J. C. **Options, Futures and other derivatives**. 7ª ed. Pearson Prentice Hall. 2008.

JORION, P. **Value at risk - the new benchmark for managing financial risk**, 3ª ed. Mc Graw-Hill. 2007

MOSCA, F. C. **Uma análise de eficiência de interpoladores da curva de juros brasileira e os impactos sobre as estratégias de mercado: A avaliação do uso simultâneo dos modelos Nelson-Siegel e Flat Forward**. 2011. Monografia (MBA). Mercado de Capitais e Derivativos do Instituto Educacional BMF&BOVESPA, São Paulo, 2011.

VELOSO, E. A. **Arbitragem e relação de causalidade entre os mercados futuros de dólar e DI de 1 dia**. 1998. 88 p. Dissertação (mestrado). Escola de Pós graduação de Economia da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1998.