



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS - FACC  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

*Hedge* de variância mínima: teste de efetividade utilizando  
contratos futuros do Ibovespa

**Marcos Chan**

**Orientador: Prof. Marco Antonio Cunha de Oliveira**

**RIO DE JANEIRO**  
**Setembro de 2010**

## RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de apresentar o *hedge* de variância mínima. Foi explicada, de início, numa perspectiva histórica, a origem dos mercados futuros nos quais as operações de *hedge* são realizadas. Em seguida, detalharam-se os mecanismos, regras e funcionamento do mercado futuro no Brasil. Foram apresentados a dedução matemática para se chegar à razão ótima de *hedge* a partir do critério da mínima variância e o conceito de *Exchange Trade Funds*. O estudo pode ser classificado como pesquisa aplicada quanto aos fins, e empírica quanto aos meios de investigação. A amostra contou com cotações de fechamento, dentro de um período de trinta e um dias úteis, do índice Ibovespa, do contrato futuro do índice Ibovespa com vencimento em agosto de 2010 e da cota de um ETF referenciado ao Ibovespa. Foi utilizada a ferramenta Excel para a manipulação dos dados e realização de regressões. Concluiu-se que a utilização de dados do passado para o cálculo da razão ótima de *hedge* não garante a eficácia no objetivo de minimizar os resultados diários de uma operação de *hedge* quando comparamos com a mesma operação realizada na proporção de um para um.

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO.....                                 | 1  |
| 1. INTRODUÇÃO .....                         | 3  |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....                | 4  |
| 2.1 História.....                           | 4  |
| 2.1.1 História dos mercados futuros.....    | 4  |
| 2.1.2 Mercado Futuro no Brasil.....         | 5  |
| 2.2 Funcionamento dos mercados futuros..... | 6  |
| 2.2.1 Conceitos básicos.....                | 6  |
| 2.2.2 Posições .....                        | 7  |
| 2.2.3 Padronização dos contratos.....       | 7  |
| 2.2.4 Margem e ajustes diários .....        | 9  |
| 2.3 Mercado Futuro de Ibovespa.....         | 10 |
| 2.4 <i>Hedge</i> de Variância Mínima .....  | 11 |
| 2.5 <i>Exchange Trade Funds</i> .....       | 14 |
| 3. METODOLOGIA.....                         | 16 |
| 3.1 Tipo de Pesquisa.....                   | 16 |
| 3.2 Amostra.....                            | 16 |
| 3.3 Coleta de dados .....                   | 16 |
| 3.4 Tratamento dos dados.....               | 16 |
| 4. APLICAÇÃO .....                          | 18 |
| 5. CONCLUSÕES .....                         | 33 |
| 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....           | 34 |

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a sua criação no Brasil na década de 80, o mercado de derivativos da BMF&Bovespa age transferindo risco entre os agentes no mercado financeiro, e com seu crescente volume de negociação a cada ano que passa, vem ganhando um papel de destaque no ambiente das Finanças. O que impulsiona a sua importância é a necessidade dos agentes econômicos de encontrar mecanismos de proteção contra o risco de oscilações de preço dos ativos econômicos. Isso é feito através de negociações de compra ou venda de contratos padronizados que oferecem a possibilidade de cobertura de riscos sobre uma variada gama de ativos (FARHI, 1999). Tais contratos são chamados de derivativos porque seus valores dependem, ou derivam dos valores de outras variáveis (FIGUEIREDO, 2006). Nesse mercado podemos encontrar tanto agentes que utilizam os derivativos como forma de proteção contra riscos indesejados em seus investimentos, quanto especuladores dispostos em assumir os riscos em seu lugar. Aqueles que procuram se proteger contra a volatilidade futura são chamados de hedgers, e participam do mercado à vista e futuro adotando a estratégia conhecida como hedge (HULL, 2005).

O presente estudo tem como objetivo aprofundar o estudo sobre as operações conhecidas como hedge de variância mínima, que consiste em uma estratégia de hedge baseada na relação entre a variação dos preços no mercado à vista e futuro. E que tem por finalidade maximizar a eficiência da proteção obtida na utilização de contratos futuros. Para testar empiricamente a eficiência dessa estratégia de hedge, foram coletados dados de fechamento diário do contrato futuro referenciado ao índice Ibovespa da bolsa de mercadorias e futuros da BMF&Bovespa. E, por fim, chega-se à conclusão de que, numa situação real, a utilização de dados do passado para o cálculo da razão ótima de hedge é menos eficiente no objetivo de minimizar a variância dos resultados diários de uma operação de *hedge* do que simplesmente realizar a mesma operação utilizando a razão um para um.

Este trabalho será desenvolvido nas seguintes etapas: o segundo capítulo apresenta o referencial teórico, o terceiro refere-se à metodologia, o quarto trata da aplicação e o quinto, a conclusão.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 História**

#### **2.1.1 História dos mercados futuros**

O início dos mercados futuros tem origem na Idade Média, (HULL, 2005), e surgiram para satisfazer a necessidade de dois agentes importantes na economia: produtores agrícolas e comerciantes. Assim como hoje, existiam naquela época grandes preocupações por parte dos fazendeiros a cerca do preço que venderiam suas produções ao final de cada colheita devido às condições do mercado no momento da venda. Um excesso de oferta provocaria a redução dos preços e os fazendeiros temiam ter que vender a suas produções por um preço abaixo dos seus custos, colocando assim, suas sobrevivências financeiras em risco. Por outro lado, existiam companhias que necessitavam comprar produtos agrícolas dos fazendeiros, e conseqüentemente, possuíam a preocupação inversa. Em anos de escassez de oferta de produtos agrícolas, essas companhias corriam o risco de pagar preços exorbitantes pelos produtos agrícolas.

Diante dessa situação, tornou-se comum o encontro entre produtores e compradores para o acerto de preços da colheita que estava por vir. Essa negociação gerava um tipo de contrato futuro que proporcionava um meio de eliminar o risco da incerteza do preço futuro que ambos os agentes de mercado estavam expostos. Todavia, esses encontros só ganharam escala e começaram a ser tornar expressivos a partir da segunda metade do século XIX nos Estados Unidos.

Ainda segundo Hull (2005), com o objetivo de padronizar as quantidades dos grãos negociados e de facilitar o encontro entre produtores e comerciantes, em 1848, foi fundada a *Chicago Board of trade* (CBOT). Sendo o contrato de mercadoria a entregar, ou contrato *to arrive*, o primeiro contrato futuro desenvolvido. Esse contrato gerou um rápido interesse dos especuladores, pois encontraram nesse produto alternativa atrativa à negociação do grão em si. Hoje em dia, outros contratos futuros referentes a diversos ativos são negociados na CBOT, como: trigo, soja, farelo de soja, milho e notas do Tesouro americano.

Já a *Chicago Produce Exchange* foi criada em 1874, para atender ao mercado de aves, manteiga, ovos e outros produtos agrícolas perecíveis. Entretanto, em 1898 temos a saída dos comerciantes de manteiga e ovos para a constituição de uma outra bolsa chamada *Chicago Butter and Egg Board*. E em poucas décadas foi reorganizada para a negociação de contratos futuros e trocou de nome para *Chicago Mercantile Exchange* (CME). Ao longo dos anos, foram criados outros contratos futuros: barriga de porco em 1961, boi gordo em 1964, suíno vivo em 1966, bezerro em 1971 e em 1982 o contrato futuro de índice de ações *Standard & Poors* (S&P)500.

A CME também começa a negociar contratos futuros de moedas estrangeiras na década de 70, de acordo com Hull(2005, p.3):

*A Chicago Mercantile Exchange* começou a negociar contratos futuros de moedas estrangeiras em 1972. Os futuros de moedas, ali transacionados, incluem a libra britânica, o dólar canadense, o iene japonês, o franco suíço, o dólar australiano, o peso mexicano, o real brasileiro, o rand da África do Sul, o dólar da Nova Zelândia, o rublo russo e o euro. Essa bolsa também negocia o conhecido contrato futuro de eurodólar.

### **2.1.2 Mercado Futuro no Brasil**

O início do mercado futuro no Brasil data do dia 31 de janeiro de 1986 (CRUZ, 2005) com o primeiro pregão da Bolsa Mercantil & de Futuros (BM&F), no qual apenas contratos futuros de ouro foram negociados. A BM&F surgiu a partir de um projeto de alguns membros da Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA) que tinham como objetivo a criação de mercados futuros organizados, e teve como modelo a *Chicago Mercantile Exchange* (CME). No ano seguinte ao de estréia, começaram a ser negociados os contratos futuros sobre Índice de Ações da BOVESPA, e ainda segundo Cruz (2005, p.32):

Ao longo de 1987 foram lançados os contratos de frango, porco e boi gordo, sendo que apenas este último permanece sendo negociado hoje. Em julho do mesmo ano a BM&F contava com 71,5% do mercado de futuros do Brasil, participação essa que se consolidaria com a incorporação da Bolsa de Mercadorias de São Paulo em maio de 1991, objetivando impulsionar o desenvolvimento dos mercados de agropecuários, o que leva a uma mudança no nome da instituição, passando a se chamar daí em diante Bolsa de Mercadorias & Futuros.

## **2.2 Funcionamento dos Mercados Futuros**

### **2.2.1 Conceitos básicos**

De acordo com Figueiredo (2006), uma operação no mercado futuro pode ser definida como uma promessa contratual de compra ou venda de certo ativo a um determinado preço em uma data futura. Nesse tipo de operação normalmente não existe a entrega física do ativo, pois na maioria das vezes a operação é liquidada financeiramente, através de pagamento ou recebimento pela diferença entre o valor de compra e o de venda.

A Bolsa de Mercadorias e Futuros, com sede em São Paulo, capital, é a instituição responsável pelo funcionamento desse mercado no Brasil. Os contratos futuros são os principais tipos de derivativos negociados no mercado brasileiro, representando 90% dos contratos transacionados na Bolsa.

Os principais contratos futuros negociados na BM&F, por ordem de quantidade de contratos e volume financeiro, são (FIGUEIREDO, 2006):

- 1º) DI<sub>1</sub> : DI de um dia;
- 2º) DOL : dólar comercial;
- 3º) DDI e FRA : cupom cambial sujo e limpo;
- 4º) IND : Ibovespa.

Em relação aos contratos futuros de DI de um dia, seu objeto de negociação é a taxa de juros efetiva dos depósitos interfinanceiros (DI), definida como a acumulação das taxas médias diárias de DI de um dia, para o período entre o primeiro e o último dia de operação, inclusive, e que são calculadas pela Central de Custódia e Liquidação de Títulos.

Nos contratos futuros de dólar comercial, objeto de negociação é a taxa de câmbio de reais por dólar dos Estados Unidos para pronta entrega, para o último dia de negociação do contrato. Já os contratos futuros de cupom cambial negociam o chamado cupom cambial, que é o diferencial entre a taxa CDI e a variação cambial para determinado período. Na BMF, existem dois tipos de contratos futuros de cupom cambial. O primeiro é o cupom

cambial sujo (DDI), no qual a variação cambial é medida a partir do dólar PTAX do dia anterior. E o segundo, é o cupom cambial limpo (FRA), no qual a variação cambial é medida a partir do dólar à vista do dia.

O funcionamento dos contratos futuros do índice Ibovespa será detalhado mais adiante

### **2.2.2 Posições**

Figueiredo (2006, p.6) define abertura e fechamento de posição no mercado futuro da seguinte forma:

Quando o investidor entra no mercado, diz-se que está abrindo uma posição. A abertura da posição se dá por meio de uma ordem de compra ou venda de contratos, através de uma corretora de valores em que ele esteja cadastrado e tenha conta.

O fechamento da posição no mercado futuro se dá por meio da operação inversa original, a qualquer momento até o último dia de negociação do contrato. Se o investidor entrou comprando, ele sai vendendo. Se o investidor entrou vendendo, ele sai comprando.

É importante ressaltar que, no fechamento da posição, o investidor deve negociar o contrato que tenha a mesma especificação (ativo e data de vencimento) do contrato negociado na abertura da posição (FIGUEIREDO, 2006). Grande parte das posições é fechada antes do último dia de negociação. Na prática, inclusive, são comuns as operações chamadas *day trade*, nas quais o investidor abre e fecha a o posição no mesmo pregão.

### **2.2.3 Padronização dos contratos**

Figueiredo (2006) comenta que os contratos futuros são padronizados pela Bolsa quanto ao seu tamanho, último dia de negociação e vencimento. Esse procedimento visa proporcionar liquidez aos contratos, pois facilita as negociações. As especificações dos quatro contratos mais negociados na BM&F são:



Tabela 1: Principais contratos futuros negociados na BM&F

| Contrato        | Valor                          | Último dia de negociação (UDN)                      | Vencimento  |
|-----------------|--------------------------------|---|---|
| DI <sub>1</sub> | R\$ 100.000                    | Último dia do mês anterior ao mês de vencimento     | Primeiro dia útil do mês de vencimento              |
| DOL             | US\$ 50.000                    | Último dia do mês anterior ao mês de vencimento     | Primeiro dia útil do mês de vencimento              |
| DDI e FRA       | US\$ 50.000                    | Último dia do mês anterior ao mês de vencimento     | Primeiro dia útil do mês de vencimento              |
| IND             | Cotação a futuro<br>× R\$ 1,00 | Quarta-feira mais próxima do dia 15 dos meses pares | Quarta-feira mais próxima do dia 15 dos meses pares |

Fonte: Figueiredo, 2006.

Os contratos futuros são especificados pelas seguintes letras seguidas do ano de vencimento com dois dígitos (FIGUEIREDO, 2006):

F – Janeiro;

G – Fevereiro;

H – Março;

J – Abril;

K – Maio;

M – Junho;

N – Julho;

Q – Agosto;

U – Setembro;

V – Outubro;

X – Novembro;

Z – Dezembro.

#### **2.2.4 Margem e ajustes diários**

Margem pode ser definida como um ativo que possa servir de garantia para uma operação realizada no mercado futuro (FIGUEIREDO, 2006). Independentemente se a operação é de compra ou de venda, tal garantia deve ser depositada no dia útil subsequente (D+1) ao dia da abertura da posição. Isso é uma exigência da BM&F, e o valor da margem pode aumentar de acordo com a volatilidade do ativo-objeto ou a qualquer momento em função das condições do mercado.

Vários ativos são aceitos pela Bolsa como margem de garantia: dinheiro, ouro, cotas do FIF, títulos públicos e privados, cartas de fiança, apólices de seguro, ações e cotas de fundo fechado de investimentos em ações. Na prática, essa exigência da Bolsa dificilmente é atendida por meio de depósitos em dinheiro. Entretanto, caso o investidor prefira colocar a garantia dessa maneira, a BM&F aplicará a quantia equivalente no mercado financeiro, e os recursos terão alguma correção (FIGUEIREDO, 2006).

Em relação aos ajustes diários que ocorrem nas operações no mercado futuro, Figueiredo (2006) detalha da seguinte forma:

Todas as posições em aberto são ajustadas diariamente. Ou seja, os ganhos e perdas obtidos pelos investidores em determinado pregão são recebidos em dinheiro em D+1, por meio de crédito ou débito em conta corrente na corretora pela qual foi feito o negócio. O valor em que a Bolsa se baseia para calcular esses ganhos e perdas, nos diversos contratos, é obtido através de uma média ponderada dos negócios que acontecem com esses contratos nos últimos 15 ou 30 minutos do pregão.

Os ajustes diários são um mecanismo da Bolsa para diminuir o risco do mercado. A obrigação de pagar as eventuais perdas em D+1 faz com que o risco de o investidor não ter como pagá-las fique bastante reduzido (FIGUEIREDO, 2006). Caso o pagamento não seja efetuado, a Bolsa lança mão das margens de garantias depositadas e encerra a posição do investidor, evitando que as perdas se acumulem.

### **2.3 Mercado Futuro de Ibovespa**

No mercado futuro de Ibovespa, negocia-se o índice de ações da Bolsa de Valores de São Paulo (FIGUEIREDO, 2006). O Ibovespa é o principal indicador do desempenho médio das ações no mercado brasileiro. Ele representa o valor atual, em moeda corrente, de uma carteira teórica de ações, a partir de uma aplicação hipotética. Segundo Figueiredo (2006), a composição do índice Ibovespa segue a seguinte composição:

A carteira teórica do índice é integrada pelas ações que, em conjunto, representaram 80% do volume transacionado à vista nos 12 meses anteriores à formação da carteira. Como critério adicional, exige-se que a ação presente, no mínimo, 80% de presença nos pregões do período. A participação de cada ação na carteira tem relação direta com a

representatividade desse título no número de negócios e volume em moeda corrente.

O valor de cada contrato futuro de Ibovespa é detalhado segundo Figueiredo (2006) como:

Os contratos são cotados em pontos do índice em que cada ponto equivale ao valor em reais estabelecido pela BM&F (R\$1,00 por ponto no contrato normal e R\$0,20 por ponto no contrato fracionário). O vencimento e o último dia de negociação dos contratos ocorrem na quarta-feira mais próxima do dia 15 dos meses pares. As posições em aberto ao final de cada pregão são ajustadas com base no preço de ajuste do dia com movimentação financeira em D+1.

Podemos presenciar nesse mercado a existência de três agentes: especuladores, *hedgers* e arbitradores (FIGUEIREDO, 2006). Os especuladores participam do mercado comprando contratos se existir a expectativa de elevação do índice, e vendendo caso tenham a expectativa de que a Bolsa deve cair. Já os *hedgers* são aqueles que utilizam o mercado futuro de Ibovespa para se proteger das oscilações da Bolsa. Nesse caso, deve-se identificar a relação existente entre o índice e a carteira de ações que se quer proteger para que a proteção seja eficiente. Os arbitradores são os que buscam explorar as distorções do mercado, explorando as diferenças entre a cotação do Ibovespa futuro no mercado e sua cotação teórica para obter ganhos financeiros.

## **2.4 Hedge de variância mínima**

Quando se monta uma operação de *hedge*, é necessário verificar qual a razão de *hedge* que será usada para calcular o número de contratos que será operado. David (1995) comenta que a relação de oscilação de preços entre um ativo intangível e seu ativo-objeto não é necessariamente igual a um, isto porque os mercados futuros operam ativos intangíveis deslocados no tempo. E acrescenta que, empiricamente, podemos verificar que em grande parte das vezes, uma variação percentual no preço do ativo-objeto provoca variações percentuais de maior magnitude em seu ativo intangível. Chegando a conclusão de que as oscilações no preço de um derivativo é uma amplificação da oscilação do ativo real ao qual está vinculado.

Partindo do pressuposto de que o *hedger* é o agente econômico que possui posição no mercado futuro com o intuito de proteção e com expectativa de ganho nula (BUENO 2002), podemos afirmar que seu objetivo é o de minimizar os efeitos das oscilações de preço. Portanto, o *hedger* buscará uma relação de *hedge* que garanta a mínima variância do valor da posição a ser travada. Esse raciocínio pode ser exemplificado através da seguinte equação (HULL, 2005):

$$\Delta Y = \Delta V - h \times \Delta F \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

$\Delta Y$ = Receita da operação;

$\Delta V$ = variação do preço a vista;

$\Delta F$ = variação do preço futuro;

$h$ = razão de *hedge*.

Calculando a variância de  $\Delta Y$ , temos:

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = E(\Delta Y - \overline{\Delta Y})^2 \quad (\text{Eq.2})$$

Isso pode ser escrito como:

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = E[\Delta V - h\Delta F - (\overline{\Delta V} - h \times \overline{\Delta F})]^2 \quad (\text{Eq.3})$$

ou

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = E[(\Delta V - \overline{\Delta V}) - h \times \Delta F + h \times \overline{\Delta F}]^2 \quad (\text{Eq.4})$$

ou

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = E[(\Delta V - \overline{\Delta V}) - h(\Delta F - \overline{\Delta F})]^2 \quad (\text{Eq.5})$$

ou

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = \sigma_{\Delta V}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h(\Delta V - \overline{\Delta V})(\Delta F - \overline{\Delta F}) \quad (\text{Eq.6})$$

$$\sigma_{\Delta Y}^2 = \sigma_{\Delta V}^2 + h^2 \sigma_{\Delta F}^2 - 2h \times cov(\Delta V, \Delta F) \quad (\text{Eq.7})$$

Como o objetivo do *hedger* é minimizar  $\sigma_{\Delta Y}^2$ , derivamos a Eq.7 para acharmos o ponto da função onde  $\sigma_{\Delta Y}^2$  possui seu valor mínimo.

$$\frac{d\sigma_{\Delta V}^2}{dh} = 0 \quad (\text{Eq.8})$$

$$2h\sigma_{\Delta F}^2 - 2cov(\Delta V, \Delta F) = 0 \quad (\text{Eq.9})$$

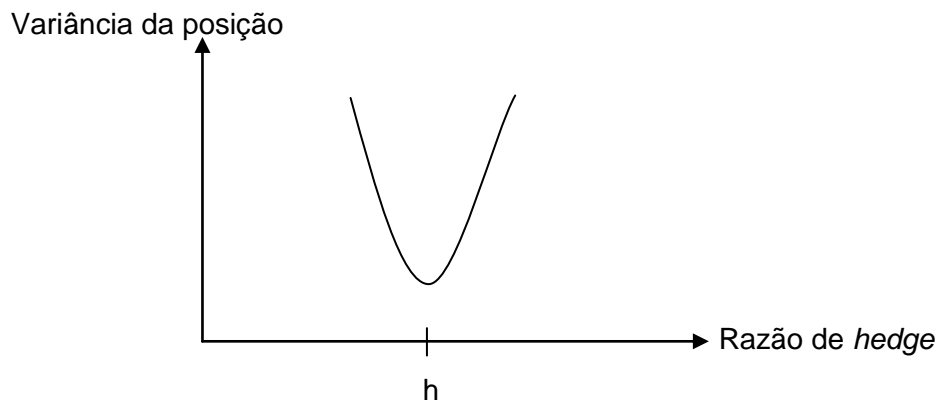
$$h = \frac{cov(\Delta V, \Delta F)}{\sigma_{\Delta F}^2} \quad (\text{Eq.10})$$

$$h = \frac{\rho_{\Delta V, \Delta F} \times \sigma_{\Delta V} \sigma_{\Delta F}}{\sigma_{\Delta F}^2} \quad (\text{Eq.11})$$

$$h = \rho_{\Delta V, \Delta F} \times \frac{\sigma_{\Delta V}}{\sigma_{\Delta F}} \quad (\text{Eq.12})$$

Podemos visualizar graficamente isto no abaixo:

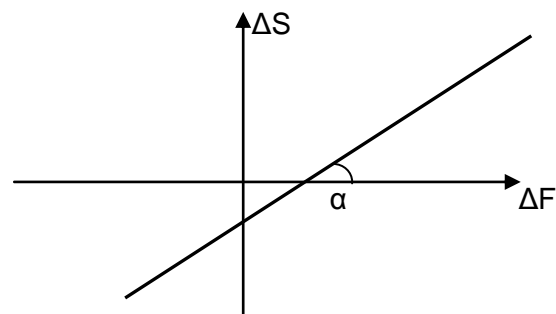
Gráfico 1: Dependência da variância da posição do *hedge* sobre a razão de *hedge*



Fonte: Hull, 2005.

Segundo Hull (2005) a hipótese implícita no método de cálculo da razão ótima de *hedge* é de que o futuro terá padrão de comportamento igual ao passado. Ele também define a razão ótima de *hedge*, *h*, como a inclinação da reta que melhor se ajusta à regressão de  $\Delta V$  contra  $\Delta F$ , representado pelo gráfico 2.

Gráfico 2: Regressão da variação do preço à vista ( $\Delta S$ ) contra a variação do preço futuro ( $\Delta F$ ).



Fonte: Hull, 2005.

## 2.5 Exchange Trade Funds

Existe, no mercado financeiro, uma grande procura por parte dos investidores de se obter um ativo cuja rentabilidade represente o desempenho de determinado índice ações. Entretanto, montar uma carteira de ativos com esse objetivo demanda um alto custo operacional, isto porque os principais índices do mercado financeiro são compostos de diversos ativos em diferentes proporções e possuem um complexo método de cálculo. Como alternativa de investimento diante dessa dificuldade, existem os *Exchange Trade Funds* (ETFs).

De acordo com o site da BM&FBovespa (<http://www.bmfbovespa.com.br> - acesso em 21/07/2010), ETFs podem ser definidos como fundos que buscam obter o retorno de determinado índice e cujas cotas podem ser negociadas no mercado secundário. Esse tipo de investimento é apresentado como uma forma de diversificação, porque a composição da carteira do fundo replica a composição do índice desejado. Assim, o investidor que comprar cotas de um ETF em bolsa ou solicitar a emissão terá o rendimento de seu capital igual a variação do índice ao qual o fundo é vinculado. Da mesma forma, se o investidor que quiser se desfazer desse investimento, poderá vender suas cotas em bolsa ou solicitar o resgate.

Um ETF, por ser um fundo, deve seguir as regras que regem o funcionamento do mercado de fundos. Precisa possuir um regulamento que contenha informações sobre seu

funcionamento, objetivo do fundo, suas características e política de investimento. Nesse contexto, podemos encontrar seis entidades envolvidas que desempenham funções específicas: a bolsa de valores, o gestor do fundo, o administrador do fundo, os agentes autorizados, formador de mercado e o custodiante.

A bolsa de valores é a entidade que fornece a plataforma para a listagem, a compra e a venda do ativo. O gestor do fundo é responsável pela gestão da carteira do fundo e por replicar o desempenho do índice de referência. Ao administrador compete a administração geral e o relacionamento com os órgãos reguladores. Os agentes autorizados são corretoras que o investidor deve procurar para investir em ETFs e relacionam-se diretamente com o administrador do fundo. O formador de mercado tem a função de fornecer liquidez diária ao produto através de ofertas de compra e venda, de forma contínua e numa quantidade mínima, respeitando um *spread* máximo. E o custodiante é a parte envolvida que assegura a guarda dos ETFs e dos ativos que o compõe, operacionaliza a emissão e o resgate das cotas.

Um ETF pode ser negociado no mercado secundário através de intermediação financeira de uma corretora de valores. Assim como qualquer outro ativo negociado na Bovespa, as cotas de ETF possuem preços de compra e venda, e cotação diária. O ETF mais negociado é o BOVA11, que replica o índice Ibovespa (<http://www.bmfbovespa.com.br> - acesso em 21/07/2010).

Posteriormente, o BOVA11 será utilizado neste estudo para o teste de efetividade da razão ótima de *hedge* através do critério da mínima variância.



### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Tipo de Pesquisa**

Seguindo os critérios definidos por Vergara (2009), o presente estudo pode ser classificado como pesquisa aplicada quanto aos fins, e empírica quanto aos meios de investigação. Neste estudo, será testada a efetividade do método da mínima variância em uma operação de *hedge* utilizando contratos futuros do índice Ibovespa. Essa experiência se aproxima ao que David (1995) realizou, na qual comparou uma operação utilizando a razão ótima com outra de razão um para um, utilizando contratos futuros de dólar de vencimentos, na qual ele concluiu que a relação de *hedge* calculada pelo método da mínima variância é apenas um indicador que permite mensurar exposições.

#### **3.2 Amostra**

A amostra da pesquisa restringiu-se apenas ao contrato futuro do índice Ibovespa com data de vencimento em 18 de Agosto de 2010.

#### **3.3 Coleta de dados**

Os dados coletados são referentes ao período de 30 dias úteis, entre os dias 26 de Maio de 2010 e 08 de Julho de 2010. Foram coletados as cotações de fechamento do índice Ibovespa no site do Ipeadata, o preço de fechamento da cota do ETF BOVA11 foi coletado junto a uma corretora de valores, e dados de ajuste diário do contrato futuro do índice Ibovespa, com vencimento em Agosto de 2010, foram coletados no site da BM&F.

#### **3.4 Tratamento dos dados**

A partir dos dados coletados, será calculado, numa planilha Excel, a variação diária do índice Ibovespa (IBOV), do ETF vinculado ao índice Ibovespa (BOVA11) e do contrato

futuro do índice Ibovespa (INDQ10). Após isto, será calculada a razão de *hedge* ótima para um primeiro período, referente aos quinze primeiros pregões, e em seguida para um segundo período, referente aos quinze pregões seguintes, entre o IBOV e o INDQ10, e entre o BOVA11 e o INDQ10.

Para a aplicação do teste empírico, serão consideradas duas supostas operações de proteção com duração de quinze dias úteis, com data de abertura da posição em 18/06/2010 e fechamento em 08/07/2010. Para a primeira operação teremos IBOV na ponta comprada e INDQ10 na ponta vendida, enquanto para a segunda teremos BOVA11 na ponta comprada e INDQ10 na ponta vendida. Serão analisados os resultados diários das operações considerando que na ponta comprada teremos apenas a posição de uma única unidade do ativo, enquanto que na ponta vendida teremos tanto a proporção de um contrato como também em outras proporções, calculadas a partir da definição matemática do *hedge* de variância mínima.

Dessa forma, poderemos comparar os retornos diários das operações nas proporções sugeridas, e será possível avaliar se a razão de *hedge* proposta pela teoria da mínima variância é eficaz no objetivo de minimizar as variações dos resultados diários numa operação de proteção utilizando um contrato futuro do índice Ibovespa.

#### 4. APLICAÇÃO

Conforme especificado na metodologia a primeira etapa consiste em analisar os dados de fechamento diário em dois períodos de quinze dias úteis: entre 26/05/2010 e 17/06/2010, e do dia 18/06/2010 até 08/07/2010.

Tabela 2: Preço de fechamento do índice Ibovespa, do ETF referenciado ao Ibovespa e do contrato futuro referenciado ao Ibovespa com vencimento em agosto de 2010.

| <b>data</b> | <b>IBOVESPA</b> | <b>BOVA11</b> | <b>INDQ10</b> |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| 26/05/2010  | 60.190          | 59.840        | 60.565        |
| 27/05/2010  | 62.091          | 61.700        | 63.137        |
| 28/05/2010  | 61.946          | 61.400        | 62.795        |
| 31/05/2010  | 63.046          | 62.420        | 63.745        |
| 01/06/2010  | 61.840          | 61.600        | 62.785        |
| 02/06/2010  | 62.943          | 62.700        | 64.257        |
| 04/06/2010  | 61.676          | 61.120        | 62.523        |
| 07/06/2010  | 61.182          | 60.450        | 62.055        |
| 08/06/2010  | 61.856          | 61.300        | 62.716        |
| 09/06/2010  | 61.478          | 61.000        | 62.384        |
| 10/06/2010  | 63.048          | 62.500        | 63.966        |
| 11/06/2010  | 63.605          | 63.200        | 64.600        |
| 14/06/2010  | 63.532          | 62.870        | 64.478        |
| 15/06/2010  | 64.442          | 64.010        | 65.481        |
| 16/06/2010  | 64.750          | 64.200        | 65.825        |
| 17/06/2010  | 64.540          | 64.100        | 65.463        |

Tabela 3: Preço de fechamento do índice Ibovespa, do ETF referenciado ao Ibovespa e do contrato futuro referenciado ao Ibovespa com vencimento em agosto de 2010.

| <b>data</b> | <b>IBOVESPA</b> | <b>BOVA11</b> | <b>INDQ10</b> |
|-------------|-----------------|---------------|---------------|
| 18/06/2010  | 64.437          | 64.200        | 65.196        |
| 21/06/2010  | 64.829          | 64.400        | 65.777        |
| 22/06/2010  | 64.810          | 64.350        | 65.722        |
| 23/06/2010  | 65.160          | 64.800        | 66.072        |
| 24/06/2010  | 63.936          | 63.600        | 64.834        |
| 25/06/2010  | 64.823          | 64.450        | 65.789        |
| 28/06/2010  | 64.225          | 63.850        | 65.062        |
| 29/06/2010  | 61.977          | 61.630        | 62.674        |
| 30/06/2010  | 60.936          | 60.370        | 61.517        |
| 01/07/2010  | 61.236          | 60.620        | 61.935        |
| 02/07/2010  | 61.430          | 60.900        | 62.035        |
| 05/07/2010  | 60.865          | 60.390        | 61.553        |
| 06/07/2010  | 62.064          | 61.600        | 62.650        |
| 07/07/2010  | 63.283          | 62.800        | 63.900        |
| 08/07/2010  | 63.476          | 63.100        | 64.114        |

As cotações de fechamento referente ao BOVA11 foram multiplicadas por mil para facilitar o cálculo matemático. Isto não implicará em alterações no resultado final.

A partir das Tabelas 2 e 3 podemos calcular as variações absolutas diárias dos dois períodos.

Tabela 4: Variação do preço de fechamento do índice Ibovespa, do ETF referenciado ao Ibovespa e do contrato futuro referenciado ao Ibovespa com vencimento em agosto de 2010.

| data       | $\Delta$ IBOV | $\Delta$ BOVA11 | $\Delta$ INDQ10 |
|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 26/05/2010 |               |                 |                 |
| 27/05/2010 | 1.901         | 1.860           | 2.572           |
| 28/05/2010 | (145)         | (300)           | (342)           |
| 31/05/2010 | 1.100         | 1.020           | 950             |
| 01/06/2010 | (1.206)       | (820)           | (960)           |
| 02/06/2010 | 1.103         | 1.100           | 1.472           |
| 04/06/2010 | (1.267)       | (1.580)         | (1.734)         |
| 07/06/2010 | (494)         | (670)           | (468)           |
| 08/06/2010 | 674           | 850             | 661             |
| 09/06/2010 | (378)         | (300)           | (332)           |
| 10/06/2010 | 1.570         | 1.500           | 1.582           |
| 11/06/2010 | 557           | 700             | 634             |
| 14/06/2010 | (73)          | (330)           | (122)           |
| 15/06/2010 | 910           | 1.140           | 1.003           |
| 16/06/2010 | 308           | 190             | 344             |
| 17/06/2010 | (210)         | (100)           | (362)           |

Onde,  $\Delta$  é a variação absoluta em relação ao fechamento do dia anterior.

Desvio\_padrão<sub>IBOV</sub> = 942,9190443;

Desvio\_padrão<sub>BOVA11</sub> = 971,5583947;

Desvio\_padrão<sub>INDQ10</sub> = 1.104,262835;

Correlação<sub>IBOV x INDQ10</sub> = 0,979893906;

Correlação<sub>BOVA11 x INDQ10</sub> = 0,977874568.

Tabela 5: Variação do preço de fechamento do índice Ibovespa, do ETF referenciado ao Ibovespa e do contrato futuro referenciado ao Ibovespa com vencimento em agosto de 2010.

| data       | $\Delta$ IBOV | $\Delta$ BOVA11 | $\Delta$ INDQ10 |
|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 18/06/2010 | (103)         | 100             | (267)           |
| 21/06/2010 | 392           | 200             | 581             |
| 22/06/2010 | (19)          | (50)            | (55)            |
| 23/06/2010 | 350           | 450             | 350             |
| 24/06/2010 | (1.224)       | (1.200)         | (1.238)         |
| 25/06/2010 | 887           | 850             | 955             |
| 28/06/2010 | (598)         | (600)           | (727)           |
| 29/06/2010 | (2.248)       | (2.220)         | (2.388)         |
| 30/06/2010 | (1.041)       | (1.260)         | (1.157)         |
| 01/07/2010 | 300           | 250             | 418             |
| 02/07/2010 | 194           | 280             | 100             |
| 05/07/2010 | (565)         | (510)           | (482)           |
| 06/07/2010 | 1.199         | 1.210           | 1.097           |
| 07/07/2010 | 1.219         | 1.200           | 1.250           |
| 08/07/2010 | 193           | 300             | 214             |

Onde,  $\Delta$  é a variação absoluta em relação ao fechamento do dia anterior.

Desvio\_padrão<sub>IBOV</sub> = 941,0882403;

Desvio\_padrão<sub>BOVA11</sub> = 949,5086449;

Desvio\_padrão<sub>INDQ10</sub> = 987,6450683;

Correlação<sub>IBOV x INDQ10</sub> = 0,995238453;

Correlação<sub>BOVA11 x INDQ10</sub> = 0,984275226.

Chamaremos de período 1 o intervalo entre as datas 26/05/2010 e 17/06/2010, e de período 2 o intervalo dos dias 18/06/2010 até 08/07/2010.

Com os dados disponíveis, podemos calcular a razão de *hedge* ótima para o período 1.

$$h_{1IBOV} = 0,979893906 \times \frac{942,9190443}{1.104,262835} = 0,836721653;$$

$$h_{1BOVA11} = 0,979893906 \times \frac{971,5583947}{1.104,262835} = 0,860358797.$$

Onde,

$h_{1 \text{ IBOV}}$  = razão ótima entre IBOV e INDQ10 para o período 1;

$h_{1 \text{ BOVA11}}$  = razão ótima entre BOVA11 e INDQ 10 para o período 1.

Esses resultados podem ser obtidos pela regressão no Excel, onde X é  $\Delta\text{IBOV}$  e Y é  $\Delta\text{INDQ10}$ , e o coeficiente angular,  $h_{1 \text{ IBOV}}$ , a Variável X 1.

A interpretação das regressões referentes a  $h_{1 \text{ BOVA11}}$ ,  $h_{2 \text{ IBOV}}$  e  $h_{2 \text{ BOVA11}}$  seguem esse mesmo raciocínio.

Regressão no Excel referente ao  $h_1$  BOV:

| RESUMO DOS RESULTADOS           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Estatística de regressão</i> |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R múltiplo                      | 0,979893906          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-Quadrado                      | 0,960192067          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-quadrado ajustado             | 0,957129919          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Erro padrão                     | 195,232251           |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Observações                     | 15                   |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| ANOVA                           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>gl</i>            | <i>SQ</i>          | <i>MQ</i>              | <i>F</i>                    | <i>F de significação</i> |                       |                       |                       |
| Regressão                       | 1                    | 11951845           | 11951845               | 313,5681                    | 1,75E-10                 |                       |                       |                       |
| Resíduo                         | 13                   | 495503,2           | 38115,63               |                             |                          |                       |                       |                       |
| Total                           | 14                   | 12447349           |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i>          | <i>valor-P</i>              | <i>95% inferiores</i>    | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
| Interseção                      | 16,78248942          | 52,71718           | 0,31835                | 0,755276                    | -97,1061                 | 130,671               | -97,1061              | 130,671               |
| Variável X 1                    | 0,836721653          | 0,047251           | 17,70785               | 1,75E-10                    | 0,734641                 | 0,938802              | 0,734641              | 0,938802              |
| RESULTADOS DE RESÍDUOS          |                      |                    |                        | RESULTADOS DE PROBABILIDADE |                          |                       |                       |                       |
| <i>Observação</i>               | <i>Y previsto</i>    | <i>Resíduos</i>    | <i>Resíduos padrão</i> | <i>Percentil</i>            | <i>Y</i>                 |                       |                       |                       |
| 1                               | 2168,830582          | -267,831           | -1,42364               | 3,333333                    | -1267,16                 |                       |                       |                       |
| 2                               | -269,376316          | 124,3763           | 0,661117               | 10                          | -1206                    |                       |                       |                       |
| 3                               | 811,6680602          | 288,3319           | 1,532617               | 16,66667                    | -493,75                  |                       |                       |                       |
| 4                               | -786,470298          | -419,53            | -2,22999               | 23,33333                    | -377,52                  |                       |                       |                       |
| 5                               | 1248,436763          | -145,527           | -0,77354               | 30                          | -210                     |                       |                       |                       |
| 6                               | -1434,09286          | 166,9329           | 0,887325               | 36,66667                    | -145                     |                       |                       |                       |
| 7                               | -374,803244          | -118,947           | -0,63226               | 43,33333                    | -73                      |                       |                       |                       |
| 8                               | 569,8555024          | 103,6645           | 0,551024               | 50                          | 308                      |                       |                       |                       |
| 9                               | -261,0091            | -116,511           | -0,61931               | 56,66667                    | 557                      |                       |                       |                       |
| 10                              | 1340,476145          | 229,5239           | 1,220025               | 63,33333                    | 673,52                   |                       |                       |                       |
| 11                              | 547,2640177          | 9,735982           | 0,051751               | 70                          | 910                      |                       |                       |                       |
| 12                              | -85,2975523          | 12,29755           | 0,065367               | 76,66667                    | 1100                     |                       |                       |                       |
| 13                              | 856,0143078          | 53,98569           | 0,286959               | 83,33333                    | 1102,91                  |                       |                       |                       |
| 14                              | 304,6147382          | 3,385262           | 0,017994               | 90                          | 1570                     |                       |                       |                       |
| 15                              | -286,110749          | 76,11075           | 0,404564               | 96,66667                    | 1901                     |                       |                       |                       |



Regressão no Excel referente ao  $h_1$  BOVA11:

| RESUMO DOS RESULTADOS           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Estatística de regressão</i> |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R múltiplo                      | 0,977874568          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-Quadrado                      | 0,95623867           |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-quadrado ajustado             | 0,952872414          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Erro padrão                     | 210,9145334          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Observações                     | 15                   |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| ANOVA                           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>gl</i>            | <i>SQ</i>          | <i>MQ</i>              | <i>F</i>                    | <i>F de significação</i> |                       |                       |                       |
| Regressão                       | 1                    | 12636656           | 12636656               | 284,0659                    | 3,25E-10                 |                       |                       |                       |
| Resíduo                         | 13                   | 578304,2           | 44484,94               |                             |                          |                       |                       |                       |
| Total                           | 14                   | 13214960           |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i>          | <i>valor-P</i>              | <i>95% inferiores</i>    | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
| Interseção                      | 3,06417399           | 56,95176           | 0,053803               | 0,95791                     | -119,973                 | 126,101               | -119,973              | 126,101               |
| Variável X 1                    | 0,860358797          | 0,051047           | 16,85426               | 3,25E-10                    | 0,750079                 | 0,970639              | 0,750079              | 0,970639              |
| RESULTADOS DE RESÍDUOS          |                      |                    |                        | RESULTADOS DE PROBABILIDADE |                          |                       |                       |                       |
| <i>Observação</i>               | <i>Y previsto</i>    | <i>Resíduos</i>    | <i>Resíduos padrão</i> | <i>Percentil</i>            | <i>Y</i>                 |                       |                       |                       |
| 1                               | 2215,9070            | -355,907           | -1,75115               | 3,333333                    | -1580                    |                       |                       |                       |
| 2                               | -291,1785            | -8,82147           | -0,0434                | 10                          | -820                     |                       |                       |                       |
| 3                               | 820,4050             | 199,595            | 0,982054               | 16,66667                    | -670                     |                       |                       |                       |
| 4                               | -822,8803            | 2,880272           | 0,014172               | 23,33333                    | -330                     |                       |                       |                       |
| 5                               | 1269,5123            | -169,512           | -0,83404               | 30                          | -300                     |                       |                       |                       |
| 6                               | -1488,7980           | -91,202            | -0,44874               | 36,66667                    | -300                     |                       |                       |                       |
| 7                               | -399,5837            | -270,416           | -1,33051               | 43,33333                    | -100                     |                       |                       |                       |
| 8                               | 571,7613             | 278,2387           | 1,369                  | 50                          | 190                      |                       |                       |                       |
| 9                               | -282,5749            | -17,4251           | -0,08574               | 56,66667                    | 700                      |                       |                       |                       |
| 10                              | 1364,1518            | 135,8482           | 0,668405               | 63,33333                    | 850                      |                       |                       |                       |
| 11                              | 548,5317             | 151,4683           | 0,74526                | 70                          | 1020                     |                       |                       |                       |
| 12                              | -101,8996            | -228,1             | -1,12231               | 76,66667                    | 1100                     |                       |                       |                       |
| 13                              | 866,0040             | 273,996            | 1,348124               | 83,33333                    | 1140                     |                       |                       |                       |
| 14                              | 299,0276             | -109,028           | -0,53644               | 90                          | 1500                     |                       |                       |                       |
| 15                              | -308,3857            | 208,3857           | 1,025307               | 96,66667                    | 1860                     |                       |                       |                       |

Para o período 2, temos:

$$h_{2\ IBOV} = 0,995238453 \times \frac{941,0882403}{987,6450683} = 0,948323679;$$

$$h_{2\ BOVA11} = 0,984275226 \times \frac{949,5086449}{987,6450683} = 0,946268924.$$

Onde,

$h_{2\ IBOV}$  = razão ótima entre IBOV e INDQ10 para o período 2;

$h_{2\ BOVA11}$  = razão ótima entre BOVA11 e INDQ 10 para o período 2.

Regressão no Excel referente ao  $h_2$  IBOV:

| RESUMO DOS RESULTADOS           |                      |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Estatística de regressão</i> |                      |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| R múltiplo                      | 0,995238453          |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| R-Quadrado                      | 0,990499579          |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| R-quadrado ajustado             | 0,989768777          |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| Erro padrão                     | 95,19061157          |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| Observações                     | 15                   |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
| ANOVA                           |                      |                    |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
|                                 | <i>gl</i>            | <i>SQ</i>          | <i>MQ</i>              | <i>F</i>         | <i>F de significação</i>    |                       |                       |                       |
| Regressão                       | 1                    | 12281263           | 12281263               | 1355,36          | 1,56E-14                    |                       |                       |                       |
| Resíduo                         | 13                   | 117796,3           | 9061,253               |                  |                             |                       |                       |                       |
| Total                           | 14                   | 12399059           |                        |                  |                             |                       |                       |                       |
|                                 | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i>          | <i>valor-P</i>   | <i>95% inferiores</i>       | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
| Interseção                      | 14,3525762           | 24,68704           | 0,581381               | 0,570927         | -38,9805                    | 67,68569              | -38,9805              | 67,68569              |
| Variável X 1                    | 0,948323679          | 0,025759           | 36,81522               | 1,56E-14         | 0,892675                    | 1,003973              | 0,892675              | 1,003973              |
| RESULTADOS DE RESÍDUOS          |                      |                    |                        |                  | RESULTADOS DE PROBABILIDADE |                       |                       |                       |
| <i>Observação</i>               | <i>Y previsto</i>    | <i>Resíduos</i>    | <i>Resíduos padrão</i> | <i>Percentil</i> | <i>Y</i>                    |                       |                       |                       |
| 1                               | -238,8498            | 135,8498           | 1,481008               | 3,333333         | -2248                       |                       |                       |                       |
| 2                               | 565,3286             | -173,329           | -1,88959               | 10               | -1224                       |                       |                       |                       |
| 3                               | -37,8052             | 18,80523           | 0,205011               | 16,66667         | -1041,1                     |                       |                       |                       |
| 4                               | 346,2659             | 3,734136           | 0,040709               | 23,33333         | -598                        |                       |                       |                       |
| 5                               | -1159,6721           | -64,3279           | -0,70129               | 30               | -564,79                     |                       |                       |                       |
| 6                               | 920,0017             | -33,0017           | -0,35978               | 36,66667         | -103                        |                       |                       |                       |
| 7                               | -675,0787            | 77,07874           | 0,840297               | 43,33333         | -19                         |                       |                       |                       |
| 8                               | -2250,2444           | 2,244369           | 0,024468               | 50               | 193                         |                       |                       |                       |
| 9                               | -1082,8579           | 41,75792           | 0,455237               | 56,66667         | 193,59                      |                       |                       |                       |
| 10                              | 410,7519             | -110,452           | -1,20412               | 63,33333         | 300,3                       |                       |                       |                       |
| 11                              | 109,1849             | 84,40506           | 0,920167               | 70               | 350                         |                       |                       |                       |
| 12                              | -442,7394            | -122,051           | -1,33057               | 76,66667         | 392                         |                       |                       |                       |
| 13                              | 1054,6637            | 144,3363           | 1,573526               | 83,33333         | 887                         |                       |                       |                       |
| 14                              | 1199,7572            | 19,24283           | 0,209781               | 90               | 1199                        |                       |                       |                       |
| 15                              | 217,2938             | -24,2938           | -0,26485               | 96,66667         | 1219                        |                       |                       |                       |

Regressão no Excel referente ao  $h_2$  BOVA11:

| RESUMO DOS RESULTADOS           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|---------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Estatística de regressão</i> |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R múltiplo                      | 0,984275226          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-Quadrado                      | 0,96879772           |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| R-quadrado ajustado             | 0,966397545          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Erro padrão                     | 174,0541686          |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| Observações                     | 15                   |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
| ANOVA                           |                      |                    |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>gl</i>            | <i>SQ</i>          | <i>MQ</i>              | <i>F</i>                    | <i>F de significação</i> |                       |                       |                       |
| Regressão                       | 1                    | 12228100           | 12228100               | 403,6362                    | 3,59E-11                 |                       |                       |                       |
| Resíduo                         | 13                   | 393833,1           | 30294,85               |                             |                          |                       |                       |                       |
| Total                           | 14                   | 12621933           |                        |                             |                          |                       |                       |                       |
|                                 | <i>Coefficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i>          | <i>valor-P</i>              | <i>95% inferiores</i>    | <i>95% superiores</i> | <i>Inferior 95,0%</i> | <i>Superior 95,0%</i> |
| Interseção                      | 18,43445187          | 45,13978           | 0,408386               | 0,689637                    | -79,0841                 | 115,953               | -79,0841              | 115,953               |
| Variável X 1                    | 0,946268924          | 0,0471             | 20,0907                | 3,59E-11                    | 0,844516                 | 1,048022              | 0,844516              | 1,048022              |
| RESULTADOS DE RESÍDUOS          |                      |                    |                        | RESULTADOS DE PROBABILIDADE |                          |                       |                       |                       |
| <i>Observação</i>               | <i>Y previsto</i>    | <i>Resíduos</i>    | <i>Resíduos padrão</i> | <i>Percentil</i>            | <i>Y</i>                 |                       |                       |                       |
| 1                               | -234,2194            | 334,2194           | 1,992689               | 3,333333                    | -2220                    |                       |                       |                       |
| 2                               | 568,2167             | -368,217           | -2,19539               | 10                          | -1260                    |                       |                       |                       |
| 3                               | -33,6103             | -16,3897           | -0,09772               | 16,66667                    | -1200                    |                       |                       |                       |
| 4                               | 349,6286             | 100,3714           | 0,598436               | 23,33333                    | -600                     |                       |                       |                       |
| 5                               | -1153,0465           | -46,9535           | -0,27995               | 30                          | -510                     |                       |                       |                       |
| 6                               | 922,1213             | -72,1213           | -0,43                  | 36,66667                    | -50                      |                       |                       |                       |
| 7                               | -669,5031            | 69,50306           | 0,414392               | 43,33333                    | 100                      |                       |                       |                       |
| 8                               | -2241,2557           | 21,25574           | 0,126731               | 50                          | 200                      |                       |                       |                       |
| 9                               | -1076,3987           | -183,601           | -1,09467               | 56,66667                    | 250                      |                       |                       |                       |
| 10                              | 413,9749             | -163,975           | -0,97765               | 63,33333                    | 280                      |                       |                       |                       |
| 11                              | 113,0613             | 166,9387           | 0,995325               | 70                          | 300                      |                       |                       |                       |
| 12                              | -437,6672            | -72,3328           | -0,43126               | 76,66667                    | 450                      |                       |                       |                       |
| 13                              | 1056,4915            | 153,5085           | 0,915252               | 83,33333                    | 850                      |                       |                       |                       |
| 14                              | 1201,2706            | -1,27061           | -0,00758               | 90                          | 1200                     |                       |                       |                       |
| 15                              | 220,9360             | 79,064             | 0,471397               | 96,66667                    | 1210                     |                       |                       |                       |

Uma vez calculadas as razões de *hedge*, para a etapa seguinte, montaremos as operações de proteção, em que na ponta comprada teremos uma unidade do IBOV, e na ponta vendida o contrato futuro INDQ10 na proporção da razão do período 1. Em seguida, a mesma operação será montada utilizando a proporção de um para um. E por fim, será feito uma análise comparativa dos resultados diários de cada operação.

Posteriormente, o mesmo procedimento será repetido utilizando BOVA11 na ponta comprada, e o contrato futuro INDQ10 na ponta vendida.

Assim temos:

Operação1:

Abertura da posição:18/06/2010;

Fechamento da posição:08/07/2010;

Compra de uma unidade do IBOV e venda de 0,836721653 do INDQ10.

Operação 2:

Abertura da posição: 18/06/2010;

Fechamento da posição: 08/07/2010;

Compra de uma unidade do IBOV e venda de um contrato futuro INDQ10.

Na tabela 6, podemos verificar as cotações de fechamento e ajuste do IBOV e do INDQ10 no período da operação, e o acompanhamento dos resultados diário e acumulado das operações 1 e 2.

Tabela 6: Acompanhamento dos resultados diários das operações 1 e 2.

| data       | Ibovespa | INDQ10 | Resultado diário |            | Resultado acumulado |            |
|------------|----------|--------|------------------|------------|---------------------|------------|
|            |          |        | Operação 1       | Operação 2 | Operação 1          | Operação 2 |
| 18/06/2010 | 64.437   | 65.196 |                  |            |                     |            |
| 21/06/2010 | 64.829   | 65.777 | (94,14)          | (189,00)   | (94,14)             | (189,00)   |
| 22/06/2010 | 64.810   | 65.722 | 27,02            | 36,00      | (67,12)             | (153,00)   |
| 23/06/2010 | 65.160   | 66.072 | 57,15            | 0,00       | (9,97)              | (153,00)   |
| 24/06/2010 | 63.936   | 64.834 | (188,14)         | 14,00      | (198,11)            | (139,00)   |
| 25/06/2010 | 64.823   | 65.789 | 87,93            | (68,00)    | (110,18)            | (207,00)   |
| 28/06/2010 | 64.225   | 65.062 | 10,30            | 129,00     | (99,88)             | (78,00)    |
| 29/06/2010 | 61.977   | 62.674 | (249,91)         | 140,00     | (349,79)            | 62,00      |
| 30/06/2010 | 60.936   | 61.517 | (73,01)          | 115,90     | (422,80)            | 177,90     |
| 01/07/2010 | 61.236   | 61.935 | (49,45)          | (117,70)   | (472,25)            | 60,20      |
| 02/07/2010 | 61.430   | 62.035 | 109,92           | 93,59      | (362,33)            | 153,79     |
| 05/07/2010 | 60.865   | 61.553 | (161,49)         | (82,79)    | (523,82)            | 71,00      |
| 06/07/2010 | 62.064   | 62.650 | 281,12           | 102,00     | (242,71)            | 173,00     |
| 07/07/2010 | 63.283   | 63.900 | 173,10           | (31,00)    | (69,61)             | 142,00     |
| 08/07/2010 | 63.476   | 64.114 | 13,94            | (21,00)    | (55,67)             | 121,00     |

A partir dos dados da coluna de resultados diários da tabela 6, podemos calcular o desvio\_padrão dos resultados diários da operação 1 e 2.

Desvio\_padrão<sub>Operação 1</sub> = 145,03;

Desvio\_padrão<sub>Operação 2</sub> = 100,67.

Podemos averiguar que, a operação na qual foi utilizada a razão ótima de *hedge* proposta pela teoria do *hedge* de variância mínima apresentou maior variação nos resultados diários do que a operação na qual foi utilizada a proporção um para um. Isto, quando utilizamos para o cálculo da razão ótima, uma base histórica de dados anteriores de fechamento proporcional à duração da operação.

A tabela 7 apresenta as mesmas informações da tabela 6, entretanto, considerando a razão do *hedge* da operação 1 igual a 0,948323679; que é a razão ótima calculada a partir dos dados do período 2, o qual é o período da operação.

Tabela 7: Acompanhamento dos resultados das operações 1 e 2.

| data       | Ibovespa | INDQ10 | Resultado diário |            | Resultado acumulado |            |
|------------|----------|--------|------------------|------------|---------------------|------------|
|            |          |        | Operação 1       | Operação 2 | Operação 1          | Operação 2 |
| 18/06/2010 | 64.437   | 65.196 |                  |            |                     |            |
| 21/06/2010 | 64.829   | 65.777 | (158,98)         | (189,00)   | (158,98)            | (189,00)   |
| 22/06/2010 | 64.810   | 65.722 | 33,16            | 36,00      | (125,82)            | (153,00)   |
| 23/06/2010 | 65.160   | 66.072 | 18,09            | 0,00       | (107,73)            | (153,00)   |
| 24/06/2010 | 63.936   | 64.834 | (49,98)          | 14,00      | (157,71)            | (139,00)   |
| 25/06/2010 | 64.823   | 65.789 | (18,65)          | (68,00)    | (176,36)            | (207,00)   |
| 28/06/2010 | 64.225   | 65.062 | 91,43            | 129,00     | (84,92)             | (78,00)    |
| 29/06/2010 | 61.977   | 62.674 | 16,60            | 140,00     | (68,33)             | 62,00      |
| 30/06/2010 | 60.936   | 61.517 | 56,11            | 115,90     | (12,22)             | 177,90     |
| 01/07/2010 | 61.236   | 61.935 | (96,10)          | (117,70)   | (108,32)            | 60,20      |
| 02/07/2010 | 61.430   | 62.035 | 98,76            | 93,59      | (9,56)              | 153,79     |
| 05/07/2010 | 60.865   | 61.553 | (107,70)         | (82,79)    | (117,26)            | 71,00      |
| 06/07/2010 | 62.064   | 62.650 | 158,69           | 102,00     | 41,43               | 173,00     |
| 07/07/2010 | 63.283   | 63.900 | 33,60            | (31,00)    | 75,03               | 142,00     |
| 08/07/2010 | 63.476   | 64.114 | (9,94)           | (21,00)    | 65,09               | 121,00     |

Comparando as colunas de resultados diários da operação 1 e 2, temos:

Desvio\_padrão<sub>Operação 1</sub> = 86,83;

Desvio\_padrão<sub>Operação 2</sub> = 100,67.

Percebemos que, houve uma alteração no desvio\_padrão da operação 1 da tabela 6 em relação à tabela 7. Isto pode ser explicado uma vez que houve uma mudança significativa no resultado do cálculo da razão ótima do período 1 para o período 2. A razão de *hedge* do período 2 foi mais eficiente no objetivo de minimizar os resultados diários o que a razão do período 1.

Esse mesmo efeito pode ser observado quando realizamos o mesmo teste utilizando o BOVA11 no lugar do IBOV.

Assim, temos:

Operação 3:

Abertura da posição: 18/06/2010;

Fechamento da posição: 08/07/2010;

Compra de uma unidade do BOVA11 e venda de 0,860358797 do INDQ10.

Operação 4:

Abertura da posição: 18/06/2010;

Fechamento da posição: 08/07/2010;

Compra de uma unidade do BOVA11 e venda de um contrato futuro INDQ10.

Tabela 8: Acompanhamento dos resultados das operações 3 e 4.

| data       | BOVA11 | INDQ10 | Resultado diário |            | Resultado acumulado |            |
|------------|--------|--------|------------------|------------|---------------------|------------|
|            |        |        | Operação 3       | Operação 4 | Operação 3          | Operação 4 |
| 18/06/2010 | 64,20  | 65.196 |                  |            |                     |            |
| 21/06/2010 | 64,40  | 65.777 | (299,87)         | (381,00)   | (299,87)            | (381,00)   |
| 22/06/2010 | 64,35  | 65.722 | (2,68)           | 5,00       | (302,55)            | (376,00)   |
| 23/06/2010 | 64,80  | 66.072 | 148,87           | 100,00     | (153,67)            | (276,00)   |
| 24/06/2010 | 63,60  | 64.834 | (134,88)         | 38,00      | (288,55)            | (238,00)   |
| 25/06/2010 | 64,45  | 65.789 | 28,36            | (105,00)   | (260,19)            | (343,00)   |
| 28/06/2010 | 63,85  | 65.062 | 25,48            | 127,00     | (234,71)            | (216,00)   |
| 29/06/2010 | 61,63  | 62.674 | (165,46)         | 168,00     | (400,18)            | (48,00)    |
| 30/06/2010 | 60,37  | 61.517 | (264,56)         | (103,00)   | (664,74)            | (151,00)   |
| 01/07/2010 | 60,62  | 61.935 | (109,63)         | (168,00)   | (774,37)            | (319,00)   |
| 02/07/2010 | 60,90  | 62.035 | 193,96           | 180,00     | (580,41)            | (139,00)   |
| 05/07/2010 | 60,39  | 61.553 | (95,31)          | (28,00)    | (675,71)            | (167,00)   |
| 06/07/2010 | 61,60  | 62.650 | 266,19           | 113,00     | (409,53)            | (54,00)    |
| 07/07/2010 | 62,80  | 63.900 | 124,55           | (50,00)    | (284,97)            | (104,00)   |
| 08/07/2010 | 63,10  | 64.114 | 115,88           | 86,00      | (169,09)            | (18,00)    |

Desvio\_padrão<sub>Operação 3</sub> = 172,22;

Desvio\_padrão<sub>Operação 4</sub> = 153,59.

Quando utilizamos a razão de *hedge* do período 2 (0,946268924 contratos) na operação 4, obtemos os resultados da tabela 9.



Tabela 9: Acompanhamento dos resultados das operações 3 e 4.

| data       | BOVA11 | INDQ10 | Resultado diário |            | Resultado acumulado |            |
|------------|--------|--------|------------------|------------|---------------------|------------|
|            |        |        | Operação 3       | Operação 4 | Operação 3          | Operação 4 |
| 18/06/2010 | 64,20  | 65.196 |                  |            |                     |            |
| 21/06/2010 | 64,40  | 65.777 | (349,78)         | (381,00)   | (349,78)            | (381,00)   |
| 22/06/2010 | 64,35  | 65.722 | 2,04             | 5,00       | (347,74)            | (376,00)   |
| 23/06/2010 | 64,80  | 66.072 | 118,81           | 100,00     | (228,93)            | (276,00)   |
| 24/06/2010 | 63,60  | 64.834 | (28,52)          | 38,00      | (257,45)            | (238,00)   |
| 25/06/2010 | 64,45  | 65.789 | (53,69)          | (105,00)   | (311,14)            | (343,00)   |
| 28/06/2010 | 63,85  | 65.062 | 87,94            | 127,00     | (223,20)            | (216,00)   |
| 29/06/2010 | 61,63  | 62.674 | 39,69            | 168,00     | (183,51)            | (48,00)    |
| 30/06/2010 | 60,37  | 61.517 | (165,17)         | (103,00)   | (348,68)            | (151,00)   |
| 01/07/2010 | 60,62  | 61.935 | (145,54)         | (168,00)   | (494,22)            | (319,00)   |
| 02/07/2010 | 60,90  | 62.035 | 185,37           | 180,00     | (308,84)            | (139,00)   |
| 05/07/2010 | 60,39  | 61.553 | (53,90)          | (28,00)    | (362,74)            | (167,00)   |
| 06/07/2010 | 61,60  | 62.650 | 171,94           | 113,00     | (190,80)            | (54,00)    |
| 07/07/2010 | 62,80  | 63.900 | 17,16            | (50,00)    | (173,64)            | (104,00)   |
| 08/07/2010 | 63,10  | 64.114 | 97,50            | 86,00      | (76,14)             | (18,00)    |

Desvio\_padrão<sub>Operação 3</sub> = 145,22;

Desvio\_padrão<sub>Operação 4</sub> = 153,59.

Portanto, as mesmas conclusões que chegamos com as operações 1 e 2, também podem ser aplicadas nas operações 3 e 4.

Assim, para todos os testes realizados, a razão de *hedge* calculada a partir dos dados de fechamento do período da operação em si é mais eficaz do que a razão calculada com base em dados de fechamento anterior de igual período. Entretanto, devemos considerar que numa situação real seria impossível realizar esse cálculo, pois no momento da abertura da posição, teríamos disponíveis apenas os dados de fechamento de datas anteriores.

## 5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como objetivo apresentar o *hedge* de variância mínima em contratos futuros do índice Ibovespa negociados na BM&F. Para isso, procurou-se um melhor entendimento desse mercado a partir de uma pesquisa histórica da origem dos mercados futuros, seus principais fundamentos e suas regras de funcionamento. Foram apresentados também os *Exchange Trade Funds*, uma modalidade de investimento relativamente nova no mercado financeiro. Além disso, foi ilustrado matematicamente o cálculo da razão ótima de *hedge* a partir do método da mínima variância. Para testar a efetividade desse método foi feita uma comparação de duas operações: a primeira utilizando a razão ótima de *hedge* e a segunda considerando a razão de *hedge* igual a um.

No teste, foram desconsideradas as taxas, emolumentos e corretagens da operação. Além disso, outro fator que não foi levado em conta foi o ciclo contínuo da reavaliação da posição com base nas alterações do comportamento do mercado. Este último considerado como princípio básico do gerenciamento de risco. E por fim, foi testado apenas um vencimento do contrato futuro, o de Agosto de 2010, quando o ideal seria testar o modelo em um número maior de vencimentos.

Os resultados mostraram que, numa situação real, o *hedge* de variância mínima, quando comparado com a mesma operação na qual foi utilizada a razão um para um, foi menos eficiente no objetivo de minimizar os resultados diários da operação de proteção em contratos futuros do índice Ibovespa.

De forma geral, podemos concluir que o método de cálculo da mínima variância utilizando dados do passado, mesmo que recentes, não garante a eficácia no objetivo de minimizar os resultados diários numa operação de *hedge* a ser realizada num momento futuro.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira. Conceitos de “hedge” em mercados futuros. Revista de Administração, São Paulo, nº4, 2002, p.83-90.

CRUZ, Ricardo Luiz. Breve História de um Mercado Futuro. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

DAVID, Nilton J.S. Determinação da posição ótima de *hedge* através do critério da mínima variância. Revista BM&F, nº104, Março-Abril, 1995, p.28-31.

FARHI, M. Derivativos financeiros: hedge, especulação e arbitragem. Economia e Sociedade (UNICAMP). Campinas – SP, v.13, 1999, p. 93-114.

FIGUEIREDO, A. C. Introdução aos derivativos. São Paulo. 2ª edição. Thomson. 2006.

HULL, John C. Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções. São Paulo. 4ª edição. Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2005.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. São Paulo. 11ª edição. Atlas, 2009.

SITE:

[HTTP://www.bmfbovespa.com.br](http://www.bmfbovespa.com.br)