

# UTILIZAÇÃO DE CONTRATOS FUTUROS DO IBOVESPA EM CARTEIRAS DE FUNDOS DE PENSÃO NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SETORIAL

*Use of Ibovespa Future Contracts for Pension Funds in Brazil: a sectorial approach*

*Thiago de Melo Teixeira da Costa*

Professor do Programa de Pós Graduação em Administração. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.

E-mail: [thiagocosta@ufv.br](mailto:thiagocosta@ufv.br)

*Maurinho Luiz dos Santos*

Professor do Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.

E-mail: [mlsantos@ufv.br](mailto:mlsantos@ufv.br)

*Suely de Fátima Ramos Silveira*

Professora do Programa de Pós-Graduação em Administração. Diretora do Instituto de Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil. E-mail: [sramos@ufv.br](mailto:sramos@ufv.br)

## Resumo

Os Fundos de Pensão têm buscado melhores estratégias para gerenciamento de seus ativos. Este trabalho pretende analisar o risco das carteiras de Fundos de Pensão com e sem contratos futuros do Ibovespa e avaliar os ganhos obtidos na relação retorno/risco por uma abordagem setorial proposta. Os níveis de utilização de contratos futuros que permitissem o *hedge* ótimo foram obtidos a partir dos modelos de cointegração e o risco, representado pelo Valor em Risco (VaR), foi obtido via modelos de volatilidade condicional. Notou-se que o retorno médio diário das estratégias com *hedge* cai em relação à estratégia sem *hedge*. Entretanto, essa queda é relativamente pequena diante da queda do risco proporcionada pela utilização de contratos futuros do Ibovespa. Os resultados encontrados indicaram que um gerenciamento dinâmico, a partir de um acompanhamento setorial dos ativos que compõem determinada carteira de investimento, torna o desempenho do portfólio melhor, reduzindo consideravelmente o nível de risco assumido.

**Palavras-chave:** Fundos de Pensão. *Hedge*. Risco. *Value-at-risk*. Modelos Garch.

## Abstract

The Pension Funds must be dealt with better management strategies. This work aimed to analyze the risk of Pension Funds with and without Ibovespa futures contracts and to evaluate the gains obtained in the return/risk relation using the sectorial approach proposed. The levels of use of futures contracts that would allow optimum *hedge* were obtained using the co-integration models, and the risk, represented by the Value-at-risk (VaR) was obtained via conditional volatility models. The mean daily return of the *hedge* strategies drops, compared to the strategy without *hedge*. However, this drop is relatively small, compared to the drop of the risk offered by the use of the Ibovespa futures contracts. The results found indicated that a dynamic management, based on a sectorial monitoring of the assets that compose a particular investment portfolio improves its performance, considerably reducing the level of risk attained.

**Keywords:** Pension Funds. *Hedge*. Risk. *Value-at-risk*. Garch Models.



## 1 INTRODUÇÃO

As Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) ou, simplesmente, os Fundos de Pensão vêm se destacando no cenário nacional e mundial. São instituições de previdência complementar que acumulam e capitalizam os recursos de seus participantes a fim de lhes possibilitar melhores condições na época de sua aposentadoria.

Estas entidades têm relevância no aspecto econômico por serem fontes de poupança interna e por direcionarem boa parte destes recursos ao setor produtivo, via mercado financeiro. Os Fundos de Pensão brasileiros, por exemplo, possuíam, segundo a ABRAPP (2010), aproximadamente R\$ 470 bilhões no final de 2009.

Essas instituições possibilitam também, indiretamente, o acesso de indivíduos a investimentos que antes eram distantes, especialmente àqueles pertencentes ao mercado de ações, e outros ativos, normalmente com elevada rentabilidade, porém que requerem um mínimo de experiência e conhecimento para serem adquiridos. Isso se dá pela formação da carteira consolidada do Fundo de Pensão com a utilização de ativos de diversas origens (Renda Fixa, Renda Variável etc.).

Dados seus fins, para o alcance dos objetivos das EFPC, um eficaz gerenciamento dos ativos é essencial. Ferson e Khang (2002) sugerem medidas de avaliação para Fundos de Pensão baseadas nos pesos dos ativos na carteira de investimento. Gomides (2004) define o “problema de um fundo de pensão” como sendo encontrar a carteira que ofereça a menor volatilidade do fator de solvência, ou seja, a carteira que reduz a possibilidade de insolvência do fundo. De acordo com Rieche (2005), o domínio das melhores técnicas de gestão de riscos está entre os fatores críticos de sucesso para garantir um plano de aposentadoria equilibrado.

Fombellida e Zapatero (2008) e Cairns (1995) afirmam que, nos Fundos de Pensão, as estratégias de alocação de ativos também podem reduzir a incerteza. Hest e Waegenaere (2007) buscam, baseados na relação entre as disponibilidades e obrigações dos fundos, determinar uma estratégia ótima de alocação de ativos, e Yu *et al.* (2007) estudam como a introdução de novos ativos pode melhorar o desempenho de portfólios. Ou seja, o processo de diversificação é relevante e obrigatório para essas instituições, inclusive em termos legais.

Thomé Neto, Leal e Almeida (2011) mostram, por exemplo, que uma carteira de mínima variância global com pesos limitados pode gerar um produto financeiro atraente. Uma diversificação direcionada pode reduzir o risco de determinado ativo Oshoa, Ospina e Madrigal (2001) chegam a resultados que indicam que existe redução de risco a partir de um processo de diversificação internacional. Esse é o papel do *hedge*. Alguns trabalhos, como Henn (1996), Dunder (1998) e Costa e Piacenti (2008) analisam a viabilidade da utilização de contratos futuros para este fim.

A verificação da relação entre os ativos da carteira com o derivativo utilizado para o *hedge* é instrumento importante para a identificação da eficiência do *hedge*, entretanto pouco se tem discutido na literatura sobre este aspecto.

Por outro lado, o mercado de ações no Brasil é avaliado, normalmente, pela evolução dos índices de ações, especialmente o Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (Ibovespa). Muitos fundos de pensão também utilizam este indicador como *benchmarking* para seus investimentos em Renda Variável. Carteiras atreladas ao Ibovespa podem, por exemplo, buscar proteção com contratos futuros do Ibovespa, derivativo financeiro ligado ao índice da bolsa.

Neste caso, é importante pesquisar se a utilização de contratos futuros do Ibovespa pode favorecer a relação retorno e risco das EFPC no Brasil. Além disso, se um processo direcionado de *hedge* com Ibovespa Futuro, atrelado aos setores econômicos que abrangem os investimentos destas instituições pode gerar benefícios ao processo de gerenciamento do portfólio.

Desse modo, o objetivo deste artigo é analisar o risco das carteiras dos Fundos de Pensão com e sem contratos futuros do Ibovespa e avaliar os ganhos ou perdas obtidos na relação retorno/risco pela abordagem setorial.

## 2 RISCO E TEORIA DO PORTFÓLIO

Dowd (1998) afirma que a grande instabilidade do ambiente econômico fez crescer o interesse pelo risco no contexto financeiro. Essa instabilidade é reflexo de vários fatores, tais como volatilidade do mercado de ações, volatilidade das taxas de câmbio, volatilidade das taxas de juros e volatilidade do mercado de *commodities*.

De acordo com Chaim (2007), o gerenciamento de risco é um processo formal em que os fatores de risco em um contexto particular são sistematicamente identificados, analisados, avaliados, listados e tratados. O marco fundamental para o desenvolvimento dos estudos sobre risco de mercado e que direcionou diversos trabalhos a partir da década de 1950 foi a publicação do artigo Seleção de Carteiras (“Portfolio selection”) de Markowitz (1952).

Nesse sentido, verifica-se que, pela diversificação da carteira, pode-se obter redução do risco. Essa possibilidade se dá, justamente, porque o risco do portfólio, medido pelo desvio-padrão, não representa a simples média ponderada dos desvios dos ativos individuais. A variabilidade da carteira depende da correlação (ou, alternativamente, da covariância) entre o retorno dos ativos. Assim:

$$Var(R_p) = \sum_{j=1}^N Var(R_j)w_j^2 + \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{k=1 \\ j \neq k}}^N w_j w_k Cov(R_j, R_k) \quad (1)$$

em que  $Var(R_p)$  é a variância do retorno da carteira;  $w_j$ , participação de cada ativo na carteira;  $Var(R_j)$  é a variância dos retornos de cada ativo da carteira; e  $Cov(R_j, R_k)$  indica a covariância entre os retornos dos ativos da carteira.

O modelo de Markowitz (1952) busca, portanto, obter a resposta para o seguinte problema:

$$\text{Minimizar } Var(R_p) = \sum_{j=1}^N Var(R_j)w_j^2 + \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{k=1 \\ j \neq k}}^N w_j w_k Cov(R_j, R_k)$$

$$\text{Sujeito a } E(R_p) = w_1 R_1 + w_2 R_2 + \dots + w_N R_N = \sum_{i=1}^N w_i R_i = \bar{R}_p$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

$$w_i \geq 0, i = 1, \dots, N, k \neq j$$

ou, alternativamente:

$$\text{Maximizar } E R_p = w R + w R + \dots + w_N R_N = \sum_{i=1}^N w_i R_i$$

$$\text{Sujeito a } Var(R_p) = \sum_{j=1}^N Var(R_j)w_j^2 + \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{k=1 \\ j \neq k}}^N w_j w_k Cov(R_j, R_k) = \overline{Var(R_p)}$$

A fronteira eficiente representa as combinações possíveis de ativos que permitirão a obtenção do risco

mínimo dado um nível de retorno esperado. De acordo com Esch *et al.* (2005), o termo carteira eficiente é aplicado ao portfólio que seja incluído entre aqueles que não podem ser melhorados do ponto de vista da dualidade risco e retorno esperado.

Sharpe (1963) e Elton *et al.* (1976) propuseram inovações no modelo geral de Markowitz, buscando sua simplificação. Primeiramente, eles observaram os problemas relacionados à dificuldade de se estimar o modelo, devido ao fato de ser trabalhosa a obtenção da matriz de variância e de covariância dos retornos dos ativos e a complicada geração da carteira ótima (relacionados aos custos e tempo alocados para solucionar um problema de programação matemática quadrática). Para tanto, introduzem os conceitos de ativos de referência e ativos livres de risco no tocante à otimização dos portfólios.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Determinação do Risco de Mercado

Devido à importância do risco no que se refere ao processo de tomada de decisão, em especial quando se observam os investimentos no mercado financeiro, as últimas décadas foram caracterizadas por um intenso desenvolvimento das técnicas relacionadas à sua mensuração. Ainda não há padronização neste sentido, tampouco uma medida universal. De acordo com os objetivos do gerente de risco e da relação custo/benefício observada por ele, o risco pode ser acompanhado de diversas maneiras.

Esse acompanhamento visa, antes de tudo, a gerar ferramentas para minimização do risco dado um nível de significância e a buscar condições de previsibilidade mais reais. A forma mais tradicional de medir o risco (em Poon e Granger (2003) encontra-se uma excelente revisão das técnicas de medição e de previsão da volatilidade, estudadas até então) é através de medidas de dispersão das séries de uma variável, ou seja, uma análise histórica identifica o quanto o retorno em uma data se distancia da média esperada. Em outras palavras, o desvio-padrão representa o risco.

Gujarati (2000) e Pereira (2003), entretanto, alertam para as peculiaridades das séries financeiras que tornam a utilização pouco robusta do desvio-padrão.

Para eles, é comum que haja, nestas séries, correlação da dispersão entre os períodos. Assim, a volatilidade de um período influenciaria a de outro. Além disso, de acordo com Bali e Theodossiou (2007), existem evidências empíricas de que a distribuição de retornos financeiros é enviesada tipicamente à esquerda, leptocúrtica e tem as caudas gordas. Como o problema da incerteza surge com a probabilidade de a dispersão ocorrer em valores abaixo da média esperada, a modelagem desta volatilidade se torna necessária.

Muito avanço tem sido verificado no estudo, monitoramento, controle e gerenciamento dos riscos nos últimos anos, tendo o destaque ficado por conta do *Value-at-risk*, ou Valor em Risco (VaR) – não confundir *Value-at-risk* (VaR), com o Vetor Autorregressivo (VAR), pois ambos serão utilizados no escopo deste trabalho – metodologia criada pelo J. P. Morgan em 1995 para sintetizar a exposição ao risco de mercado das instituições, que foi adotada como referência no âmbito do Acordo da Basileia. (GOMIDES, 2004)

De acordo com Riskmetrics (1999), o *Value-at-Risk* (VaR) é definido como a pior perda esperada em um determinado nível de confiança por um certo período de tempo. Linsmeier e Person (1996) explicam que perdas maiores que o VaR acontecem somente com uma pequena probabilidade especificada. Para esses autores, o VaR é uma forma simples de descrever a magnitude da provável perda de um portfólio.

No que tange ao desenvolvimento deste trabalho, é possível observar inúmeras vantagens da utilização do VaR como ferramenta de averiguação das possibilidades de *hedge* em carteiras de investimento. Para tanto, o aperfeiçoamento de sua medida é fundamental. Para Jorion (2003), o VaR pode ser obtido por modelos paramétricos e não paramétricos – para um aprofundamento destas técnicas, ver Mol (2003), Dowd (1998) e Costa (2005). Apesar de diversos trabalhos, com sucesso, terem obtido o VaR a partir do modelo paramétrico, ou Delta Normal, de acordo com Costa (2005), considerando as distribuições financeiras com características originalmente assimétricas ou com problemas de curtose, são recomendados os modelos não paramétricos, como os de simulação histórica, de simulação de Monte Carlo ou modelos de Variância Condicional (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity – Família ARCH).

Para Alexander (2001), as séries financeiras mostram uma volatilidade concentrada em determinados períodos, o que denota um processo de interdependência da volatilidade, ou seja, ela é autocorrelacionada. Para capturar isso, Poon e Granger (2003) indicam a importância e a sofisticação dos modelos de volatilidade condicional. Füss *et al.* (2007), Costa (2005) e Mol (2003) também desenvolvem seus trabalhos obtendo o VaR por meio dos Modelos de Volatilidade Condicional.

A partir do desenvolvimento dos modelos lineares de séries temporais, propostos inicialmente por Box e Jenkins (1976), puderam ser estudadas as diversas características das séries, como tendência, sazonalidade e volatilidade. Nesse sentido, com a observação da autocorrelação nos erros gerados pelos processos autorregressivos e de média móvel (ARMA), buscaram-se as formas de modelá-los.

Engle (1982), com este intuito, propôs o modelo autorregressivo de heteroscedasticidade condicional (ARCH), no qual o erro gerado pelo modelo autorregressivo da série influenciaria o processo de volatilidade. Bollerslev (1986), por sua vez, buscando uma forma mais parcimoniosa, propôs um modelo cuja variância se correlacionava com os erros e com ela própria. Este modelo ficou conhecido como “*Generalized ARCH*”, ou simplesmente, GARCH ( $q, p$ ), e pode ser expresso pela equação (2).

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (2)$$

Em que  $\sigma^2$  é variância condicional;  $\omega, \alpha_i$  e  $\beta_j$  são parâmetros do modelo;  $\varepsilon^2$ , quadrado dos resíduos ou choque acerca da volatilidade;  $t$ , período; e  $p$  e  $q$  são os números de *lags* a serem considerados.

Em relação à equação (2), Mol (2003) explica que a persistência de choques na volatilidade da série de retorno gerada por um ativo é medida pela soma de  $\alpha$  e  $\beta$ , em cada *lag*. Quanto mais próxima de um, maior o efeito daquele erro em períodos subsequentes.

Outras variações do modelo buscam captar as peculiaridades das séries financeiras. Zakoian (1994), por exemplo, buscando modelar a diferença entre os choques de alta e baixa, ou seja, buscando identificar a existência de assimetria na série, propôs o modelo *Threshold Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (TARCH). Nelson (1991) também inovou,

considerando que os choques têm efeito exponencial e não quadrático, apresentando o modelo *Exponential GARCH* (EGARCH). Outras variações são possíveis, como IGARCH, AGARCH, NGARCH, FIGARCH. Para detalhes, ver Poon e Granger (2003) e Alexander (2001).

### 3.2 Procedimentos Metodológicos

Os Fundos de Pensão têm seus investimentos divididos em quatro grandes segmentos: Renda Fixa, Renda Variável, Imóveis e Operações com Participantes e existem limites para sua aplicação. No Brasil, as EFPC têm investido em média, entre 2001 e 2008, aproximadamente 60% de seus ativos em Renda Fixa e 30% em Renda Variável. As participações dos demais segmentos podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição média das aplicações da EFPC por segmento, entre 2001 e 2008

SEGMENTO	PARTICIPAÇÃO (%)
Renda Fixa (RF)	59,8%
Renda Variável (RV)	30,5%
Imóveis	4,6%
Empréstimos e Financiamentos	5,1%
Total	100,0%

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, a partir dos dados de ABRAPP (2009)

Da participação percentual média de cada segmento no total de investimentos dos fundos de pensão brasileiros, obteve-se a carteira teórica a ser usada como base para este estudo. Cada segmento da carteira teve seus rendimentos atrelados a uma *proxy*, ou *benchmarking*, comumente usados como meta estatutária nos fundos brasileiros, tendo em vista que o objetivo deste estudo não se aplica diretamente a um fundo de pensão, mas busca averiguar o desempenho médio da diversificação nestas instituições.

Especificamente, para o segmento de Renda Variável, com o intuito de atender à perspectiva da abordagem setorial prevista neste estudo, criou-se uma subdivisão, distribuindo os investimentos deste grupo em investimentos nos setores Financeiro, de Energia Elétrica, de Telecomunicações e Industrial. Esses três últimos foram estabelecidos como setores-chave para

se averiguar o nível de ganho em termos de diversificação a partir de uma abordagem setorial, devido à disponibilidade de um índice de ações específico para cada um deles. Essa subdivisão foi realizada com base na distribuição média das aplicações das EFPC nos setores econômicos entre 2001 e 2008.

Assim, dos 30% da carteira teórica aplicados em Renda Variável, 15% estariam vinculados ao setor financeiro, 7% ao setor industrial, 4% ao setor elétrico e 4% ao setor de telecomunicações. Então, pela Tabela 2, pode-se notar o peso na carteira teórica e o indicador que corresponderá ao retorno de cada segmento.

Tabela 2: Carteira Teórica da pesquisa e indicador *proxy* dos retornos em cada segmento

SEGMENTO	PARTICIPAÇÃO (%)	INDICADOR PROXY
Renda Fixa	60%	Taxa Selic
RV – Financeiro	15%	Ibovespa
RV – Industrial	7%	Índice da Indústria (IND)
RV – Energia Elétrica	4%	Índice de Energia Elétrica (IEE)
RV – Telecomunicações	4%	Índice de Telecomunicações (ITEL)
Imóveis	5%	Taxa Selic
Empréstimo. e Financiamento	5%	Taxa Selic
Total	100,0%	

Fonte: Dados da pesquisa

Para composição do retorno da carteira teórica, foram utilizados dados diários dos indicadores *Proxy*, entre janeiro de 2001 e setembro de 2008, ponderados pelos pesos dos investimentos em cada segmento. Escolheu-se este período pelo elevado número de observações, que torna mais robusto o modelo, sem, entretanto, adentrar a crise iniciada em meados de setembro de 2008, pois poderia trazer prejuízos a ele. A única exceção é a série do Índice de Telecomunicações (ITEL) que começou a ser calculada em 2002 e por isso perfaz um número menor de observações.

A Taxa Selic, que serve de referência para os investimentos em Renda Fixa, Imóveis e Empréstimos e Financiamentos, já foi obtida em termos de retorno. Porém, os índices de ações têm suas séries dadas em pontos, por isso foram estabelecidos os retornos instan-

tâneos de cada contrato ou parâmetro utilizado neste estudo, compostos continuamente. Para o cálculo dos níveis ótimos de *hedge*, entretanto, as séries podem ser utilizadas pelos seus valores originais, em nível.

A partir dessa carteira teórica, foram estabelecidas três estratégias de *hedge* com contratos futuros do Ibovespa, que terão seus desempenhos comparados. O *hedge*, neste caso, visa a gerar proteção em relação às oscilações de preços dos ativos de renda variável, atrelados ao mercado acionário. Outras estratégias de proteção podem ser desenvolvidas com os demais tipos de ativos, porém este trabalho buscou focar especificamente o *hedge* de ativos de Renda Variável com a utilização do contrato futuro do Ibovespa.

A primeira é a estratégia sem *hedge*. Ela foi formada exatamente pelos pesos dos segmentos expostos na Tabela 2, gerando um retorno diário pela variação dos indicadores *proxy*.

A segunda é uma carteira com *hedge* sem considerar as especificidades dos setores econômicos nos investimentos de renda variável, realizando a proteção de forma ampla, chamada Estratégia Geral. Essa estratégia inclui na carteira contratos futuros do Ibovespa no nível de *hedge* ótimo calculado a partir da relação entre as séries do Ibovespa e Ibovespa Futuro, exclusivamente. Assim, os 30% de Renda Variável seriam protegidos pelo mesmo nível de derivativos, ou seja, não foi incluída, para essa estratégia, o nível ótimo de *hedge* por setor, e sim para todo conjunto de investimento em Renda Variável.

Por fim, a estratégia que toma por base o nível de proteção específica para cada setor, doravante Estratégia Setorial. Ela inclui na carteira a quantidade de contratos futuros que representam a melhor proteção para cada modalidade de Renda Variável, sugerindo um percentual de contratos futuros específico para os investimentos em Renda Variável dos setores Financeiro, Industrial, de Energia Elétrica e de Telecomunicações.

A partir dessas três estratégias, pôde-se observar se existiam diferenças significativas de retorno e volatilidade nas séries, indicando os benefícios potenciais de um gerenciamento específico dos investimentos em Renda Variável.

Estatisticamente, primeiro testou-se a estacionariedade das séries das carteiras formadas por cada estratégia e da série de contratos futuros do Ibovespa.

Para Enders (1995), a estacionariedade pode ser testada pela análise do correlograma da série temporal ou, de maneira mais formal, pelos testes de raiz unitária. Os primeiros a desenvolver essa técnica foram Dickey e Fuller (1979). Formalmente, será utilizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

O percentual de contratos futuros do Ibovespa utilizado em cada estratégia deve respeitar os limites estabelecidos por lei para os Fundos de Pensão. A Resolução n. 3.465/2007 regulamenta a utilização de derivativos para a proteção das carteiras dessas instituições no Brasil. Segundo essa resolução, é permitida à EFPC a operação com derivativos exclusivamente na modalidade com “garantia”, com participação na carteira subordinada aos limites das posições à vista. Desse modo, optou-se por considerar a participação de contratos futuros, pelo *hedge*, como parte dos investimentos em Renda Variável.

Dentro desses limites, as EFPCs podem optar pelos níveis de proteção que desejam. Neste trabalho, o nível ótimo de *hedge* foi tratado pela relação entre as variáveis *proxy* e o contrato futuro do Ibovespa, sendo obtido pela análise da cointegração entre as séries, com base nos trabalhos de Alexander (1999), Pattarin e Ferretti (2003), Lien (2004), Casillo (2004) e Müller (2007), Degiannakis e Floros (2010), dentre outros, que utilizam, para cálculo dos níveis ótimos de *hedge*, os modelos Vetoriais Autorregressivos (VAR), a partir da hipótese de cointegração entre as séries. Alexander (1999) observa que a cointegração despontou como uma poderosa técnica para investigar tendência comum em séries temporais multivariadas e fornecer uma forma de modelar as dinâmicas de curto e longo prazo destes sistemas.

Para Enders (1995), a cointegração se refere às possíveis combinações lineares de séries não estacionárias. Os métodos mais comuns para testar a cointegração entre séries são os de Engle e Granger (1987) e o de Johansen e Juselius (1990), conhecidos como procedimentos de Engle-Granger e Johansen, respectivamente.

A determinação do número de vetores de cointegração seguiu o procedimento de Johansen, a partir de dois testes que analisam o posto da matriz: o teste do traço e o teste do máximo autovalor. Após a estimação do modelo autorregressivo e da identificação das relações de longo prazo entre as variáveis, bem

como o mecanismo de correção de erros no curto prazo, estima-se a razão ótima de *hedge* via matriz de variância e covariância derivada do modelo.

A razão ótima de *hedge* ( $h^*$ ), de acordo com Müller (2007) e Barcellos e Sales (2011) é dada pela equação (3).

$$h^* = \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \quad (3)$$

em que  $\sigma_p^2$  é a variância dos retornos da posição à vista,  $\sigma_f^2$  é a variância dos retornos dos contratos futuros e  $\sigma_{pf} = \sigma_{fp}$  representa a covariância entre as séries.

De posse dos níveis ótimos de *hedge*, as séries de retorno diário de cada estratégia puderam ser formadas e a partir daí foi calculado seu risco. Seguiu-se um caminho semelhante ao de Costa (2005). O risco foi medido pela técnica *Value-at-risk*. Considerando uma distribuição de volatilidades calculadas, pode-se obter o VaR para determinado intervalo de confiança pela sua Função de Densidade de Probabilidade, chegando ao valor máximo do risco (ou volatilidade) para dado nível de significância. Neste trabalho, depois de ajustada a função de densidade, utilizou-se o intervalo de confiança de 95%.

A volatilidade foi obtida via modelos de variância condicional. Esses modelos são calculados após terem sido estimados os retornos das séries pelos modelos regressivos convencionais, conhecidos como Autorregressivos com Média Móvel (ARMA). De posse desse cálculo e verificando problemas de heteroscedasticidade nos erros originários da estimação (Teste Multiplicador de Lagrange – o Teste do Multiplicador de Lagrange, proposto por Engle (1982) e presente em grande parte dos softwares econométricos, visa a detectar a presença de heteroscedasticidade nos erros do modelo estimado), eles são modelados até atingir o melhor ajuste.

Para efeito de estimação desse tipo de processo, utiliza-se em geral o Método de Quase-Máxima Verossimilhança, tendo em vista que os erros são distribuídos normalmente. Além do nível de significância indicado pelo p-valor de cada variável, considerou-se também, para obtenção do modelo que tornava os resíduos mais robustos à heteroscedasticidade, a análise das seguintes estatísticas: Critério de Informação de Schwarz (SIC), Critério de Informação de Akaike (AIC) e Soma dos

Quadrados dos Resíduos (SQR). Quanto menores os seus valores, melhor estimado estaria o modelo.

A equação estimada relaciona os retornos passados com o retorno atual e corrige os resíduos pela volatilidade condicional. Para cada dia tem-se, portanto, um retorno estimado e uma volatilidade estimada. Essa volatilidade estimada pode ser ajustada a partir uma Função de Densidade de Probabilidade, gerando, no valor crítico dado nível de confiança, o *Value-at-Risk* (VaR).

Por fim, o Índice de Sharpe Adaptado (ISA), proposto por Costa (2005), de acordo com a equação (4), captou os efeitos para o fundo de pensão deste processo de diversificação, estabelecendo a relação entre retorno e risco.

$$ISA_s = \frac{VaR_s}{ret_{port_s}} \quad (4)$$

em que  $VaR_s$  é o Valor em Risco da Estratégia  $s$  em termos percentuais  $ret_{port_s}$  e é o retorno médio da carteira  $s$  em termos percentuais.

Ele indica o nível percentual de risco para cada unidade de retorno obtida pelo portfólio, sendo, então, uma medida da eficiência da introdução de contratos futuros nas carteiras de investimento dos Fundos de Pensão brasileiros.

### 3.3 Fontes de Dados e Recursos Computacionais

O Índice Bovespa (Ibovespa), os índices setoriais (IEE, ITEL e IND) e a série de contratos futuros do Ibovespa são calculados diariamente pela Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e foram obtidos com o auxílio do *Software* Economática. A taxa Selic foi obtida no Banco Central do Brasil (BACEN, 2009). O trabalho não trata de um estudo de caso, tampouco fará referência a um ou outro Fundo de Pensão, desse modo, a utilização desses *benchmarks* para a construção da carteira teórica é fundamental.

A partir dos dados coletados, para desenvolver a análise econométrica utilizando os Modelos VAR, bem como para a estimação dos Modelos de Volatilidade Condicional, será utilizado o *Software EViews 5.0*. Para definição do *Value-at-risk* (VaR), em termos da distribuição de probabilidades da volatilidade estimada, usou-se o *Software BestFit*, versão 4.5.2.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as séries utilizadas neste artigo não são estacionárias em nível e o são em primeira diferença. As séries de retorno das carteiras formadas para avaliação das estratégias de *hedge* também se mostraram estacionárias.

O próximo passo foi averiguar a existência de cointegração entre as séries em que se busca efetuar o *hedge*. Nesse sentido, foi testada a cointegração da série de contratos futuros do Ibovespa, que permitem o *hedge*, com as séries à vista do próprio Ibovespa e dos índices de ações setoriais, IEE, ITEL e IND. Para o teste, foi ajustado um modelo autorregressivo vetorial para o contrato futuro do Ibovespa e cada série de

índice. Cada modelo teve seu número de defasagens identificado pelos critérios de informação, optando-se, quando havia divergência, pelo ajuste mais parcimonioso. Desse modo, a relação entre Ibovespa e Ibovespa Futuro foi estimada a partir de um VAR (5); a relação entre IEE e Ibovespa Futuro por um VAR (2); entre ITEL e Ibovespa Futuro e IND e Ibovespa Futuro a partir de um VAR (3). Todos os modelos se apresentaram estáveis. A partir desses modelos testou-se a existência de relações de cointegração pelos testes do traço e do máximo autovalor, utilizando-se as diversas variáveis determinísticas que os testes permitem. Para todas as relações entre as variáveis, foi encontrada ao menos uma equação de cointegração, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados dos testes de cointegração entre a série do Ibovespa Futuro e as séries do Ibovespa, IEE, ITEL e IND

Nº DE EQUAÇÕES DE COINTEGRAÇÃO	TESTE DO TRAÇO			TESTE DO MÁXIMO AUTOVALOR		
	ESTATÍSTICA	VALOR CRÍTICO	PROB.	ESTATÍSTICA	VALOR CRÍTICO	PROB.
Ibovespa e Ibovespa Futuro						
Nenhuma	19,25 *	15,49	0,01290	14,69 *	14,26	0,04280
Ao menos 1	4,57 *	3,84	0,03260	4,57 *	3,84	0,03260
IEE e Ibovespa Futuro						
Nenhuma	18,95 *	18,40	0,04180	12,91	17,15	0,18630
Ao menos 1	6,04 *	3,84	0,01400	6,04 *	3,84	0,01400
ITEL e Ibovespa Futuro						
Nenhuma	18,67 *	18,40	0,04580	14,87	17,15	0,10430
Ao menos 1	3,80	3,84	0,05110	3,80	3,84	0,05110
IND e Ibovespa Futuro						
Nenhuma	32,62 *	20,26	0,00060	27,87 *	15,89	0,00040
Ao menos 1	4,75	9,16	0,31160	4,75	9,16	0,31160

\* Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%

Fonte: Resultados da pesquisa

Entre o Ibovespa e Ibovespa Futuro e IND e Ibovespa Futuro, ambos os testes indicaram a presença de ao menos duas equações de cointegração e ao menos uma equação de cointegração, respectivamente. Entre IEE e Ibovespa Futuro, o teste do traço indicou ao menos duas relações de cointegração, enquanto o teste do máximo autovalor não encontrou nenhuma. Para as séries ITEL e Ibovespa Futuro, o teste do traço sugere que existe pelo menos uma relação de cointegração,

enquanto o teste do máximo autovalor não indica nenhuma. Isso mostra que, para todos os pares de séries, existe pelo menos uma relação entre as variáveis que equilibra o modelo no longo prazo.

Como o objetivo dos Fundos de Pensão é reduzir risco de suas carteiras para gerar retorno de longo prazo que possibilite o pagamento dos benefícios, esse resultado sugere que o *hedge* pode ter sua eficiência aumentada, pois todas as séries à vista têm relação

de longo prazo com o contrato futuro do Ibovespa, que representa o instrumento de *hedge* a ser avaliado neste artigo.

De posse dessas informações, estimou-se o nível de *hedge* ótimo dos contratos futuros do Ibovespa, com os índices que representam a composição da carteira das EFPC, através da matriz de variância e covariância originárias pelos modelos de cointegração, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4: *Hedge* ótimo entre Ibovespa Futuro e as séries do Ibovespa, do IEE, do IND e do ITEL

<b>Hedge ótimo com contratos futuros do Ibovespa</b>	
Ibovespa	92,83%
IEE	76,82%
ITEL	62,53%
IND	62,34%

Fonte: Resultados da pesquisa

Assim, o *hedge* ótimo de contratos futuros do Ibovespa para uma carteira semelhante ao Ibovespa é de aproximadamente 93%, ou seja, dever-se-ia ter quase a mesma quantidade de contratos futuros e ações. Isso se explica pela elevada relação entre o índice Bovespa e o seu derivativo direto, o contrato futuro do próprio Ibovespa. Para os indicadores setoriais, IEE, ITEL e IND, o *hedge* ótimo com contrato futuro do Ibovespa foi de aproximadamente 76%, 62% e 62%, respectivamente.

Essa diferença acontece devido à composição da carteira do Ibovespa e dos índices setoriais, denotando que o *hedge* pode ter sua eficiência aumentada quando os ativos que compõem determinada carteira são tratados de forma isolada, ou seja, quando as especificidades da volatilidade do preço das ações de cada setor são levadas em conta pelo tomador de decisão.

Assim, dependendo da composição do portfólio de Renda Variável, o gestor do fundo poderia escolher quais contratos futuros e quais seus níveis deveria introduzir na carteira para redução do risco. Esse estudo restringe o teste apenas para o contrato futuro do Ibovespa, porém, outros derivativos podem ter o mesmo comportamento. Vale destacar que os indicadores setoriais de ações podem ser influenciados

de forma diferente por variáveis macroeconômicas e financeiras, o que sugere que cada conjunto de ações pode ser protegido por um derivativo diferente, por meio de níveis ótimos alternativos. Isso torna mais dinâmico o gerenciamento de risco de investimentos, essencial no caso dos Fundos de Pensão.

Puderam ser formadas, assim, as séries de retorno de cada estratégia utilizada neste estudo. A Estratégia sem *hedge* (Est1) segue a carteira teórica original, composta pela seguinte fórmula:

$$Est1 = 0,70Selic + 0,15Ibovespa + 0,07IND + 0,04IEE + 0,04ITEL$$

A Estratégia Geral (Est2) realiza o *hedge* de forma ampla. Assim, considerando os resultados do modelo de cointegração, a carteira seria acrescentada de 92,83 pontos de contratos futuros para cada 100 pontos de posição à vista, independentemente de sua origem. Como os contratos futuros entram no cômputo dos limites legais de investimento no mesmo segmento do ativo a que fazem proteção e como se deve manter uma posição à vista para cada contrato futuro aberto, optou-se por manter o mesmo nível total de Renda Variável, ou seja, 30% dos investimentos. Desse modo, dos 30% de aplicações, 14,44% são alocados para os derivativos, representando 92,83% de *hedge*, e o restante dividido, proporcionalmente, pelas modalidades de Renda Variável. A carteira dessa estratégia possui, portanto, a seguinte composição:

$$Est2 = 0,70Selic + 0,0778Ibovespa + 0,0373IND + 0,0202IEE + 0,0202ITEL + 0,14444IbovFuturo$$

Por fim, a Estratégia Setorial (Est3) utiliza os níveis ótimos para cada modalidade separadamente. Por exemplo, possuindo investimentos em ações do setor de Energia Elétrica, o administrador do fundo deveria usar uma proteção de 76,82% de contratos futuros do Ibovespa do total de aplicações neste setor. Assim, como a carteira teórica tem originalmente 4% de ativos do setor de energia, e a proporção é mantida, a carteira protegida ficaria com 2,26% de ativos do setor de Energia Elétrica e 1,73% de contratos futuros do Ibovespa. Na Tabela 5 são apresentadas as posições à vista e de contratos futuros para cada índice.

Tabela 5: Posições à vista e de contratos futuros para aplicações em Renda Variável da Estratégia Setorial

	POSIÇÃO À VISTA	POSIÇÃO DE CONTRATOS FUTUROS	TOTAL
Ibovespa	7,78%	7,22%	15%
IEE	2,26%	1,74%	4%
ITEL	2,46%	1,54%	4%
IND	4,31%	2,69%	7%
Total	16,81%	13,19%	30%

Fonte: Resultados da pesquisa

A partir disso, a Estratégia Setorial apresenta a seguinte estrutura:

$$Est3 = 0,70Selic + 0,0778Ibovespa + 0,0431IND + 0,0206IEE + 0,0246ITEL + 0,1318IbovFuturo$$

Pela composição da carteira de cada estratégia, pode-se obter o retorno histórico delas. As características próprias das séries financeiras (assimetria, curtose e autocorrelação entre os erros) foram observadas nas séries que constituem este estudo. Diante disso, buscou-se modelar os retornos das séries, a fim de entender seu comportamento. Utilizou-se, para este fim, como é próprio dos estudos de séries temporais – em que se espera uma dependência entre os valores ao longo do tempo – um processo autorregressivo e de média móvel (ARMA).

Os modelos ARMA se mostraram bem significativos, indicando forte correlação entre os retornos. Procedeu-se, dessa forma, à análise para verificação de problemas de heteroscedasticidade nos erros do modelo, que, se confirmada, indicaria necessidade de correção. Para esse fim, utilizou-se o teste do Multiplicador de Lagrange (LM).

Esse teste nos resíduos do modelo indica a probabilidade de rejeitar a hipótese nula de não existir heteroscedasticidade na volatilidade. Como pode ser observado na Tabela 6, detectou-se o problema em todas as séries para um período, rejeitando-se a hipótese nula. Isso quer dizer que, mesmo modelando significativamente os retornos de cada série, os resíduos originários desse processo não são constantes, ou seja, a volatilidade sofre também de autocorrelação temporal, indicando que, na prática, choques positivos ou negativos nos retornos teriam persistências por

algum período, não sendo, dessa forma, aleatórios. Para correção do problema de heteroscedasticidade, procedeu-se à estimação dos erros a partir de modelos de volatilidade condicional, até encontrar o melhor processo em termos de significância.

Tabela 6: Teste do multiplicador de Lagrange para um lag nos resíduos dos modelos ARMA, para as séries de retorno das estratégias sem hedge, geral e setorial

	ESTATÍSTICA F	P-VALOR DO TESTE
Estratégia Sem Hedge	26,25727	0,00000
Estratégia Geral	100,415	0,00000
Estratégia Setorial	137,0778	0,00000

Fonte: Resultados da pesquisa

Como exemplo, na Tabela 7, são apresentados os coeficientes obtidos para a estratégia sem hedge. A carteira da estratégia sem hedge foi estimada por meio de um modelo ARMA (2,2) completo e com constante, para os retornos, e um EGARCH (2,2), para a volatilidade condicional. Esse modelo segue a seguinte estrutura:  $ret_t = \alpha + \beta_1 ret_{t-1} + \beta_2 ret_{t-2} + \chi_1 \alpha_{t-1} + \chi_2 \alpha_{t-2}$ , em que  $ret_t$  é o retorno no período t,  $\alpha$  é o operador de média móvel e  $\chi$  são os coeficientes do modelo.

Já a carteira da Estratégia Geral foi obtida por um modelo ARMA (1,2) completo e com constante, no que se refere ao retorno e, também, um EGARCH (2,2), em relação à volatilidade condicional. O retorno da carteira da estratégia setorial também foi estimado por um ARMA (1,2) completo e com constante, e a volatilidade, por um EGARCH (2,2).

Os coeficientes relacionados aos termos  $\ln(\sigma_{t-1}^2)$  e  $\ln(\sigma_{t-2}^2)$  indicam a persistência dos choques nos resíduos dos retornos das carteiras. Indicam elevadas persistências (soma dos dois coeficientes próxima da unidade) para todas as estratégias, denotando que, nessas séries, as novas informações levam um tempo considerável para serem absorvidas pelos agentes. As estratégias com a utilização de contratos futuros apresentaram maior persistência dos choques, indicando, inclusive, uma grande persistência no primeiro lag (período), corrigida no período subsequente.

Com relação à assimetria da volatilidade entre os choques altistas ou baixistas, notou-se, através dos

Tabela 7: Resultado da estimação do retorno e volatilidade condicional para a série da estratégia sem *hedge*

	COEFICIENTE	ERRO PADRÃO	ESTATÍSTICA z	P-VALOR (z)
<b>ARMA (2,2)</b>				
C	0,000614	0,0001	6,133868	0,00000
AR(1)	0,636302	0,081735	7,784962	0,00000
AR(2)	-0,819923	0,049247	-16,64923	0,00000
MA(1)	-0,630853	0,085789	-7,353557	0,00000
MA(2)	0,799929	0,051172	15,63219	0,00000
<b>Variância condicional EGARCH (2,2)</b>				
C	-0,977358	0,148848	-6,56617	0,00000
$\left  \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right $	-0,080364	0,044021	-1,825591	0,06790
$\left  \frac{\varepsilon_{t-2}}{\sigma_{t-2}} \right $	0,257715	0,047603	5,413852	0,00000
$\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$	-0,15775	0,017455	-9,037297	0,00000
$\ln(\sigma_{t-1}^2)$	0,634871	0,136465	4,65227	0,00000
$\ln(\sigma_{t-2}^2)$	0,286378	0,131299	2,181116	0,02920
Estatísticas	SQR	0,060755	SIC	-7,7798
	AIC	-7,80847		

Fonte: Resultados da pesquisa

coeficientes do parâmetro  $\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$ , que, em todas as séries, era caracterizada a assimetria. Desse modo, pela análise da significância dos coeficientes deste parâmetro – todos foram significativos a 90% de confiabilidade, sendo que esses coeficientes ligados às estratégias sem *hedge* e setorial foram significativos a 99% – aceita-se a hipótese de que são diferentes de zero. O fato de serem significativos indica que choques de alta ou baixa terão efeitos diferentes na volatilidade das séries. Os coeficientes estimados das estratégias sem *hedge* e setorial se mostraram menores do que zero ( $\gamma < 0$ ), indicando que os choques positivos geram menor volatilidade que os choques negativos da mes-

ma magnitude. Esse coeficiente de assimetria da estratégia geral foi, de modo contrário, maior que zero, indicando maior persistência dos choques positivos. Entretanto, o nível de significância deste coeficiente foi o menor entre todas as séries.

Tendo sido a volatilidade modelada, o próximo passo foi verificar se o problema da heteroscedasticidade havia sido corrigido. Novamente se aplicou o teste do Multiplicador de Lagrange (LM) sobre os resíduos do modelo. Os resultados indicam que se deve aceitar a hipótese nula da não existência de autocorrelação temporal nos erros, sugerindo que o problema foi corrigido.

Pode-se, assim, obter uma estimativa diária da volatilidade de cada série. Essa volatilidade foi gerada pelos modelos apresentados, contendo as informações de cada dia e dos *lags* relevantes. Como ela é apresentada em termos de variância, o risco diário foi obtido pela sua raiz quadrada. Desse modo, há novas séries com os riscos diários estimados, podendo-se gerar uma função de densidade que se alinhe aos resultados, para obter o *Value-at-risk* (VaR) de cada estratégia. Os histogramas de todas as séries de risco estimadas

se ajustaram bem pela função log-normal e podem ser observados nas Figuras 1a, 1b e 1c. O limite do nível de confiança utilizado (95%) representa a perda máxima esperada para um dia, ou seja, o VaR.

O risco da estratégia sem *hedge*, como era de se esperar, se apresenta mais elevado e também mais concentrado em torno da média. O VaR desta carteira é de 0,73% por dia, ou seja, um portfólio que tenha o valor de R\$ 1 milhão, por exemplo, estaria sujeito a uma perda máxima, em 95% dos casos, de R\$ 7.330,00.

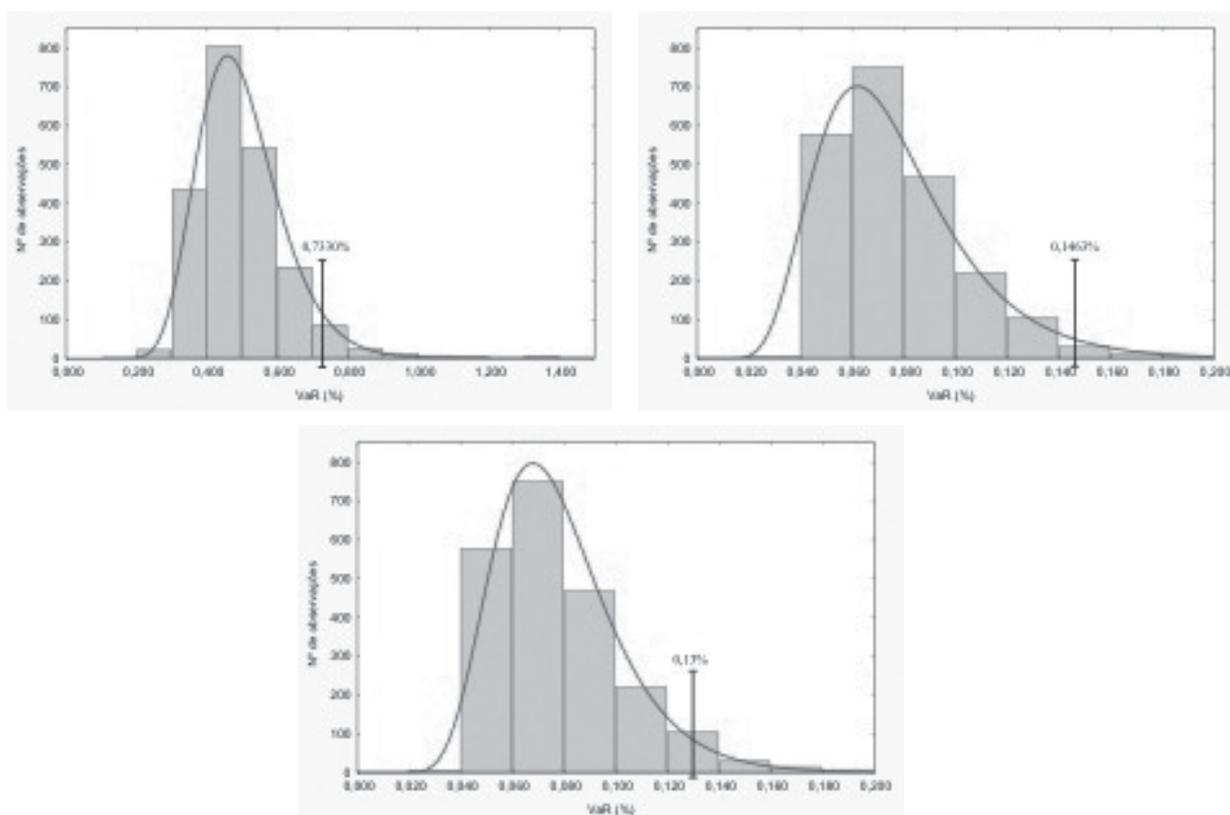


Figura 1: Histograma, função densidade de probabilidade e ponto crítico (95%) para o risco estimado da carteira teórica das estratégias sem *hedge* (a), geral (b) e setorial (c) ajustadas a uma distribuição Log-normal  
Fonte: Resultados da pesquisa

Para as carteiras com *hedge*, pelas estratégias geral e setorial, o VaR cai consideravelmente atingindo 0,146% e 0,130% por dia, respectivamente. Isso indica a eficiência da proteção da carteira com a utilização de contratos futuros do Índice Bovespa.

A estratégia setorial apresenta ligeira vantagem em termos de redução de risco em relação à estratégia geral. Isso é explicado pelo direcionamento das aplicações em contratos futuros do Ibovespa de acordo com o nível de correlação com os ativos que compõem as

carteiras. No caso dos Fundos de Pensão, com perfil de longo prazo de seus investimentos, adequar o uso de contratos futuros tendo como referência o setor ou até mesmo cada ativo individualmente pode favorecer o gerenciamento do portfólio, possibilitando o alcance das metas estatutárias dentro do nível de risco permitido.

Por fim, é necessário verificar se a redução do risco não implica uma redução do retorno mais que proporcional. Para tanto, calculou-se o Índice Sharpe

Adaptado (ISA), que estabelece a relação do risco e retorno esperados. Os resultados estão expostos na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados Finais do VaR e ISA para as carteiras teóricas de todas as estratégias em relação ao *hedge*

	VAR DIÁRIO	RETORNO MÉDIO DIÁRIO	ISA
Estratégia Sem Hedge	0,73300%	0,05748%	12,752
Estratégia Geral	0,14630%	0,05393%	2,713
Estratégia Setorial	0,13000%	0,05440%	2,390

Fonte: Resultados da Pesquisa

Nota-se que o retorno médio diário das estratégias com *hedge* cai em relação à estratégia sem *hedge*. Entretanto, essa queda é relativamente pequena diante da queda do risco proporcionada pela utilização de contratos futuros do Ibovespa. Tal fato corrobora a teoria da diversificação e as expectativas dos agentes do mercado financeiro. Conclui-se, desse modo, que a utilização destes derivativos foi eficiente em termos de redução de risco.

Além disso, observa-se que a estratégia setorial tem o ISA mais baixo (2,39) do que as demais estratégias, sugerindo ganhos consideráveis quando se gerencia o *hedge* no âmbito setorial. A redução do VaR diário, por exemplo, é clara: se a EFPC, com uma carteira de R\$ 1 bilhão, por exemplo, não utiliza contratos futuros para proteção de sua carteira, de acordo com esses resultados, teria um retorno médio por dia de R\$ 574,8 mil e um VaR de R\$ 7,3 milhões. Se o Fundo de Pensão, entretanto, utilizasse o *hedge* a partir da estratégia fosse a setorial, com acompanhamento da eficiência do *hedge* de acordo com a modalidade do investimento, o retorno médio seria de R\$ 544 mil e o VaR R\$ 1,3 milhões. Comparando as estratégias, pelo exemplo, o retorno médio diário da estratégia setorial teria um decréscimo de aproximadamente R\$ 30 mil, enquanto o risco, medido pelo *Value-at-Risk*, teria uma queda de mais de R\$ 6 milhões em relação à estratégia geral.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo buscou testar a eficiência de estratégias de proteção de carteiras por meio do *hedge* com contratos futuros do Ibovespa. Especialmente trabalhou-se no escopo dos Fundos de Pensão brasileiros, instituições cada vez mais relevantes para geração de poupança interna para o país e para o provimento das necessidades dos aposentados quando da diminuição de sua capacidade de trabalho.

Essas instituições buscam capitalizar seus recursos a fim de possibilitar o pagamento das pensões de seus participantes. Tal processo de capitalização está sujeito às incertezas do mercado, por isso o gerenciamento de risco para os Fundos de Pensão se mostra extremamente relevante.

A Teoria Microeconômica preconiza que a diversificação pode reduzir o risco de uma carteira sem afetar seu retorno esperado. A partir desse conceito, foi verificado se a introdução de contratos futuros do Ibovespa poderia melhorar a relação retorno e risco dos fundos. Especificamente, testou-se se o gerenciamento de risco por meio de uma estratégia baseada nas peculiaridades setoriais poderia gerar benefícios maiores do que uma proteção geral da carteira. Os resultados encontrados indicaram que um gerenciamento específico, a partir de um acompanhamento setorial dos ativos que compõem determinada carteira de investimento, torna o desempenho do portfólio melhor, reduzindo consideravelmente o nível de risco assumido.

A metodologia utilizada foi apropriada devido à sua aplicabilidade ao mercado e sua portabilidade, permitindo diversos ajustes que atendam à realidade de cada Fundo de Pensão. Entretanto, não se pode deixar de considerar a possibilidade da existência de prejuízos nos resultados devidos à *outliers* das séries e erros de previsão dos modelos. Porém, como objetivo deste trabalho consiste na comparação de carteiras em relação ao retorno e risco dentro do mesmo horizonte temporal, o processo de previsão não gera empecilhos à sua eficiência. Entretanto, o método de análise depende ainda do lapso temporal e a escolha de eliminar o período da crise pós 2008 pode gerar controvérsia, pois é exatamente aí que o gerenciamento do risco se torna mais necessário.

Outra limitação se refere ao fato de que não foi utilizado neste trabalho um processo dinâmico de otimização. As carteiras foram construídas, *a priori*, com intuito de comparar cenários e não de indicar, passo a passo, uma carteira ótima.

Os Fundos de Pensão devem cada vez mais investir na modernização de seus modelos de análise de risco e no gerenciamento de seus portfólios, principalmente devido à necessidade de bons resultados que possibilitem o atendimento dos compromissos futuros com os participantes do plano de previdência. Além disso, essas instituições têm sido agentes importantes no que se refere ao crescimento do país, sugerindo que seu desenvolvimento deve ser acompanhado pelo Estado e pela sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. Optimal hedging using cointegration. **Philosophical Transactions: The Royal Society**, London, v. 357, p. 2.039-2.058, 1999.
- ALEXANDER, C. **Market models: a guide to financial data analysis**. London: John Wiley & Sons Ltd, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES FECHADAS DE PREVIDÊNCIA PRIVADA – ABRAPP. **Estatísticas**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abrapp.org.br/ppub/pef.dll?pagina=servscript&QUALS=home/home.html>>. Acesso em: 20 jan. 2010.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **Sistema gerenciador de séries temporais- SGS – v. 1.3.2** Módulo público. [2009]. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/consultarValoresSeries.paint?method=consultarValoresSeries>>. Acesso em: 2 jun. 2009.
- BAIMA, F. R. **Avaliação de desempenho dos investimentos dos fundos de pensão no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Economia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- BALI, T. G.; THEODOSSIOU, P. A Conditional – SGT – VaR Approach with Alternative GARCH Models. **Annals of Operations Research**, New York, v. 151, n. 1. p. 241-267, apr. 2007.
- BARCELLOS, R. C; SALLES, A. A. Aplicação de Modelos de Volatilidade em Operações de Hedge de Variância Mínima no Mercado de Índices de Ações Brasileiro. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Ubatuba/SP, Agosto de 2011. **Anais...** Ubatuba, São Paulo, 2011.
- BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, North-Holland, n. 31, p. 307-327, 1986.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. 2. ed. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- CAIRNS, A. J. G. Pension funding in a stochastic environment: the role of objectives in selecting an asset-allocation strategy. In: **Proceedings of the V AFIR International Colloquium**, Brussels, v. 1, p. 429-453. 1995.
- CASILLO, A. **Model specification for the estimation of the optimal hedge ratio with stock index futures: an application to the italian derivatives market**. [2004]. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.96.3724&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 1º set. 2009.
- CHAIM, R. M. Associação entre a Dinâmica de Sistemas e o Asset and Liability Management em Fundos de Pensão: utilização da técnica delphi para produção de diagramas causais. **Revista de Dinâmica de Sistemas**, Talca, v. 3, n. 2, p. 117-167, nov. 2007.
- COSTA, T. M. T. **Viabilidade da utilização de derivativos agropecuários em carteiras de investimentos de Fundos de Pensão no Brasil**. 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- COSTA, T. M. T.; PIACENTI, C. A. Utilização de contratos futuros agropecuários no Perfil Médio de investimentos de Fundos de Pensão no Brasil. **Revista de Contabilidade e Finanças – USP**, São Paulo, p. 59-72. v. 19, n. 46, jan.-abr. 2008.
- DEGIANNAKIS, S.; FLOROS, C. Hedge Ratios in South African Stock Index Futures. **Journal of Emerging Market Finance**, Chennai, v. 9, n. 3, p. 285-304, 2010.

- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with unit root. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.
- DOWD, K. **Beyond Value at Risk: the new science of risk management**. Londres: John Wiley & Sons, 1998. 274p.
- DUNDER, C. **Portifólios eficientes incluindo opções**. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- ELTON, E.; GRUBER, M.; PADBERG, M. Simple criteria for optimal portfolio selection. **Journal of Finance**, v. XI, n. 5, p. 1.341-1357, 1976.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: John Wiley and Sons, 1995. 433p.
- ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1.008, 1982.
- ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction representation, estimation and testing. **Econometrica**, v. 55, n. 2, p. 251-276, 1987.
- ESCH, L.; KIEFFER, R.; LOPEZ, T. **Asset and Risk Management Risk Oriented Finance**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005. 396p.
- FERSON, W.; KHANG, K. Conditional performance measurement using portfolio weights: evidence for pension funds. **Journal of Financial Economics**, Washington, v. 65, n. 2, p. 249-282. 2002.
- FOMBELLIDA, R. J.; ZAPATERO, J. P. R. Mean-variance portfolio and contribution selection in stochastic pension funding. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 1, p. 120-137, 2008.
- FÜSS, R.; KAISER, D. G.; ADAMS, Z. Value-at-risk, GARCH modeling and forecasting of hedge fund return volatility. **Journal of Derivatives & Hedge Funds**, v. 13, n. 1, p. 2-25, 2007.
- GOMIDES, A. T. R. **Avaliação de riscos em estratégias de investimentos de longo prazo: aplicação prática em um fundo de pensão**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Finanças e Economia Empresarial da Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas, 2004.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846p.
- HEHN, E. Derivatives in Risk Management. **VI AFIR – International Colloquium**. 1996. Disponível em: <<http://www.actuaires.org/AFIR/colloquia/Nuernberg/Hehn.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- HEST, TIM VAN; WAEGENAERE, ANJA DE. Optimal robust and consistent active implementation of pension funds's benchmark investment strategy. **Journal of Asset Management**, v. 8, n. 3, p. 176-187, 2007.
- JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with applications on the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Oxford, v. 52, n. 2, p. 169-219, 1990.
- JORION, P. **Value at risk: a nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro**. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2003. 487p.
- LIEN, D. Cointegration and the optimal hedge ratio: the general case. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 44, p. 654-658, 2004.
- LINSMEIER, T. J.; PEARSON, N. D. Risk measuring: an introduction to value at risk. **Office for Futures and Options Research Working Paper**, Illinois, p. 44, Apr. 1996.
- LÜTKEPOHL, H.; KRÄTZIG, M. **Applied Time Series Econometrics**. Cambridge: University Press, 2004. 323p.
- MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, Mar. 1952.



- MOL, A. L. R. **Value at risk como medida de risco da volatilidade dos ajustes diários em mercados futuros de café.** Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.
- MULLER, C. A. S. **Análise da efetividade das estratégias estáticas e dinâmicas de Hedge para o mercado brasileiro de café Arábica.** 2007. 132f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- NELSON, D. B. Conditional heteroskedasticity in asset returns: a new approach. **Econometrica**, v. 59, p. 347-370, 1991.
- OCHOA, C. M.; OSPINA, C. M. J.; MADRIGAL, L. M. M. ¿Existen Ganancias por la Cobertura de Riesgo Cambiario en un Portafolio de Acciones Global, desde la Perspectiva de un Inversionista Colombiano? **Estudios Gerenciales**, Cali, v. 27, n. 120, p. 83-102, julho-setembro, 2011.
- PATTARIN, F.; FERRETTI, R. **The Mib30 Index and futures relationship:** econometric analysis and implications for hedging. EFMA 2004 Basel Meetings Paper. Out. 2003. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=458842>>. Acesso em: set. 2009.
- PEREIRA, P. L. V. **Estimação de volatilidades.** São Paulo: RiskTech.com – O Portal Brasileiro de Risco, 2003. Disponível em: <<http://www.risktech.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2003.
- PLATEN, E. A benchmark approach to asset management. **Journal of Asset Management**, v. 6, n. 6, p. 390-405, 2006.
- POON, S. H.; GRANGER, C. W. J. Forecasting volatility in financial markets: a review. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 41, n. 2, p. 478-539, jun., 2003.
- RIECHE, F. C. Gestão de riscos em fundos de pensão no Brasil: situação atual da legislação e perspectivas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 219-242, jun. 2005.
- RISKMETRICS GROUP. **Risk Management:** a practical guide, 1999. Disponível em: <<http://www.riskmetrics.com/pdf/dnldtechdoc/RM2006.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2008.
- SHARPE, W. A simplified model for portfolio analysis, **Management Science**, Maryland, v. 9, n. 1, p. 277-293, 1963.
- THOMÉ NETO, C; CÂMARA LEAL, R. P. SOUZA E ALMEIDA, V. Um índice de mínima variância de ações brasileiras. **Economia Aplicada**, Maryland, v. 15, n. 4, p. 535-557, 2011.
- ZAKOIAN, J. M. Threshold heteroskedasticity models. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 18, n. 5, p. 931-955, 1994.
- YU, K. W.; YANG, X. O.; WONG, H. Asset allocation by using the Sharpe rule: How to improve an existing portfolio by adding some new assets? **Journal of Asset Management**, v. 8, n. 2, p. 133-145, 2007.