

CARLOS VICTOR BRAGATTO PRATES

**ANÁLISE DE ESTILO BASEADA EM RETORNOS: UM ESTUDO APLICADO AOS
FUNDOS DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR OFERECIDOS PELO INSITUTO
AGROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Eduardo Campana Barbosa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P912a Prates, Carlos Victor Bragatto, 1990-
2021 Análise de estilo baseada em retornos: um estudo
aplicado aos fundos de previdência complementar oferecidos
pelo instituto Agros / Carlos Victor Bragatto Prates. – Viçosa,
MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (39 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Eduardo Campana Barbosa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Estatística, 2021.

Referências bibliográficas: f. 31-33.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.255>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Economia. 2. Administração financeira. 3. Investimentos.
4. Análise de regressão. 5. Modelos lineares (Estatística).
I. Barbosa, Eduardo Campana, 1988-. II. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Estatística. Programa de
Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria. III. Título.

CDD 22. ed. 332.0415


CARLOS VICTOR BRAGATTO PRATES

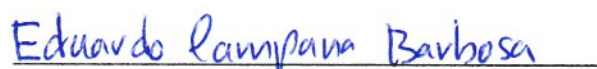
**ANÁLISE DE ESTILO BASEADA EM RETORNOS: UM ESTUDO APLICADO AOS
FUNDOS DE PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR OFERECIDOS PELO INSITUTO
AGROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 4 de novembro de 2021

Assentimento:


Carlos Victor Bragatto Prates
Autor


Eduardo Campana Barbosa
Orientador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Carlos e Augusta, pelo amor incondicional.

Aos meus familiares, que jamais mediram esforços para me apoiar.

Aos amigos conquistados em Viçosa, por toda ajuda e pelos bons momentos vividos.

À república Deck 301, que me deu não somente uma moradia em Viçosa, mas também amigos e momentos muito especiais que lembrarei para sempre. Vida longa à essa família, “Deck Deck Deck”.

Ao professor Eduardo Campana Barbosa, pela orientação, pela ajuda, pela confiança, pela compreensão e pelos ensinamentos nessa jornada de aprendizado.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, pela oportunidade concedida.

Ao secretário Júnior José Pires, por todo o auxílio dado, sempre muito acessível e solícito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto Agros, pelas informações e pelos esclarecimentos fornecidos.

À Quantum Finance, pelo fornecimento de dados indispensáveis para a realização do estudo.

Agradeço em especial ao meu irmão, que mesmo sem compreender fortalece meus pensamentos e me ensina diariamente valiosas lições.

RESUMO

PRATES, Carlos Victor Bragatto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2021. **Análise de estilo baseada em retornos: Um estudo aplicado aos fundos de previdência complementar oferecidos pelo instituto Agros.** Orientador: Eduardo Campana Barbosa.

A introdução do Plano Real, em 1994, promoveu uma profunda mudança no cenário econômico nacional, bem como na postura do cidadão brasileiro, no que se refere a gestão do seu patrimônio pessoal e a escolha de estratégias e instrumentos financeiros, que permitam uma administração eficiente do mesmo. Nesse sentido, uma categoria de investimento que vem se destacando é a dos planos de previdência privada, uma importante alternativa para auxiliar o brasileiro no planejamento e no acúmulo de recursos para o futuro. Logo, o objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia da Análise de Estilo Baseada em Retornos ou RBSA (do inglês, *Return Based Style Analysis*), para avaliar as estratégias de investimento ou de alocação de recursos e os retornos de dois planos previdenciários (B e CD) oferecidos pelo Agros, um Instituto da UFV de Seguridade Social, que oferece e administra planos de previdência privada e de saúde, com o intuito de suplementar os benefícios pagos pela previdência social aos servidores e ex-servidores da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A referida metodologia utiliza um modelo de regressão linear múltipla, que através da imposição de algumas restrições paramétricas, busca estimar o percentual de alocação de um fundo a determinadas classes de ativos, descritas *a priori* nos documentos regulatórios do mesmo.

Palavras-chave: Economia. Gestão. Investimentos. Restrições paramétricas. Regressão linear múltipla.

ABSTRACT

PRATES, Carlos Victor Bragatto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November 2021. **Style analysis based on returns: A study applied to private pension funds offered by the Agros.** Adviser: Eduardo Campana Barbosa.

The introduction of the Plano Real, in 1994, promoted a profound change in the national economic scenario, as well as in the posture of the Brazilian citizen, with regard to the management of their personal assets and the choice of financial strategies and instruments, that allow an efficient administration of the same. In this sense, an investment category that has stood out is that of private pension plans, an important alternative to help Brazilians plan and accumulate resources for the future. Therefore, the objective of this work is to apply the Return Based Style Analysis (RBSA) methodology to evaluate the investment, or resource allocation strategies, and the returns of two pension plans (B and CD) offered by Agros, a UFV Social Security Institute, which offers and manages private pension and health plans, in order to supplement the social security benefits paid to Federal University of Viçosa (UFV) employees and former employees. This methodology uses a multiple linear regression model, which, through the imposition of some parametric restrictions, seeks to estimate the percentage of allocation of a fund to certain classes of assets, described *a priori* in its regulatory documents.

Keywords: Economy. Management. Investments. Parametric restrictions. Multiple linear regression.

SUMÁRIO

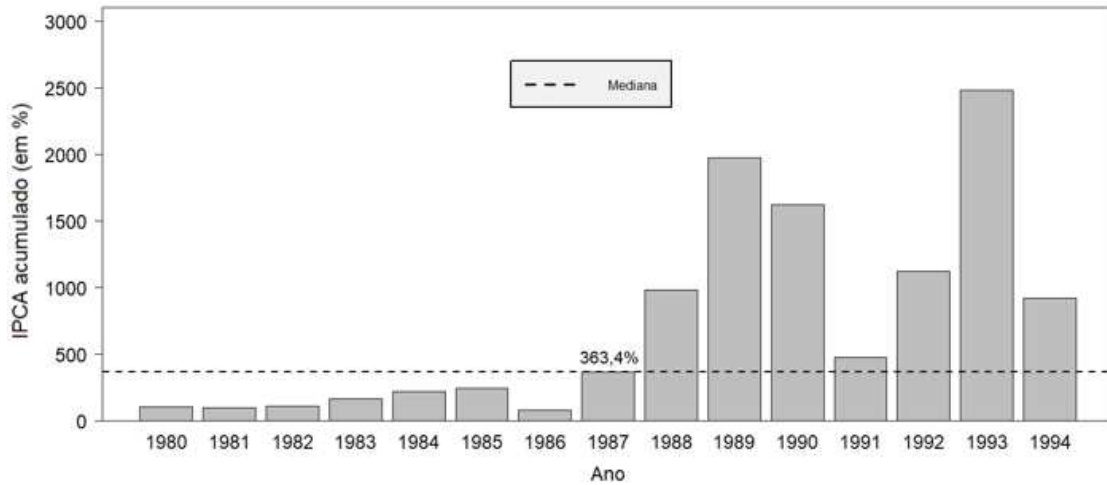
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Modelo Estatístico	10
2.2 Variável Resposta ou Dependente.....	11
2.3 Variáveis Explicativas ou Independentes	12
2.4 Restrições Paramétricas	13
2.5 Estimação dos Parâmetros	14
2.6 Qualidade do Ajuste	15
2.7 Aplicações Práticas da RBSA	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Características dos Planos Previdenciários Agros	17
3.2 Obtenção dos Dados.....	18
3.3 Aspectos Computacionais.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Fundos de Investimentos Agros	20
4.2 Índices de Mercado	21
4.3 Análise de Estilo.....	25
4.3.1 Plano B	25
4.3.2 Plano CD	28
5. CONCLUSÕES.....	30
6. BIBLIOGRAFIA.....	31
APÊNDICE A: Alocações mensais médias dos planos A e B por segmento de investimento.....	34
APÊNDICE B: Códigos computacionais	35

1. Introdução

A história da economia nacional, mais precisamente a partir da década de 80, evidencia que o brasileiro precisou se adaptar a dias de insegurança, causados pela desvalorização do seu trabalho e do seu dinheiro, em função das elevadas taxas de inflação do país (Pinheiro *et al.*, 1999). Um exemplo disso é que, entre os anos de 1986 e 1989, com o então presidente Jose Sarney, o Brasil passou por cinco planos fracassados de estabilização monetária, sendo esses: o Plano Cruzado (início em fevereiro/1986), o Plano Cruzado II (início em novembro/1986), o Plano Bresser (início em junho/1987), o Plano Feijão com Arroz (início em janeiro/1988) e o Plano Verão (início em janeiro/1989), e, logo em seguida, em pouco mais de um ano, por outros três planos fracassados, estabelecidos pelo ex-presidente Fernando Collor de Mello, sendo esses: o Plano Collor (início em março/1990), o Plano Collor II (início em janeiro/1991) e o Plano Marcílio (início em maio/1991). Somente com a implementação do Plano Real, em julho de 1994, que ocorreu ainda no governo do ex-presidente Itamar Franco, é que houve uma mudança no cenário econômico do país, o que permitiu iniciar o processo de controle da inflação e, conseqüentemente, a redução da variação do preço dos ativos e da taxa de juros da economia brasileira ou taxa Selic (Franco, 2017).

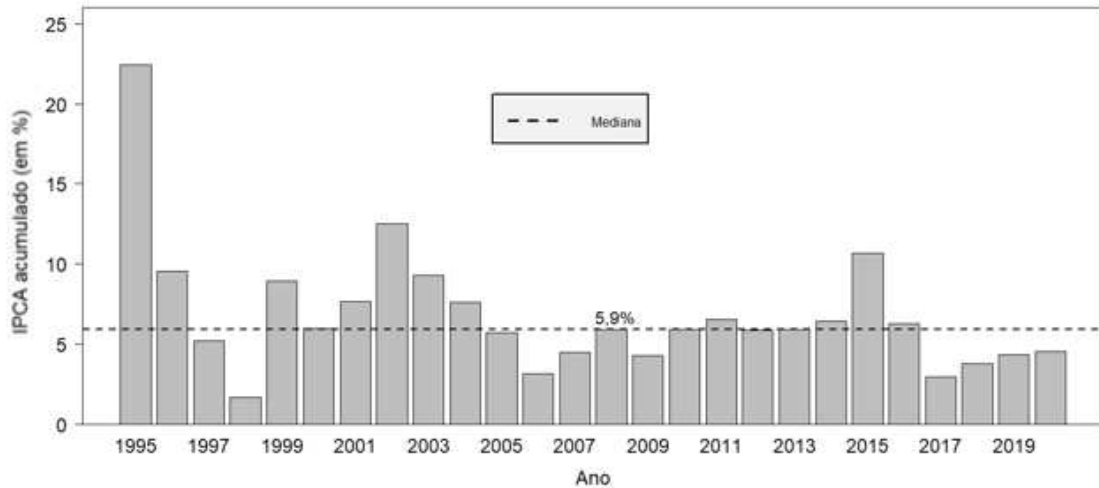
A fim de corroborar essas informações, as Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, os gráficos com a série histórica anual, de 1980 até 1994 e de 1995 até 2020, de valores do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), índice oficial utilizado pelo governo brasileiro para medir a inflação e que é calculado mensalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mais especificamente, a Figura 1 exhibe o IPCA de cada ano, acumulado do mês de janeiro até o mês de dezembro, no período de 1980 à 1994, e a Figura 2, resultados similares, só que para o período de 1995 à 2020.

Figura 1 - IPCA acumulado (em %) de janeiro até o mês de dezembro no período de 1980 à 1994.



Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE: www.ibge.gov.br).

Figura 2 - IPCA acumulado (em %) de janeiro até o mês de dezembro no período de 1995 à 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (IBGE: www.ibge.gov.br).

Note que na Figura 1, o menor valor de IPCA acumulado ocorreu em 1986 e foi de 79,7%, enquanto o maior valor, ocorreu em 1993 e foi de 2477,2%. Já a mediana do IPCA acumulado entre 1980 e 1994, representada pela linha tracejada, foi de 363,4%, o que significa que, durante esse período, em mediana, o dinheiro ou a moeda do país desvalorizou cerca de 363,4% ao ano. Já na Figura 2, pode-se verificar que o menor valor de IPCA acumulado foi de 1,7%, ocorrido em 1998, enquanto o maior valor, ocorreu em 1995 (primeiro ano completo pós plano real) e foi de 22,4%. Pela mediana do IPCA acumulado entre 1995 e 2020, que foi de 5,9%, pode-se

perceber que o cenário econômico foi positivamente modificado e que os níveis de inflação foram reduzidos.

Nesse sentido, em uma economia recente (nos 3 últimos anos – 2018, 2019 e 2020) e mais estável, livre de altas taxas de inflação e, conseqüentemente, de altas taxas de juros, o brasileiro precisou admitir que para obter retornos satisfatórios com os seus investimentos seria necessário se arriscar. Essa demanda por novas alternativas de investimentos é que promoveu o crescimento e a procura por serviços de gestão de recursos financeiros no mercado, gestão essa, tradicionalmente realizada por empresas (públicas ou privadas) ou *assets* especializadas (Le Sourd, 2007).

Uma prova disso foi o crescimento do mercado de investimentos de risco, constatado pelo aumento do número de fundos de investimento brasileiros e do volume financeiro gerido por eles. Mais especificamente, o número de fundos de investimentos oferecidos no Brasil cresceu cerca 390,37%, saltando de 4.540 fundos em 2002 para 22.263 fundos em 2020, segundo dados da Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais (ANBIMA), o que corresponde a um crescimento composto¹ de aproximadamente 9,22% ao ano. Já o patrimônio líquido da indústria de fundos de investimento no Brasil cresceu cerca de 13.009%, saltando de 46 bilhões de reais em 1994, para aproximadamente 6,030 trilhões de reais em 2020, o que corresponde a um crescimento composto de aproximadamente 31,11% ao ano. Destaca-se ainda que o patrimônio líquido gerido pelos fundos de investimento no Brasil em 2020 foi equivalente a 81,15% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional do mesmo ano (aproximadamente 7,4 trilhões de reais).

Adicionalmente, a recente revolução tecnológica que ocorreu no mercado financeiro brasileiro simplificou e democratizou o processo de investir. Logo, o investidor possui agora, além de acesso a plataformas (ou corretoras) que disponibilizam uma gama de fundos de investimentos, acesso também a informações históricas sobre os retornos de cada um desses fundos, sobre os profissionais que tomam as decisões nessas empresas e sobre as respectivas estratégias de alocação de capital adotadas pelos mesmos. Portanto, o investidor pode agora buscar gestores especializados que poderão oferecer investimentos que maximizem a probabilidade

¹ A taxa de crescimento anual composta é calculada como $\left\{ \left(\frac{VF}{VI} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right\} \times 100\%$. Em que *VF* é o Valor Final, *VI* o Valor Inicial e *n* o número de períodos avaliados.

de sucesso, isto é, a probabilidade de se obter um maior retorno condicionado ao seu perfil de risco (Le Sourd, 2007).

Porém, mesmo com todas essas novas informações disponíveis, ainda existem dificuldades, principalmente para o investidor conseguir comparar as políticas e estratégias de investimento de um determinado fundo, uma vez que essa tarefa envolve a compreensão das diversas classes de ativos que contemplam o portfólio de investimento do fundo, os diferentes tipos de estratégias de investimento, as taxas de administração e de custódia, as taxas de performance cobradas pela gestão e etc. Existe, portanto, a necessidade de uma metodologia que permita ao investidor avaliar a estratégia, o risco e o quanto efetivamente a atividade de um gestor contribui para os retornos do fundo analisado.

Nesse sentido, no presente trabalho aplicou-se a metodologia da Análise de Estilo Baseada em Retornos (do inglês, *Return-Based Style Analysis* ou RBSA) para avaliar os resultados de dois planos de previdência oferecidos pelo Agros, um instituto de seguridade social da Universidade Federal de Viçosa. O objetivo principal da aplicação dessa metodologia foi validar as alocações de recursos dos referidos planos previdenciários, isto é, verificar se, de uma forma geral, ou se na média, as alocações informadas nos demonstrativos e documentos regulatórios públicos são de fato realizadas na prática pelos gestores da instituição. Adicionalmente, tem-se também como proposta investigar se os retornos dos planos em estudo são condizentes com as taxas cobrada aos cotistas, comparando as mesmas com as taxas cobradas por fundos passivos com perfil de investimento parecido. Essas análises poderiam fornecer esclarecimentos importantes para os cotistas, sobre como a gestão dos planos está atuando, isto é, de uma forma mais passiva ou mais ativa, e como os recursos estão sendo aplicados ao longo do tempo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Modelo Estatístico

A Análise de Estilo Baseada em Retornos, ou RBSA, é uma metodologia estatística proposta por Sharpe (1988, 1992), que tem como principal objetivo estimar a exposição média, ao longo de um determinado período de tempo, de um fundo de investimento à diferentes classes de ativos, sendo essas classes de ativos associadas aos mercados aos quais o fundo pode estar exposto. O modelo estatístico geral da

RBSA, definido por um modelo linear de K fatores, é informado a seguir na equação (1).

$$R_t = [\beta_1 F_{t1} + \beta_2 F_{t2} + \dots + \beta_K F_{tK}] + e_t \quad (1)$$

Em que R_t é o retorno do fundo em análise no instante t , para $t = 2, 3, \dots, T$, F_{tk} é o retorno do k -ésimo fator de risco (ou classe de ativo) no instante t , para $t = 2, 3, \dots, T$ e $k = 1, 2, \dots, K$, β_k são os parâmetros do modelo ou a sensibilidade dos retornos do fundo em análise com relação ao k -ésimo fator de risco, para $k = 1, 2, \dots, K$ e admitindo constantes os valores de todos os demais $K - 1$ fatores de risco, e e_t é o erro aleatório e não observável do modelo, para $t = 2, 3, \dots, T$, que possui média nula e variância homogênea e igual a σ^2 .

Além disso, ainda segundo Sharpe (1992), os termos do modelo (1), definidos dentro dos colchetes, representam o “retorno atribuível ao estilo” do fundo. Já a parcela restante, definida fora dos colchetes e associada ao componente e_t , incorpora o efeito de fatores aleatórios, que podem estar associados a: i) variáveis desconhecidas e não incluídas no modelo, ii) variáveis que não puderam ser mensuradas e a iii) capacidade de seleção do gestor, isto é, sua habilidade de escolher os ativos, de acertar o *timing* de compra e venda, de utilizar estratégias distintas de investimento, etc.

Destaca-se que o modelo original da RBSA, definido por Sharpe (1988, 1992), não inclui o termo de intercepto. No entanto, De Roon *et al.* (2004), Marques *et al.* (2012), Pizzinga *et al.* (2012), Schutt e Caldeira (2016), apresentam em seus trabalhos uma reparametrização do mesmo, que adiciona esse termo independente ou de intercepto (α , ou Alpha de Jensen, como também é conhecido) no modelo (1), com o intuito de tentar separar e quantificar o efeito exclusivo associado a habilidade seletiva do gestor e, atribuindo ao componente e_t , o efeito dos demais fatores aleatórios (desconhecidos e não mensuráveis).

2.2 Variável Resposta ou Dependente

Com relação a variável resposta ou dependente do modelo (1), representada pelo vetor $\mathbf{R}_t = (R_2, R_3, \dots, R_T)'$, segundo Morettin e Tolo (2006), sua definição se dá, inicialmente, conforme especificado na seguinte equação:

$$r_t = \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} - 1, \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (2)$$

Em que Y_t é a variável aleatória contínua que representa o preço do ativo ou o valor da cota de um plano/fundo no instante t . Note ainda que por (2), r_1 deve ser considerado como zero ou desconsiderado. Posteriormente, utiliza-se uma modificação do retorno líquido simples (r_t), definido em (2), para representar a variável resposta ou dependente do modelo. Essa modificação consiste em tomar $r_t + 1$, o que é conhecido como retorno bruto, e aplicar o logaritmo natural no mesmo, conforme apresentado em (3):

$$R_t = \ln(r_t + 1) = \ln\left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right), \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (3)$$

2.3 Variáveis Explicativas ou Independentes

Os fatores de risco ou as classes de ativo são os índices de referência de mercado ou *benchmark* que contemplam o universo de investimento do fundo em análise. Vale ressaltar que as variáveis explicativas ou independentes do modelo (1), cujos efeitos são considerados fixos, são definidas pelos retornos desses índices de referência, obtidos também a partir das equações (2) e (3) e representados pelo vetor $\mathbf{F} = (F_{t1}, F_{t2}, \dots, F_{tK})$, tal que $\mathbf{F}_{tk} = (F_{1k}, F_{2k}, \dots, F_{Tk})'$, para $k = 1, 2, \dots, K$ e $t = 2, 3, \dots, T$. Segundo Sharpe (1992), os fatores de risco, ou as classes de ativo, devem atender três condições:

- i. Ser coletivamente exaustivos, ou seja, conseguir representar adequadamente todo o universo de mercados ao qual o fundo em análise está exposto;
- ii. Ser mutuamente exclusivos, ou seja, representar um tipo de mercado diferente dentre todo o universo de mercados ao qual o fundo em análise está exposto;
- iii. Não apresentar correlação entre si, o que poderá ser constatado se os seus retornos não forem correlacionados, ou seja, se $Cov(F_{kt}, F_{st}) = 0 \forall k \neq s = 1, 2, \dots, K.$
 $t = 2, 3, \dots, T$

2.4 Restrições Paramétricas

Outra particularidade do modelo proposto por Sharpe (1988, 1992), estabelecida com o intuito de que os coeficientes possam ser interpretados como estimativas médias ou *proxies* do percentual médio de alocação do fundo em cada uma das classes de ativos ao longo do período de tempo analisado (Brow e Goetzman, 1997), é a restrição de que a soma dos parâmetros do modelo ou das sensibilidades β sejam iguais a 1 ou 100%, isto é:

$$\sum_{k=1}^K \beta_k = 1,00 \quad (4)$$

A restrição apresentada em (4), ou restrição de portfólio, quando aplicada em conjunto com o modelo estatístico (1) define uma variação da metodologia RBSA conhecida como RBSA semiforte (de Roon *et al.*, 2004). Adicionalmente, em algumas situações de análise, poderá ser necessário a imposição de mais um tipo de restrição, nesses casos, uma restrição paramétrica de desigualdade, associada a cada um dos elementos do vetor de parâmetros, conforme apresentado em (5):

$$\beta_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

Esse tipo de restrição é útil na análise de fundos de investimentos cuja regulação não permite ao gestor operar de maneira alavancada, isto é, quando não é permitido ao mesmo alocar, em quaisquer das classes de ativos, mais capital ou recursos financeiros do que o fundo possui em patrimônio líquido sob em gestão. Em outras palavras, para esse tipo de fundo não são permitidas operações como a captação de recursos utilizando outros ativos como garantia, a venda a descoberto de ações (situação em que se vende uma ação que não se possui) entre outras formas de alavancagem que poderiam tornar a estimativa de um dos parâmetros negativa.

Nesse tipo de análise, quando a restrição de desigualdade apresentada em (5) é imposta ao modelo (1), em conjunto com a restrição de igualdade apresentada em (4), uma outra variação da metodologia RBSA ocorre, sendo definida como RBSA forte (de Roon *et al.*, 2004). Por consequência, é esperado que a RBSA semiforte, apresentada anteriormente, seja utilizada apenas para a análises de fundos de

investimentos que podem trabalhar alavancados, segundo a sua regulação. Mais especificamente, segundo Roon *et al.* (2004), impor desnecessariamente a restrição de desigualdade em (5), quando não condizente com a real política de investimento do fundo analisado, pode produzir estimativas viesadas dos parâmetros ou das sensibilidades.

2.5 Estimação dos Parâmetros

A estimação dos parâmetros do modelo ou das sensibilidades, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K)'$, quando nenhuma restrição for imposta (o que também é conhecido como RBSA fraca), pode ser realizada via método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), pois nesse caso trata-se de um modelo convencional de regressão linear múltipla. Já quando a restrição de igualdade ou de portfólio é imposta (RBSA semiforte), pode-se ainda utilizar o método dos MQO com uma reparametrização do modelo (Marques *et al.*, 2012) ou então o método dos Multiplicadores de Lagrange (Gross, 2012).

Porém, segundo Sharpe (1992), quando as restrições de igualdade (4) e de desigualdade (5) forem impostas conjuntamente (RBSA forte), estimar os parâmetros do modelo consistirá em resolver um problema de programação quadrática. Logo, utiliza-se um método computacional para minimizar uma função objetiva quadrática, que seria a soma de quadrado dos erros aleatórios, sujeito a um conjunto de restrições lineares, que seriam as restrições definidas em (4) e (5). Segundo Luenberger (1986), no caso da RBSA, a solução ótima obtida fornecerá um mínimo local, que nesse caso será também o mínimo global, já que a função objetiva (SQE) é convexa.

Um detalhe importante é que o modelo original da RBSA é considerado estático, ou seja, o vetor de coeficientes estimados permanece fixo ou constante ao longo do tempo ($\beta_t = \beta$, $t = 2, 3, \dots, T$). Por isso, as estimativas obtidas representam apenas as sensibilidades médias dos retornos do fundo em estudo aos fatores de risco ou classes de ativo, ao longo do período de tempo avaliado. Para mais detalhes sobre variações recentes da RBSA consultar os trabalhos de Dor *et al.* (2005), Holmes e Faff (2008), Weng e Truck (2011), Swinkels e Sluis (2006), Mamaysky *et al.* (2008), Marques *et al.* (2012), Schutt e Caldeira (2016), Campani e Brito (2018).

Por fim, um ponto não abordado nos artigos originais de Sharpe (1988, 1992) refere-se à aplicação de intervalos de confiança para os valores verdadeiros das

sensibilidades (β), principalmente no caso da RBSA forte, quando as restrições de igualdade e de desigualdade estão presentes, o que faz com que a distribuição amostral dos estimadores não seja conhecida. Maiores detalhes sobre isso podem ser consultados em Lobosco e DiBartolomeo (1997), que derivaram um intervalo de confiança aproximado (via método Delta) para as sensibilidades, válido apenas para situações particulares, quando o verdadeiro valor das sensibilidades não é zero ou um (valores que pertencem a borda do espaço paramétrico). Ou em Kim et al. (2000) e Ottem Bams (2000), que propuseram alternativas para derivar intervalos de confiança assintóticos, baseados na aproximação de Andrews (1997a, 1999), que são válidos independente dos verdadeiros valores das sensibilidades.

2.6 Qualidade do Ajuste

Para analisar a qualidade do ajuste do modelo ou o seu poder de explicação, Sharpe (1992) sugere o Coeficiente de Determinação ou R^2 , definido por:

$$R^2 = \frac{SQ_{\text{Regressão}}}{SQ_{\text{Total}}} = 1 - \frac{SQ_{\text{Resíduos}}}{SQ_{\text{Total}}} = 1 - \frac{Var(e_t)}{Var(R_t)} \quad (6)$$

O R^2 indica o quanto da variância dos retornos é explicada pela RBSA aplicada aos fatores de risco ou as classes de ativos selecionadas. Ainda na equação (6), a razão $Var(e_t)/Var(R_t)$ representa a proporção da variância dos retornos do portfólio que não é explicada pelo modelo da RBSA.

Mais especificamente, Sharpe (1992) interpreta o R^2 como o percentual da variação do retorno que pode ser explicado pelo estilo do fundo. Nesse sentido, muitas pessoas atribuem, erroneamente, a diferença de $1 - R^2$ ou a porcentagem não explicada pela RBSA aos fatores de risco, a parcela da variabilidade explicada exclusivamente pela seletividade ou habilidade do gestor. Portanto, um baixo R^2 implicaria que o fundo em análise apresenta uma gestão mais ativa, enquanto um R^2 alto, o contrário (uma gestão mais passiva). No entanto, embora esse seja um resultado importante, pode não ser sempre verdade, uma vez que o valor do R^2 pode ser influenciado por uma especificação errônea do modelo.

2.7 Aplicações Práticas da RBSA

No que se refere a análise de estilo aplicada em fundos de ações, Dibartolomeo e Witkowski (1997) utilizaram a RBSA com objetivo de classificar diversos fundos de investimentos de acordo com o seu estilo estimado e verificar se a classificação obtida estava de acordo com o seu estilo teórico, estabelecido à priori no regulamento do fundo. Para isso, os autores utilizaram dados de fundos de ações americanos e concluíram que dos 748 fundos examinados, 298 ou aproximadamente 39,83% desses apresentavam retornos muito mais associados a outras categorias de investimento do que das categorias definidas à priori em seus prospectos.

Já Gallo e Lockwood (1999) utilizaram a RBSA para analisar o efeito das mudanças de gestão no estilo dos fundos de investimentos. Para isso foram avaliados 69 fundos americanos e constatou-se que aproximadamente 65,2% desses fundos apresentaram variações de estilo após a mudança de gestão ou após a mudança das pessoas responsáveis pelas estratégias de alocação e tomada de decisão no fundo.

Com relação a RBSA aplicada a fundos multimercados, Yoshinaga *et al.* (2009) analisaram o estilo ou o perfil de alocação de fundos brasileiros classificados como alavancados e não alavancados. Os autores concluíram que mesmo quando os fundos se autodenominam alavancados, poucos fazem uso dessa estratégia. Isso sugere que as taxas cobradas nos fundos podem não ser justificadas, uma vez que os gestores não fazem uso da totalidade das estratégias permitidas.

Quanto a aplicação da RBSA a fundos de previdência privada, Campani e Brito (2018) apresentaram um estudo em que foi comparado a *performance* dos fundos de previdência privada com a *performance* de fundos passivos ou de referência para o mercado, normalmente denominados como *benchmarks*. Os *benchmarks* são definidos à priori no prospecto dos fundos e o principal objetivo dos gestores é superar o retorno dos mesmos, o que representa uma gestão ativa. Nesse sentido, pôde-se concluir que diversos fundos de previdência privada cobram altas taxas de administração, justificando-as por uma gestão ativa, sendo que na verdade apresentam uma gestão passiva, isto é, muitas vezes não superando ou apenas obtendo retornos similares ao dos *benchmarks* estabelecidos para o fundo.

3. Material e Métodos

3.1 Características dos Planos Previdenciários Agros

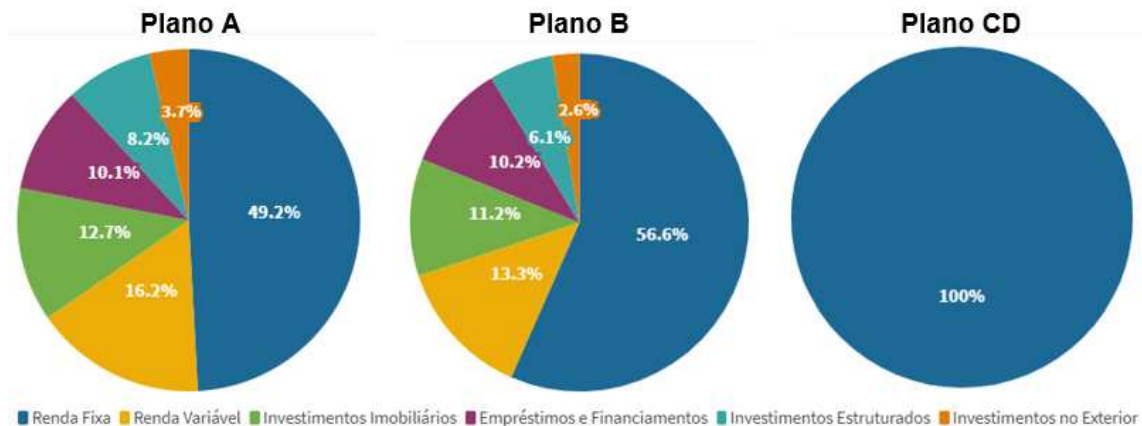
O Instituto UFV de Seguridade Social Agros é uma Entidade Fechada de Previdência Complementar (EFPC), criada em maio de 1980 com o intuito de suplementar os benefícios pagos pela previdência social aos ex-servidores da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O instituto oferece três opções de planos previdenciários, denominados como A, B e CD, registrados, regulamentados e supervisionados pela Superintendência Nacional de Previdência Complementar (Previc), sendo que os dois últimos (B e CD) foram objetos de estudo do presente trabalho. Conforme será explicado nos próximos parágrafos, o plano A não foi analisado por sua composição ser muito parecida com a do plano B, que além disso possui um número muito maior de cotistas e de capital investido. Vale ainda ressaltar que, atualmente, apenas o plano CD está disponível ou aberto para novos cotistas.

Segundo o Relatório Anual de Informações (RAI) de 2020 os três planos previdenciários somados totalizam 6.391 participantes, sendo 4,52% pertencentes ao plano A, 63,08% ao plano B e 32,40% ao plano CD. Já os recursos, ou o patrimônio líquido que os planos têm disponível para cumprir com os benefícios previdenciários, alcançaram R\$ 1.327.933.352,80 nesse mesmo ano, sendo 17,56% referente ao plano A, 79,98% ao plano B e 2,46% ao plano CD.

Os planos A e B, de benefício definido (tipo de plano em que o participante se aposenta com um benefício pré-determinado), possuem uma taxa de carregamento que corresponde a 15% a.a. sobre o valor da contribuição atual. Já o plano CD, de contribuição definida (tipo de plano que permite a acumulação de contribuições ao longo do tempo), em que o benefício futuro do participante será uma função do saldo acumulado, possui uma taxa administrativa de 0,8% a.a. sobre o saldo atual.

Além disso, a principal diferença entre esses planos está associada às respectivas políticas de investimentos. Observa-se que os planos A e B são semelhantes e possuem maior diversificação de alocação do capital financeiro em classes de ativos distintas, diferente do plano CD, que possui apenas a renda fixa como segmento ou classe de ativo de investimento. A Figura 3 apresenta a alocação média mensal (baseado nos RAI's de 2012 a 2019) de recursos por segmento de aplicação e ilustra a diversificação dos planos.

Figura 3 – Alocação média mensal (2012 a 2019) dos planos A, B e CD.



Fonte: Elaborado pelo autor (Instituto Agros: www.agros.org.br).

De forma sucinta, com relação aos segmentos de investimentos apresentados na figura acima, tem-se que:

- Renda Fixa: Aplicações realizadas em títulos públicos federais brasileiros, debêntures, letras financeiras e fundos de renda fixa;
- Renda Variável: Aplicações em fundos de investimentos que compram ações de empresas brasileiras;
- Investimentos Imobiliários: Resultado financeiro obtido a partir de movimentações (compra e venda) e aluguéis recebidos de imóveis localizados nas cidades de Viçosa e Belo Horizonte;
- Empréstimos e financiamentos: Operações de concessões de empréstimos aos participantes dos planos previdenciários;
- Investimentos Estruturados: Aplicações realizadas em fundos de investimentos em participações (FIP²) e em fundos multimercados;
- Investimentos no Exterior: Aplicações realizadas em fundos de investimentos que aplicam os recursos em renda fixa e renda variável de outros países.

3.2 Obtenção dos Dados

Os valores associados a variável resposta ou dependente do modelo (1) foram obtidos via contato direto com o Instituto Agros, que forneceu as séries históricas dos

² O Fundo de Investimento em Participações (FIP) é um investimento de renda variável constituído por uma comunhão de recursos destinados à aplicação em companhias abertas, fechadas ou sociedades limitadas, em fase de desenvolvimento.

retornos mensais dos fundos de previdência oferecidos pela instituição. Foram obtidos os retornos mensais que contemplam o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2019, ou 96 observações para cada uma das séries. Esses retornos já são livres das taxas.

Quanto às variáveis explicativas ou independentes do modelo (1), que são os fatores de risco ou as classes de ativo, essas foram escolhidas ou selecionadas com base no histórico de relatórios anuais de informações de cada plano previdenciário, de 2012 a 2019, disponibilizados de forma pública pelo instituto Agros. Adicionalmente, a escolha das variáveis explicativas também envolveu conversas com os responsáveis pelo setor atuarial e de investimentos do instituto. Portanto, buscou-se índices de mercado que pudessem melhor representar as classes de ativos associadas ao universo de possibilidades de investimentos de cada um dos fundos. Tais dados foram obtidos por meio da plataforma *Quantum Finance*³, sendo que cada valor presente nas séries históricas representa o valor de uma cotação de fechamento diária dos seguintes índices:

- IBOVESPA (principal índice de ações da bolsa de valores do Brasil);
- IFIX (principal índice de fundos imobiliários na bolsa de valores do Brasil);
- S&P 500 (Índice *Standard & Poor's 500*, que inclui as 500 maiores empresas dos EUA listadas nas bolsas NYSE e Nasdaq);
- DÓLAR PTAX (média aritmética dos valores de compra e venda de Dólar praticados pelas principais instituições de câmbio no Brasil durante o dia);
- IMA-S (índice que replica uma carteira de títulos públicos cuja remuneração ou o percentual de juros a ser recebido, no vencimento, é indexado à taxa SELIC);
- IMA-B 5 e IMA-B 5+ (índice que replica uma carteira de títulos públicos com vencimento em menos de 5 anos e mais de 5 anos, respectivamente, cuja remuneração ou o percentual de juros a ser recebido, no vencimento, é indexado ao IPCA);
- IMA-C (índice que replica uma carteira de títulos públicos cuja remuneração ou o percentual de juros a ser recebido, no vencimento, é indexado ao IGP-M);
- IRF-M 1 e IRF-M 1+ (índice que replica uma carteira de títulos públicos com vencimento em menos de 1 ano e mais de 1 ano, respectivamente, cuja

³ <http://www.quantumfinance.com.br>

remuneração ou o percentual de juros a ser recebido, no vencimento, é prefixado).

Destaca-se que as séries históricas diárias (associadas às variáveis mencionadas anteriormente) foram convertidas em séries mensais, isto é, para representar a observação de um determinado mês foi utilizado o valor do último dia útil desse mês, com o intuito de que a periodicidade de tais séries coincidissem com a periodicidade das séries de retornos fornecidas pelo instituto Agros. Posteriormente, foram calculados os retornos de cada um desses índices, via fórmulas (2) e (3).

3.3 Aspectos Computacionais

De acordo com os documentos regulatórios do Agros, em nenhum dos planos previdenciários em estudo é permitida alavancagem, portanto, o modelo estatístico da RBSA em (1) deve incluir ambas as restrições paramétricas, de igualdade em (4) e de desigualdade em (5), o que caracteriza a RBSA forte. O ajuste desse modelo foi realizado utilizando o *software* livre R (R *Development Core Team*, 2020), em que o pacote *quadprog* (Turlach e Weingessel, 2013) e a função *solve.qp* serão utilizados para a estimação dos parâmetros através da resolução do problema de programação quadrática. Os códigos desenvolvidos podem ser visualizados no Apêndice B.

4. Resultados e Discussão

4.1 Fundos de Investimentos Agros

A tabela 1 descreve as principais estatísticas associadas aos retornos dos planos previdenciários (B e CD) oferecidos pelo instituto Agros.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos retornos dos fundos B e CD.

Plano	N	Retorno Médio	Desvio Padrão	Índice de Sharpe ⁴	Retorno Mínimo	Retorno Máximo	Amplitude Total dos Retornos
B	96	0,92%	1,01%	0,91	-2,09%	3,44%	5,53%
CD	96	0,81%	0,29%	2,79	0,14%	1,91%	2,05%

Fonte: Elaborado pelo autor (Instituto Agros: www.agros.org.br).

Observa-se que o plano B obteve maior retorno médio mensal, de 0,92%, porém, associado a uma volatilidade (risco ou desvio padrão) maior. Como o plano CD possui apenas investimentos atrelados a ativos de renda fixa, sua menor rentabilidade já era esperada, no entanto, o seu valor médio (de 0,81%) foi apenas levemente inferior ao do plano B, e com um risco muito menor, como indica o desvio padrão e também o índice de Sharpe, que foi aproximadamente 3,06 vezes superior ao do plano B.

Nota-se ainda que o plano CD não apresentou retorno negativo em nenhum mês, diferente do plano B. Corroborando isso, a amplitude total do retorno do plano B (5,53%) é maior do que a do plano CD (2,05%), uma vez que o plano B possui investimentos em outras classes de ativos, como em renda variável, o que se traduz em maior volatilidade, causada por movimentos bruscos (de alta e de baixa) no preço dos ativos e, conseqüentemente, no retorno do fundo.

4.2 Índices de Mercado

Foram utilizados 12 diferentes índices de mercado com o intuito de contemplar o universo de investimento dos 2 planos analisados neste trabalho. A tabela 2 apresenta as medidas estatísticas que descrevem os retornos mensais desses índices. %.

⁴ $IS_i = (R_i - R_f) / S_i$, em que R_i é o retorno médio do i -ésimo fundo, S_i é a volatilidade ou desvio padrão do i -ésimo fundo e R_f é a taxa livre de risco, que nesse caso, por conveniência, será admitida como 0%. De maneira geral, quanto maior o índice de Sharpe maior terá sido o retorno ponderado pelo risco.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos índices de mercado utilizados na construção dos modelos.

Índice	N	Retorno Médio	Desvio Padrão	Índice de Sharpe	Retorno Mínimo	Retorno Máximo	Amplitude Total dos Retornos
IBOV	96	0,74%	5,74%	0,13	-12,62%	15,67%	28,29%
IFIX	96	1,05%	2,97%	0,35	-7,48%	10,10%	17,58%
S&P500	96	1,78%	4,81%	0,37	-14,61%	16,24%	30,85%
DÓLAR	96	0,79%	4,50%	0,18	-14,61%	13,14%	27,75%
IMA-S	96	0,77%	0,23%	3,35	0,38%	1,20%	1,58%
IMA-B 5	96	0,96%	0,83%	1,16	-1,57%	3,05%	4,62%
IMA-B 5+	96	1,16%	3,12%	0,37	-6,47%	10,13%	16,61%
IRF-M 1	96	0,80%	0,26%	3,08	0,20%	1,63%	1,83%
IRF-M 1+	96	1,01%	1,42%	0,71	-2,66%	5,08%	7,74%
IMA-C	96	1,08%	2,09%	0,52	-5,93%	6,31%	12,24%

Fonte: Elaborado pelo autor (Quantum Finance: www.quantumfinance.com.br).

De acordo com as estatísticas descritivas apresentadas na tabela 2, o maior retorno médio observado foi de 1,78% e está associado ao índice de ações americanas S&P500. Uma justificativa para isso é que após o ano de 2008, período em que os EUA vivenciaram o ápice da crise financeira do *Subprime*, a economia americana se recuperou e voltou a crescer, o que fez com que o índice S&P500 iniciasse uma tendência de alta e de longo prazo, aumentando os seus retornos mensais durante o intervalo de tempo avaliado. Adicionalmente, o mesmo comportamento pôde ser observado para investimentos feitos na moeda do país (dólar), que se valorizou perante o real (quase 2 vezes no período avaliado, dólar em 31/12/2008 = 2,34 reais e dólar em 31/12/2019 = 4,03 reais) e apresentou um retorno médio de 0,79%.

Ainda no contexto econômico, uma explicação semelhante pode ser atribuída para o retorno médio do índice Bovespa, que foi de 0,74%, o menor verificado, uma vez que entre 2012 e 2016 verificou-se uma tendência de baixa nas cotações do

mesmo, que se intensificou em meados de 2014, quando o Brasil vivenciou uma grave crise econômica. Esse comportamento fez com que em grande parte do período analisado os retornos desse índice fossem mínimos ou até mesmo negativos. Note ainda que, de acordo com o índice de Sharpe, o retorno ponderado pelo risco foi quase 3 vezes maior quando se compara os índices de ações americano (S&P500) e brasileiro (IBOV). Esse fato demonstra que, além de um comportamento oposto em parte do período avaliado, o mercado americano é menos volátil, já que é um ambiente financeiro mais desenvolvido, mais eficiente e menos impactado por ruídos do que o ambiente financeiro do mercado brasileiro.

Já o segundo menor retorno médio mensal observado, de 0,77%, está associado ao índice de renda fixa IMA-S, o que pode ser explicado devido ao retorno desse índice estar atrelado ao retorno da taxa básica de juros da economia ou taxa SELIC, que é considerada por muitos o investimento livre de risco do país, e, conseqüentemente, de menor retorno esperado. No entanto, principalmente devido a um ciclo de alta da taxa de juros que ocorreu entre 2012 e 2016, em parte originado pelos efeitos da crise econômica que o país vivenciou a partir de 2014, o IMA-S obteve o maior índice de Sharpe ($IS = 3,35$) ou o maior retorno ponderado ao risco, uma vez que houve a combinação de maior rentabilidade e menor volatilidade.

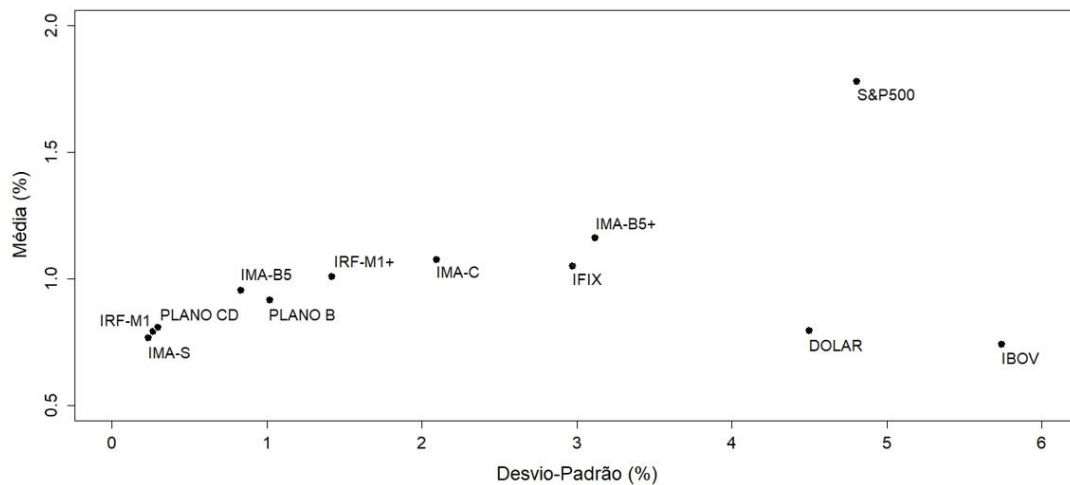
Um fato interessante é que os índices de renda fixa cujos títulos em carteira possuem vencimentos de curto prazo (IMA-S e IRF-M1) foram os que possuíram o maior retorno ponderado pelo risco ($IS = 3,35$ e $IS = 3,08$, respectivamente). Além do ciclo de alta de juros, isso pode ser explicado por esses índices sofrerem menos com o efeito da marcação a mercado dos títulos (originada pela negociação ou pelo *trading* dos títulos), que é o principal fator causador de volatilidade nos preços desses ativos.

Por fim, o retorno médio do IFIX e do IMA-C foram muito próximos, 1,05% e 1,08%, respectivamente. Isso pode estar associado ao fato desses dois índices possuírem relação direta e indireta com o mercado imobiliário. O IFIX é o índice que representa o mercado de fundos de investimentos imobiliários, e que foi utilizado nesse trabalho como uma *proxy* para medir a valorização dos imóveis, enquanto o IMA-C é o índice que possui uma carteira de títulos públicos cujos rendimentos estão atrelados ao IGP-M, que também é um indexador muito empregado para reajustar os aluguéis de imóveis no Brasil. Ou seja, mesmo representando classes de ativos diferentes, os retornos médios podem ter sido semelhantes devido a uma

particularidade ou uma interseção entre esses dois índices, que envolve o mercado imobiliário.

A Figura 4 apresenta um gráfico que ilustra a relação dos retornos médios com o risco ou desvio padrão de cada classe de ativo, além destes mesmos resultados para os planos previdenciários B e CD, oferecidos pelo instituto Agros.

Figura 4 - Gráfico de dispersão das médias (%) e dos desvios padrão (%) dos retornos mensais dos índices e dos planos previdenciários utilizados na construção dos modelos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a figura 4, pode-se observar que o plano CD, cujo universo de investimentos envolve apenas a renda fixa, obteve uma relação de risco retorno semelhante à dos índices IMA-S e IRF-M1, que são índices cujos títulos em carteira possuem vencimentos de curto prazo. Uma vez que os planos previdenciários são investimentos de longo prazo, poderia ser esperado que os retornos do plano CD fossem mais próximos dos retornos dos índices de renda fixa que possuem títulos com vencimento de longo prazo e que inclusive estão atrelados a indexadores de inflação, como o IPCA e o IGP-M, a fim de assegurar que o poder de compra do cotista não seja destruído ao longo do tempo. No entanto, isso não foi verificado, possivelmente por esses índices possuírem o menor retorno ponderado ao risco ($IS = 0,37$ e $IS = 0,52$, respectivamente), uma estratégia menos agressiva para o cotista e bem característica de planos previdenciários brasileiros [veja Costa *et al.* (2000), Santos *et al.* (2004), Campani e Brito (2018), Santos e Viana (2019)] que devido ao histórico de altas taxas de juros do país, possibilitam aos gestores a obtenção de retornos elevados e com baixo risco através de uma gestão passiva.

Já o plano B, que oferece um portfólio mais amplo e diversificado, porém, com a maior parte também vinculada a aplicações de renda fixa (historicamente, em média, quase 60%), apresentou uma rentabilidade mensal média que superou levemente a dos índices IMA-S e IRF-M1, no entanto, com maior risco envolvido. Esse resultado é curioso e negativo, além de divergente da literatura de finanças, pois não parece ser interessante incluir outras classes de ativo a um portfólio (aumentar o trabalho envolvido no acompanhamento do mesmo) sem que se verifique uma redução do risco, uma vez que, segundo Maestri e Malaquias (2016), essa é a principal finalidade de se diversificar, minimizar o risco sistemático.

Ao comparar com o índice Bovespa, o plano B apresentou um maior retorno ponderado pelo risco ($IS = 0,13$ e $IS = 0,91$, respectivamente), o que pode ser explicado pelo fato de que, durante o período avaliado, foram realizadas alterações de recursos entre os segmentos de renda variável e de renda fixa, como observado nos anos de 2014 e 2016, em que o percentual investido em renda variável foi reduzido de 20,55% para 4,67% e o de renda fixa foi aumentado de 47,74% para 62,90%, visando posicionar o plano B, para tentar obter melhores retornos através do ciclo de alta da taxa de juros e ser menos impactado com a derrocada do índice Bovespa, o que é interessante, pois parece indicar que o plano B possui características de uma gestão um pouco mais ativa (ou menos passiva) do que a do plano CD.⁵

4.3 Análise de Estilo

4.3.1 Plano B

Para corroborar as conclusões obtidas acima, a tabela 3 apresenta os resultados da aplicação da RBSA forte aos dados do plano B. São informadas as estimativas dos parâmetros ou as sensibilidades estimadas para os fatores de risco ou índices IBOV, IFIX, S&P500, DÓLAR, IMA-S, IMA-B, IMA-B 5+, IMA-C, IRF-M1 e IRF-M1+.

⁵ As alocações anuais médias de capital financeiro dos planos previdenciários A e B, por segmentos de investimento no período de 2012 a 2019, são apresentadas no Apêndice A.

Tabela 3 – Resultados obtidos para modelo do plano previdenciário B.

IBOV	IFIX	S&P	DÓLAR	IMA				IRF		%
				S	B5	B5+	C	M1	M1+	
$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	$\hat{\beta}_6$	$\hat{\beta}_7$	$\hat{\beta}_8$	$\hat{\beta}_9$	$\hat{\beta}_{10}$	$\sum_{i=1}^K \hat{\beta}_i$
13,6%	0,0%	3,15%	0,0%	58,15%	3,0%	0,39%	5,91%	15,8%	0,0%	100,0%

$R^2 = 59,86\%$

Fonte: Elaborado pelo autor.

As estimativas dos parâmetros indicaram que, ao longo do período avaliado, a alocação média dos recursos do plano B foi concentrada, principalmente, em ativos de renda fixa de curto prazo, cujo retorno está atrelado a taxa Selic e a juros pré-fixados ($\hat{\beta}_5 = \hat{\beta}_{IMA-S} = 58,15\%$ e $\hat{\beta}_9 = \hat{\beta}_{IRF-M1} = 15,8\%$) e em ativos de renda variável, cujo retorno está atrelado ao retorno de ações presentes no índice Bovespa ($\hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_{IBOV} = 13,6\%$). Esses resultados vão de acordo com os obtidos por Santos e Viana (2019), que analisaram via RBSA os retornos mensais de 632 fundos de previdência, no período entre outubro de 2011 e abril de 2015, e encontraram fatores de risco similares como sendo os mais relevantes ($\hat{\beta}_{IMA-S} = 48,5\%$, $\hat{\beta}_{IBOV} = 13,8\%$ e $\hat{\beta}_{IRF} = 6,2\%$, em que $\hat{\beta}_{IRF}$ é a estimativa média associada a um índice que combina o IRF-M1 e IRF-M1+).

Um outro resultado do trabalho de Santos e Viana (2019) é que a estimativa obtida para o índice de inflação, $\hat{\beta}_{IMA-B} = 1,4\%$, em que $\hat{\beta}_{IMA-B}$ associa-se a um índice que combina o IMA-B5 e IMAB-5+, é também próxima da média das estimativas obtidas para os índices IMA neste trabalho, $\hat{\beta}_6 = \hat{\beta}_{IMA-B5} = 3,0\%$ e $\hat{\beta}_7 = \hat{\beta}_{IMA-B5+} = 0,39\%$, logo, na média, 1,69%.

Mais especificamente, corroborando os resultados apresentados acima, esses autores concluíram que a composição das carteiras dos fundos previdenciários do Brasil é concentrada em títulos de curtíssimo prazo, com poucos ativos de renda variável e participação desprezível atrelada ao dólar. Essa última afirmação, a respeito do dólar, também vai de acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, uma vez que $\hat{\beta}_4 = \hat{\beta}_{DOLAR} = 0\%$.

Já o parâmetro estimado relacionado ao índice IMA-C ($\hat{\beta}_8 = \hat{\beta}_{IMA-C} = 5,91\%$) demonstrou que, em média, o retorno atribuído a uma pequena parcela dos investimentos do plano, realizados ao longo do tempo, está associado ao retorno de investimentos indexados ao IGP-M. Esses investimentos, no caso do plano B, podem estar relacionados com: i) uma carteira de títulos públicos ou a outros investimentos de renda fixa cuja remuneração está atrelada a esse índice ou ii) aos reajustes e valorização dos imóveis e dos aluguéis destes ativos imobiliários que pertencem ao portfólio do plano, que são também diretamente atrelados ao IGP-M. No entanto, como o $\hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_{IFIX} = 0\%$, é mais provável que a opção i) seja a principal responsável por esse resultado, já que os retornos do IFIX, índice utilizado nessa pesquisa como uma aproximação para medir a valorização de imóveis, não se associou ao retorno do plano B.

O segmento de investimentos no exterior, que foi aqui, por conveniência, simplificado a um segmento de investimentos exclusivo aos EUA, cujo mercado foi representado pelo índice S&P500, apresentou uma estimativa de 3,15% ($\hat{\beta}_3 = \hat{\beta}_{S\&P500} = 3,15\%$). Logo, uma vez que essa estimativa foi muito próxima do valor médio verdadeiro (2,60%), obtido a partir das informações dos RAI's de 2012 a 2019 (Figura 3), há indícios de que esse segmento de investimento do plano B pode estar sendo pouco explorado, já que a associação do retorno do plano B com o retorno do índice S&P500 produziu uma estimativa que não deixa margem para que outros ativos, de outras grandes economias, possam estar inseridos e gerando retorno ao portfólio em questão.

Como informado na tabela 3, o modelo ajustado para o plano B apresentou um coeficiente de determinação de 59,86%. Ou seja, foi possível explicar cerca de 59,86% da variação dos retornos mensais desse plano por meio da regressão nos fatores de risco escolhidos e representados pelos índices de mercado, o que, segundo os resultados de Schutt e Caldeira (2016) e Weng e Truck (2011), sugere um indício de gestão passiva. No entanto, como o histórico de documentos do fundo mostrou que movimentações entre as classes de ativo foram realizadas ao longo do tempo, não seria correto generalizar essa conclusão, pois esse é um ponto positivo e que sugere que a gestão da instituição, no que se refere ao plano B, não é completamente passiva.

4.3.2 Plano CD

Para o modelo do plano CD foram utilizados os fatores de risco ou índices IMA-S, IMA-B5, IMA-B5+, IMA-C, IRF-M1 e IRFM-1+ como variáveis explicativas. A tabela 4 apresenta os resultados das sensibilidades estimadas de cada fator, obtidos a partir da aplicação da RBSA forte aos dados desse plano.

Tabela 4 - Resultados obtidos para modelo do plano CD.

IMA				IRF		%
S	B5	B5+	C	M1	M1+	
$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	$\hat{\beta}_6$	$\sum_{i=1}^K \hat{\beta}_i$
88,63%	7,56%	0,42%	0,36%	0,00%	3,03%	100,0%
$R^2 = 52,11\%$						

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados demonstraram que, ao longo do período analisado, o portfólio de investimentos do plano CD esteve, em média, alocado basicamente em aplicações de títulos públicos de curto prazo, cuja remuneração era indexada à taxa Selic ($\hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_{IMA-S} = 88,63\%$), o que implica em uma baixa diversificação do portfólio de investimentos desse plano no segmento de renda fixa, apresentando pouca diversidade relevante de indexadores e de vencimento dos títulos.

É importante mencionar que, de acordo com os documentos do Agros, os investimentos em renda fixa permitidos no plano CD envolvem aplicações em títulos públicos federais, debêntures, letras financeiras e fundos de renda fixa. Logo, o resultado anterior sugere que para se obter um retorno próximo ou praticamente associado ao retorno da taxa Selic, os gestores do Agros aplicaram os recursos financeiros dos cotistas, ao longo do tempo, nos ativos descritos anteriormente. Esse é um ponto negativo, uma vez que o cotista teve de pagar taxa duas vezes para obter o retorno de um índice passivo de mercado e com um retorno ponderado pelo risco maior (veja o índice de Sharpe nas tabelas 1 e 2). Mais especificamente, a primeira taxa, indireta, é paga quando o Agros, para fazer tais investimentos, paga uma taxa

ao Tesouro Nacional ou ao emissor de um fundo de renda fixa, e a segunda, direta, quando o Agros cobra do cotista uma taxa de administração sobre o saldo atual (0,8% a.a.). Note, no entanto, que é possível obter os retornos da taxa Selic investindo diretamente no título do tesouro Selic, disponibilizado pelo tesouro Nacional, com uma taxa de custódia 0,2% a.a. sobre o valor dos títulos adquiridos. Se o investimento inicial do Agros é em um fundo de renda fixa, o problema se intensifica, já que, segundo um estudo feito a pedido da revista Exame (<https://invest.exame.com/me/fundos-de-renda-fixa-como- ficam-as-taxas-de-administracao-se-a-selic-subir>) no ano de 2020, a taxa média cobrada por 87 fundos de renda fixa foi de 2,45% a.a. sobre o valor mantido pelo investidor, e em 2021, de 1,61%.

Já para o índice IMA-B5 o modelo apresentou um percentual de alocação de 7,56% ($\hat{\beta}_2 = \hat{\beta}_{IMA-B5} = 7,56\%$), o segundo maior dentre as estimativas obtidas. Santos e Viana (2019), em uma análise que contemplou 457 fundos de previdência classificados pela ANBIMA como “fundos de previdência de renda fixa”, ao longo do período de outubro de 2011 e abril de 2015, foi também verificado que os investimentos de maior relevância eram indexados majoritariamente a taxas de juros prefixados de curtíssimo prazo e à Selic.

Por fim, os resultados encontrados para o índice IRF-M1+ apontaram investimentos realizados em títulos públicos cuja remuneração é prefixada e os vencimentos são acima de 1 ano, com um percentual médio estimado de 3,03% ($\hat{\beta}_6 = \hat{\beta}_{IRF-M1+} = 3,03\%$). Campani e Brito (2018) também observaram pouca associação entre os planos de previdência com os títulos públicos prefixados, afirmando que a busca por uma gestão mais ativa nesse tipo de plano (renda fixa) precisa envolver uma atuação mais presente com títulos dessa natureza, principalmente ao se observar boas oportunidades em momentos de patamares elevados de taxas de juros (ganhos com marcação a mercado).

Quanto ao R^2 do modelo desenvolvido para o plano CD, verificou-se um coeficiente de determinação de 52,11%, isto é, o modelo foi capaz de explicar cerca de 52,11% da variação dos retornos mensais desse plano através dos retornos dos fatores de risco escolhidos, representados pelos índices de mercado. Neste caso, o resultado sugere uma gestão passiva, principalmente pelo fato de a estimativa associada ao índice IMA-S ter apontado que quase 90% do retorno do portfólio do

plano foi atrelado ao retorno desse índice ou da taxa Selic, sem aparentes alterações ou mudanças no mesmo, ao longo do período avaliado.

Além disso, um ponto interessante e que a RBSA ajudou a esclarecer, é sobre o tipo de alocação feita no plano CD dentro do segmento de renda fixa. Note que a única informação disponível nos documentos do RAI é a de que o plano CD aloca 100% do seu patrimônio líquido sob gestão em renda fixa. Logo, não se faz qualquer descrição de que tipo de renda fixa seria, sobre volatilidade e vencimentos dos títulos ou sobre indexadores. A RBSA aplicada ao plano CD foi útil para demonstrar isso.

5. Conclusões

A RBSA demonstrou ser uma ferramenta eficaz para o objetivo proposto neste trabalho, que era validar o estilo dos planos previdenciários B e CD oferecidos pelo instituto Agros, ou seja, comparar as alocações teóricas (definidas no regulamento) com as alocações reais (estabelecidas na prática). Os resultados indicaram que as alocações verdadeiras foram muito próximas das alocações informadas nos documentos regulatórios, o que é um ponto positivo, já que se traduz em aumento da confiança do cotista para com a gestão.

No entanto, a maior parte do retorno dos planos esteve associada, em média, a retornos de investimentos indexados à taxa Selic, o que é um ponto negativo, pois se traduz em um forte indício de gestão passiva. Vale destacar que no plano B, diferente do plano CD, em que essa característica é mais evidente, essa passividade foi levemente atenuada por movimentações entre classes de ativos do portfólio ao longo do tempo.

Devido ao histórico de altas taxas de juros no Brasil, é comum verificar tal característica (passividade) ou resultados semelhantes aos encontrados nos planos do Agros em outros planos previdenciários, oferecidos por demais instituições. No entanto, é importante destacar que os resultados demonstraram que o cotista poderia obter retornos similares ou até mesmo levemente superiores e com menor risco se optasse por comprar diretamente títulos do tesouro Selic, diretamente nacional do tesouro nacional, pagando uma única taxa de custódia, que é ainda menor do que a taxa cobrada pelo plano previdenciário CD do Agros, que é o único plano disponível para novos cotistas no momento.

6. Bibliografia

ANDREWS, D. W. K. Estimation When a Parameter Is on a Boundary. **Econometrica**, v. 67, n. 6, p. 1341–1383, 1999.

ANDREWS, D. W. K. Estimation When a Parameter Is on a Boundary: Theory and Application, Cowles Foundation Discussion Paper, 1997a.

BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. Mutual fund styles. **Journal of financial Economics**, Elsevier, v. 43, n. 3, p. 373–399, 1997.

CAMPANI, C. H.; BRITO, L. M. Fundos de previdência privada: passividade a preços de fundos ativos. **Revista Contabilidade & Finanças**, Scielo Brasil, v. 29, n. 76, p. 148–163, 2018.

COSTA Jr, C. J.; da COSTA Jr, N. C. A.; LEAL, R. P.; LEMGRUBER; E. F.; MESCOLIN, A. Mercado de Capitais: análise empírica no Brasil. Editora Atlas, 2000.

DEROON, F. A.; NIJMAN, T. E.; TER HORST, J. R. Evaluating style analysis. **Journal of Empirical Finance**, Elsevier, v. 11, n. 1, p. 29–53, 2004.

DIBARTOLOMEO, D.; WITKOWSKI, E. Mutual fund misclassification: Evidence based on style analysis. **Financial Analysts Journal**, Taylor & Francis, v. 53, n. 5, p. 32–43, 1997.

LOBOSCO, A.; DIBARTOLOMEO, D. Approximating the Confidence Intervals for Sharpe Style Weights. **Financial Analysts Journal**, v. 53, n. 4, p. 80–85, 1997.

DOR, A. B.; JAGANNATHAN, R.; MEIER, I. Understanding mutual fund and hedge fund styles using return-based style analysis. **The world of hedge funds: characteristics and analysis**. p. 63–108, 2005.

FRANCO, G. H. B. **A moeda e a lei: Uma história monetária brasileira, 1933-2013**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2017.

GALLO, J. G.; LOCKWOOD, L. J. Fund management changes and equity style shifts. **Financial Analysts Journal**, v. 55, n. 5, p. 44–52, 1999.

GROSS, J. **Linear regression**. Springer Science & Business Media, 2012. v. 175.

- HOLMES, K. A.; FAFF, R. W. Style Analysis customized benchmarks, and managed funds: new evidence. **Applied Financial Economics Letters**, v. 4, n. 4, p. 253–258, 2008.
- KIM, T; STONE, D.; WHITE, H. Asymptotic and Bayesian Confidence Intervals for Sharpe Style Weights. University of California, 2000.
- LE SOURD, V. Performance measurement for traditional investment. **Financial Analysts Journal**, v. 58, n. 4, p. 36–52, 2007.
- LUENBERGER, D. G. Control of linear dynamic market systems. **Journal of Economic Dynamics and Control**, V. 10, n. 3, p. 339–351, 1986.
- MAESTRI, C. O. N. M., MALAQUIAS, R. F. Exposição fatores de mercado de fundos de investimentos no Brasil. *Revista de Contabilidade e Finanças*, v. 28, p. 61–76, 2016.
- MAMAYSKY, H.; SPIEGEL, M.; ZHANG, H. Estimating the dynamics of mutual fund alphas and betas. **The Review of Financial Studies**, v. 21, n. 1, p. 233–264, 2008.
- MARQUES, R.; PIZZINGA, A.; VEREDA, L. Restricted kalman filter applied to dynamic style analysis of actuarial funds. **Applied Stochastic Models in Business and Industry**, v. 28, n. 6, p. 558–570, 2012.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. **Análises de séries temporais**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2006.
- OTTEN, R.; BAMS, D. Statistical Test for Return-Based Style Analysis. 2000.
- PIZZINGA, A. *et al.* Análise dinâmica de estilo para fundos de investimentos brasileiros. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, v. 7, n. 14, p. 1–34, 2012.
- R Development Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- SCHUTT, I. G.; CALDEIRA, J. F. Análise de estilo dinâmica de fundos multimercados: aplicação para o mercado brasileiro. **Análise Econômica**, v. 34, n. 65, 2016.
- SHARPE, W. F. Determining a fund's effective asset mix. **Investment management review**, v. 2, n. 6, p. 59–69, 1988.

SHARPE, W. F. Asset allocation: Management style and performance measurement. **Journal of portfolio Management**, v. 18, n. 2, p. 7–19, 1992.

SANTOS, R.; VIANNA, P. Coordenação de prazos e eficiência previdenciária, **Revista Brasileira de Economia**, v. 73, p. 121–135, 2019.

SANTOS, C. E. G.; MATSUMOTO, A. S.; PINHEIRO, C. A. O. A performance dos fundos abertos de previdência privada. Encontro norte-nordeste de finanças, 2004.

SWINKELS, L.; DER SLUIS, P. J. Van. Return-based style analysis with time-varying exposures. **The European Journal of Finance**, v. 12, n. 6–7, p. 529–552, 2006.

TURLLACH, B. A., WEINGESSEL A. (2013). **Quadprog: Functions to Solve Quadratic Programming Problems**. R package version 1.5-5, URL <http://CRAN.R-project.org/package=quadprog/>.

WENG, H.; TRUCK, S. Style analysis and value-at-risk of asia-focused hedge funds. **Pacific-Basin Finance Journal**, v. 19, n. 5, p. 491–510, 2011.

YOSHINAGA, C. E.; JUNIOR, F. H. F. C.; ODA; A. L.; LUCCHESI, E. P. Análise de estilo em fundos multimercados com e sem alavancagem no brasil. **Revista Eletrônica de Gestão**, v. 2, n. 1, p. 9–21, 2009.

Apêndice A

As tabelas abaixo apresentam as alocações médias de recursos financeiros realizadas pelos planos previdenciários A e B, divididas por classes de investimento, durante o período de 2012 a 2019.

Tabela 5 - Alocações anuais médias (%) de capital financeiro do plano previdenciário A por segmentos de investimento no período de 2012 a 2019.

Índice	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Renda Fixa	50,0	53,4	52,6	54,1	47,1	39,5	41,9	55,3
Renda Variável	13,4	6,1	6,8	7,1	13,1	26,5	32,6	24,4
Investimentos Imobiliários	13,5	13,0	13,0	13,4	13,9	14,0	12,4	9,5
Empréstimos e Financiamentos	1,4	11,6	12,7	11,5	12,1	10,7	9,8	10,6
Investimentos Estruturados	17,7	12,1	9,9	8,6	7,0	7,0	3,3	0,2
Investimentos no Exterior	4,6	4,4	5,9	5,3	6,7	2,3	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor (Instituto Agros: www.agros.org.br).

Tabela 6 - Alocações anuais médias (%) de capital financeiro do plano previdenciário B por segmentos de investimento no período de 2012 a 2019. Fonte: Instituto Agros

Índice	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Renda Fixa	56,7	65,0	62,9	62,4	56,6	47,7	46,6	55,3
Renda Variável	10,7	4,6	4,9	4,7	10,2	20,6	26,5	24,4
Investimentos Imobiliários	9,9	10,9	11,1	11,1	12,3	12,9	12,0	9,5
Empréstimos e Financiamentos	6,1	8,0	10,4	12,1	10,8	11,6	12,1	10,6
Investimentos Estruturados	13,6	8,3	7,0	6,0	5,2	5,5	2,8	0,2
Investimentos no Exterior	3,4	3,7	4,5	3,6	4,9	1,7	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor (Instituto Agros: www.agros.org.br).

Apêndice B

Abaixo é apresentado o código desenvolvido e utilizado neste trabalho.

```
rm(list=ls(all=TRUE))

#####PLOT_IPCA#####

IPCA_1 <- data.table::fread("IPCA_parte1.csv")

View(IPCA_1)

x11()

barplot(IPCA_1, xlab = "Ano", ylab = "IPCA acumulado (em %)",
        names.arg = Ano1, ylim = c(0, 3100), cex.names = 1.4,
        col = "gray", las = 1, cex.axis=1.5, cex.lab=1.5)

abline(h=363.4, col="black", lwd = 2, lty = 2)

rect(7.25,2350,10.3,2700, lwd = 2.5, col = "grey95")

legend(7, 2650, legend="Mediana", lty=2, col=1, lwd=3, bty="n", inset = 0.08)

text(9.13,470, "363,4%", cex = 1.3)

box()

IPCA_2 <- data.table::fread("IPCA_parte2.csv")

View(IPCA_2)

x11()

barplot(IPCA_2, xlab = "Ano", ylab = "IPCA acumulado (em %)",
        names.arg = IPCA$Ano2, ylim = c(0, 26), cex.names = 1.4,
        col = "gray", las = 1, cex.axis=1.5, cex.lab=1.5)

abline(h=5.9, col="black", lwd = 2, lty = 2)

rect(12.4,17.5,17.5,20.6,lwd = 2.5, col = "grey95")

legend(12, 20, legend="Mediana", lty=2, col=1, lwd=3, bty="n", inset = 0.08)

text(16.42,6.6, "5,9%", cex = 1.3)

box()
```

```
#####ANÁLISE_DE_ESTILO#####

rm(list=ls(all=TRUE))

#####

install.packages("data.table", repos = "http://cran.rstudio.com/")

library("data.table")

Dados_Modelamento <- data.table::fread("dados_modelo_planoB.csv")

#####

# quadprog: Pacote de rotinas e documentações para fins de resolução de
# problemas de programação quadrática.

install.packages("quadprog", repos = "http://cran.rstudio.com/")

library("quadprog")

#####

# Plano B #
#####
# x: Retornos mensais dos índices IBOV, IFIX, S&P500, DÓLAR, IMA-S, IMA-B,
#           IMA-B 5+, IRF-M1, IRF-M1+ e IMA-C.
# y: Retornos mensais do plano previdenciário B.

dados <- Dados_Modelamento

View(dados)

str(dados)

summary(dados)

y <- dados$PLANO B

View(y)

str(y)

attach(y)

x <- dados

x$PLANO B <- NULL

View(x)

str(x)
```

```

attach(x)

# Dmat: matriz que compõe a função quadrática minimizada.
Dmat = t(x)%*%as.matrix(x)

# dvec: vetor que compõe a função quadrática minimizada.
dvec = t(y)%*%as.matrix(x)

# Amat: matriz que define as restrições sob as quais minimiza-se a função
quadrática.
Amat = t(cbind(c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0),
               c(1,1,0,0,0,0,0,0,0,0),
               c(1,0,1,0,0,0,0,0,0,0),
               c(1,0,0,1,0,0,0,0,0,0),
               c(1,0,0,0,1,0,0,0,0,0),
               c(1,0,0,0,0,1,0,0,0,0),
               c(1,0,0,0,0,0,1,0,0,0),
               c(1,0,0,0,0,0,0,1,0,0),
               c(1,0,0,0,0,0,0,0,1,0),
               c(1,0,0,0,0,0,0,0,0,1))))

# bvec: vetor contendo os valores de b0. (Default nulo).
bvec = c(1,0,0,0,0,0,0,0,0,0)

# solve.QP: Esta rotina implementa o método duplo de Goldfarb e Idrani para
#           resolver problemas de programação quadrática com restrições
# meq: Argumento do número de restrições de igualdade e desigualdade.
#     As primeiras restrições são tratadas como restrições de igualdade, todas
#     posteriormente como restrições de desigualdade. (Default nulo).
Solucão_PlanoB <- quadprog::solve.QP(Dmat, dvec, Amat, bvec, meq=1)
y_h = solucao_2restr$solution[1] +
      solucao_2restr$solution[2]*x$IMA_S +
      solucao_2restr$solution[3]*x$IMA_B5 +
      solucao_2restr$solution[4]*x$IMA_B5m+
      solucao_2restr$solution[5]*x$IRF_M1 +
      solucao_2restr$solution[6]*x$IRF_M1m +
      solucao_2restr$solution[7]*x$IMA_C +
      solucao_2restr$solution[8]*x$IBOV +

```

```

solucao_2restr$solution[9]*x$IFIX +
solucao_2restr$solution[10]*x`S&P` +
solucao_2restr$solution[11]*x$DOLAR
R2_b <- 1 - sum((y_h - y)^2)/sum((mean(y)-y)^2)
View(R2_b)
#####
rm(list=ls(all=TRUE))

Dados_Modelamento <- data.table::fread("dados_modelo_planoCD.csv")
#####
# Plano CD #
#####
# x: Retornos dos índices IMA-S, IMA-B5, IMA-B5+, IRF-M1, IRFM-1+ e IMA-C.
# y: Retornos do plano previdenciário CD.

dados <- Dados_Modelamento

View(dados)

str(dados)

summary(dados)

y <- dados$PLANOCD

View(y)

str(y)

attach(y)

x <- dados

x$PLANOCD <- NULL

View(x)

str(x)

attach(x)

Dmat = t(x)%*%as.matrix(x)
dvec = t(y)%*%as.matrix(x)
Amat = t(cbind(c(0,0,0,0,0,0,0),
               c(1,1,0,0,0,0,0),

```

```

c(1,0,1,0,0,0,0),
c(1,0,0,1,0,0,0),
c(1,0,0,0,1,0,0),
c(1,0,0,0,0,1,0),
c(1,0,0,0,0,0,1)))
bvec = c(1,0,0,0,0,0,0)

Solucao_PanoCD <- quadprog::solve.QP(Dmat, dvec, Amat, bvec, meq=1)

y_h = solucao_2restr$solution[1] +
      solucao_2restr$solution[2]*x$IMA_S +
      solucao_2restr$solution[3]*x$IMA_B5 +
      solucao_2restr$solution[4]*x$IMA_B5m+
      solucao_2restr$solution[5]*x$IRF_M1 +
      solucao_2restr$solution[6]*x$IRF_M1m +
      solucao_2restr$solution[7]*x$IMA_C

R2_cd <- 1 - sum((y_h - y)^2)/sum((mean(y)-y)^2)
View(R2_cd)

```