

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E CIÊNCIAS
ECONÔMICAS

ATAUALPA VELOSO RORIZ

HÁ PERDAS POR INEFICIÊNCIA NAS CARTEIRAS DE INVESTIMENTOS DOS
REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA MUNICIPAIS ?

Goiânia

2018



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ Dissertação ☐ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Nome completo do autor: ATAUALPA VELOSO RORIZ

Título do trabalho: HA PERDAS POR INEFICIÊNCIA NAS CARTEIRAS DE INVESTIMENTOS DOS REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA MUNICIPAIS?

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Ataualpa Veloso Roriz
Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:

Althea Ferreira da Silva
Assinatura do(a) orientador(a)²

Prof.ª Dra. Althea Ferreira Cruz
Matrícula SIAPE: 2565061
Universidade Federal de Goiás

Data: 30 / 10 / 2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

ATAUALPA VELOSO RORIZ

**HÁ PERDAS POR INEFICIÊNCIA NAS CARTEIRAS DE INVESTIMENTOS DOS
REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA MUNICIPAIS ?**

Dissertação apresentada à comissão avaliadora do programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas da Universidade Federal de Goiás, como requisito final para obtenção do título de mestre em ciências contábeis.

Orientador: Prof^a. Dra. Alethéia Ferreira Cruz.

Goiânia

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Roriz, Atualpa Veloso

Há perdas por ineficiência nas carteiras de investimentos dos Regimes
Próprios De Previdência Municipais ? [manuscrito]

Atualpa Veloso Roriz. - 2018.

XCIII, 95 f.

Orientador: Profa. Dra. Alethéia Ferreira Cruz.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás,
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências
Econômicas (FACE), Programa de Pós-Graduação em Economia (PPE), Goiânia,
2016.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui abreviaturas, gráficos, tabelas, lista de tabelas.

1. RPPS. 2. Otimização de portfólios. 3. Fundos de pensão. 4. Medidas de risco.
5. Medidas de performance. I. Cruz, Alethéia, orient. II. Título.

CDU 657



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Goiás - UFG
 Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Ciências Econômicas
 Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

No dia 14 de junho de 2018, no horário de 10 horas às 12:30 horas, foi realizada, em sessão pública na sala 2110 da FACE, a defesa da dissertação *Quais as perdas por subotimização das carteiras de investimentos dos regimes próprios de previdência municipais?* de autoria do discente Ataulpa Veloso Roriz, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis – PPGCC da Universidade Federal de Goiás.

A Comissão Examinadora, constituída pela Professora Alethéia Ferreira da Cruz, da Universidade Federal de Goiás (UFG/PPGCC/Membro Interno/Orientadora), Professor Ilírio José Rech, da Universidade Federal de Goiás (UFG/Membro Interno/Examinador) e pela Professora Diana Vaz de Lima, da Universidade de Brasília (UNB/Membro Externo/Examinadora), emitiu o seguinte parecer/recomendações:

Resultado Final:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Recomendações:

- O aluno deverá apresentar as sugestões apontadas pela banca examinadora em 30 dias. O novo título passará a ser: "As perdas por ineficiência nas carteiras de investimentos dos regimes próprios de previdência municipais".
 Eu, Alethéia Ferreira da Cruz, orientadora do discente, lavrei a presente Ata, que segue assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

Profª. Dra. Alethéia Ferreira da Cruz (Orientadora/Presidente/PPGCC/UFG)

Prof. Dr. Ilírio José Rech (Examinador/Membro Interno/PPGCC/UFG)

Profª. Dra. Diana Vaz de Lima (Examinadora/Membro Externo/UNB)

Goiânia, 14/06/2018.

Dedico esse trabalho à minha família e em especial à minha esposa, Lorena Christina Ribeiro Souto, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos bons e ruins que o desenvolvimento acadêmico exige.

Agradecimentos

Ao fim de dois anos de mestrado faço questão de prestar meus agradecimentos a todas as pessoas que, em maior ou menor medida, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho:

Iniciando pela professora Dra. Alethéia Ferreira Cruz, pela orientação, dedicação e paciência durante todo o processo.

Ao professor Dr. Ilírio José Rech, pela dedicação e principalmente apoio moral nos momentos mais difíceis em que pensei em desistir.

A professora Dra. Diana Vaz de Lima pelas generosas e valiosas contribuições.

A todos os professores da Universidade Federal de Goiás que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação por meio do ensino de suas respectivas disciplinas e da própria convivência, mas em especial ao professor Dr. Moisés Ferreira da Cunha por todo carinho, amizade e aprendizado que me proporcionou.

Aprendi com todos os discentes que o caráter e a humildade, no final das contas, é o que realmente importa e esse é um aprendizado que ficará para sempre comigo. Não citarei nomes mas todos possuem os meus sinceros agradecimentos.

A Universidade Federal de Goiás pelo ambiente propício para o aprendizado e pela oportunidade de fazer o curso com excelentes professores.

A todos os técnicos administrativos, que trabalham nos bastidores de modo a operacionalizar as burocracias inerentes às atividades do setor público. Agradeço de modo especial ao Gilson Carlos de Assis Júnior pela dedicação aos alunos do mestrado em ciências contábeis e pelas belas palavras de apoio que sempre obtive ao adentrar em sua sala.

Aos funcionários da limpeza e da segurança que trabalham arduamente para deixar o prédio sempre em boas condições.

A Lorena Christina Ribeiro Souto, minha esposa que sempre, em seus altos e baixos, me deu força e teve paciência para que eu pudesse continuar lutando. A mulher que me ensinou a ter o gosto pelo estudo e que me incentivou e ainda me incentiva a crescer.

A minha filha Ana Luiza Ribeiro Souto Roriz pelo tempo em que não fiquei com ela. E para meu enteado (filho) Felipe Ribeiro Souto Veras pelas vezes que cheguei em casa nervoso e sempre obtive sua compreensão.

Um agradecimento especial ao meu sogro Ramiro Souto que me encorajou a esse desafio e minha sogra Berenice Ribeiro Gomes que sempre disse que estudar nunca é demais.

Quero também agradecer de forma especial ao meu irmão Goiany S. Roriz Júnior, que me ajudou a me criar, nunca desistiu de mim e me ensinou lições de caráter e hombridade. A minha mãe Maria Eugênia Veloso Roriz (*in memoriam*) pelo carinho e dedicação e que com certeza estaria muito orgulhosa de me ver mestre.

Não posso também esquecer da minha amada tia Eliane Veloso Grande, que por anos sempre esteve presente nos momentos mais difíceis da minha vida e do meu tio José Emerenciano Grande a quem sempre me espelhei por sua índole e brilhante carreira acadêmica.

A todos os amigos, pela companhia, pelos estímulos positivos nos momentos necessários e pelos sempre agradáveis momentos de descontração. Agradecimento especial ao amigo Paulo Andrés Trucco da Cunha, pelo ombro amigo e troca de experiências nos momentos difíceis de entrega de trabalhos e fechamento de artigos e que sempre me lembra de que é nos momentos difíceis é que nos fazemos mais fortes.

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa é verificar se as carteiras de investimentos dos RPPSs municipais brasileiros são alocadas de forma eficiente. Se não, quais são as perdas por essa alocação subótima? Com o intuito de responder essas perguntas, foi realizada uma revisão dos estudos relevantes sobre: teoria de portfólio, medidas de risco, medidas de *performance*, medidas de perda por subotimização, otimização de portfólios em fundos de pensão e, por fim, RPPS e otimização de portfólios nos RPPS. A investigação da literatura evidenciou a inexistência de consenso entre os estudos que se propuseram a estudar a existência de perdas oriundas de subotimização nos RPPS municipais, vislumbrou-se, pois, uma lacuna na literatura, a qual este trabalho se propõe a contribuir. A base de dados foi montada com dados primários dos 30 maiores e 30 menores RPPSs, obtidos a partir dos respectivos DAIRs do 1º bimestre dos anos de 2012 a 2015. Foram montadas carteiras teóricas na plataforma Economática e, posteriormente, estas foram exportadas para o *software* estatístico R. Implementou-se algoritmos de cálculos das medidas de perdas via *Return Loss* e *Return Sharpe Ratio Loss* sob diferentes medidas de risco e, consequentemente, de *performance*. Os resultados indicaram perdas oriundas de subotimização para todas as medidas de *performance* e *benchmarks*. Foram encontrados RPPSs que, mesmo com o cenário legal restrito pelas Resoluções CMN 3.922/2010 e CMN 4.604/2017, tiveram perdas de subotimização ínfimas, fato que indica que a ineficiências das carteiras não se deve somente às restrições impostas pela legislação.

Palavras-chave: RPPS, Otimização de portfólios, fundos de pensão, medidas de risco, medidas de *performance*.

ABSTRACT

The objective of this research is to verify if the investment portfolios of the Brazilian municipal RPPS are allocated efficiently. If not, what are the losses from their sub-optimal allocation? In order to answer these questions, a review of relevant studies was carried out on: portfolio theory, risk measures, measures of *performance*, measures of loss by sub-optimization, optimization of portfolios in pension funds and, finally , RPPS and portfolio optimization in RPPS. The investigation of the literature evidenced the lack of consensus among the studies that were proposed to study the existence of losses from sub-optimization in the municipal RPPS, therefore, a gap in the literature was seen, which this work intends to contribute. The database was assembled with primary data from the 30 largest and 30 smallest RPPSs, obtained from the respective DAIRs from the end of the first two months of the years 2012 to 2015. Theoretical portfolios were set up on the Economática platform and later these were exported to the *software* statistic R. Algorithms of calculations of the loss measures via *Return Loss* and *Return Sharpe Ratio Loss* were implemented under different measures of risk and, consequently, of *performance*. The results indicated losses from sub-optimization for all measures of *performance* and *benchmarks*. There were RPPSs that, even with the legal scenario restricted by Resolutions CMN 3,922 / 2010 and CMN 4,604 / 2017, had small suboptimization losses, which indicates that the inefficiencies of the portfolios are not only due to the restrictions imposed by the legislation.

Keywords: RPPS, Lower-Partial-Moments, Conditional Value at Risk, Portfolio Optimization, Performance, Kappa Ratio, Conditional Sharpe Index, Inefficiency Loss.

Sumário

Lista de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas e Siglas	xiv
Introdução	1
1 Revisão bibliográfica	5
1.1 Teoria de portfólio	5
1.2 Medidas de risco na otimização de carteiras	8
1.2.1 Medidas de momentos parciais inferiores (LPM)	9
1.2.2 Medidas de risco de cauda	11
1.3 Medidas de performance	13
1.4 Medidas de perda por subotimização	15
1.5 Otimização de portfólios em fundos de pensão	17
1.6 Regimes Próprios de Previdência Social	20
1.6.1 Otimização de portfólios nos RPPSs	24
2 Metodologia	27
3 Discussão e Análise de Resultados	33
Considerações Finais	56
Referências Bibliográficas	58
Apêndice	65
A. Estatísticas descritivas das séries de retorno dos RPPS	66
B. QQ-plot's das Séries de Retorno	71

Lista de Tabelas

1.1	Limites máximos de alocação para ativos do segmento de renda fixa impostos pela resolução CMN 3.922/2010	23
1.2	Limites máximos de alocação para ativos do segmento de renda variável impostos pela resolução CMN 3.922/2010	24
2.1	Nomes dos 30 maiores e dos 30 menores municípios da amostra em termos de PL	29
3.1	Patrimônio líquido médio dos 30 menores e dos 30 maiores municípios considerados na amostra	34
3.2	Estatísticas descritivas da participação dos segmentos de renda-fixa e variável na composição das carteiras dos municípios considerados na amostra desconsiderando as disponibilidades financeiras	35
3.3	Estatísticas descritivas das perdas percentuais dos 30 maiores municípios da amostra calculadas via <i>Return Loss</i> para todos os <i>benchmarks</i> e medidas de performance	37
3.4	Perdas percentuais calculadas via <i>Return Loss</i> para a carteira total dos 30 maiores municípios da amostra de acordo com cada <i>benchmark</i> e medida de performance	39
3.5	Estatísticas descritivas das perdas percentuais calculadas via <i>Return Loss</i> dos 30 menores municípios da amostra segundo cada <i>benchmark</i> e medida de performance	41
3.6	Perdas percentuais calculadas via <i>Return Loss</i> para a carteira total dos 30 menores municípios da amostra de acordo com cada <i>benchmark</i> e medida de performance	43
3.7	<i>p</i> -valores dos testes de comparação de média para as perdas dos 30 maiores municípios calculadas pelo <i>Return Loss</i> para cada <i>benchmark</i> e medida de performance	45
3.8	Perdas em valores monetários referentes a todo o período considerado calculadas para as carteiras totais dos 30 maiores municípios da amostra calculadas pelo <i>Return Loss</i> para todos de acordo com todos os <i>benchmarks</i> medidas de performance	46

3.9	<i>p</i> -valores dos testes de comparação de média para as perdas dos 30 menores municípios calculadas pelo <i>Return Loss</i> para todos os <i>benchmarks</i> e medidas de performance	48
3.10	Perdas em valores monetários calculados para as carteiras totais via <i>Return Loss</i> para os 30 menores municípios da amostra de acordo com todos os <i>benchmarks</i> e todas as medidas de performance	49
3.11	<i>p</i> -valor do teste de diferença de médias para as perdas calculadas pelo <i>Return Loss</i> para os maiores e menores municípios da amostra para cada <i>benchmark</i> e medida de performance	51
3.12	Estatísticas descritivas do RSRL para os maiores municípios segundo todos <i>benchmarks</i> e medidas de performance considerando apenas a carteira de renda variável	53
3.13	Perdas em valores monetários calculadas pelo <i>Return Sharpe Ratio Loss</i> para os 30 maiores municípios da amostra considerando apenas os ativos de renda variável utilizando o CDI e o IPCA+6% como <i>benchmarks</i> para todas as medidas de performance	54
A1	Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	66
A2	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	66
A3	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	67
A4	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	67
A5	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	67
A6	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	68
A7	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	68
A8	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	68
A9	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	69
A10	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	69
A11	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados	69

A12	Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indi-	
	cados	70

Lista de Abreviaturas e Siglas

ALM	<i>Asset Liability Management</i>
ANBIMA	Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais
ASE	Athens Stock Exchange
CADPREV	Sistema de Informações dos Regimes Públicos de Previdência Social
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
CER	Certainty Equivalent Return
CF	Constituição Federal
CMN	Conselho Monetário Nacional
CRSP	Center For Research in Security Prices
CVaR	<i>Conditional Value-at-Risk</i>
DAIR	Demonstrativo das Aplicações e Investimentos dos Recursos
DPIN	Demonstrativo da Política de Investimentos
DRAA	Demonstrativos de Resultados das Avaliações Atuariais
FeD	Federal Reserve
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBrX	Índice Brasil
IBrX-50	Índice Brasil 50
ICAPM	Intertemporal Capital Asset Pricing Model
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IS	Índice Sharpe
LPM	<i>Lower Partial Moments</i>
MAR	<i>Minimum Acceptable Return</i>
MF	Ministério da Fazenda
MPS	Ministério da Previdência Social
MSCI	<i>Modern Index Strategy Indexes</i>
NYSE	<i>New York Stock Exchange</i>
RGPS	Regime Geral de Previdência Social

RL	<i>Return Loss</i>
RO	Razão Ômega
RPPS	Regime Próprio de Previdência Social
RS	Razão de Sortino
RSRL	<i>Return Sharpe Ratio Loss</i>
UK	<i>United Kingdom</i>
VaR	<i>Value at Risk</i>

Introdução

Os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) estão fundamentados no artigo 40 da Constituição Federal de 1988 e garantem aos servidores dos entes públicos brasileiros, além dos servidores do exército e do Distrito Federal, acesso a um sistema previdenciário de caráter contributivo e solidário, que deve atender critérios de preservação dos equilíbrios financeiro e atuarial (BRASIL, 1988).

Segundo Santos (2017), em 2016 haviam cerca de sete milhões de servidores ativos e inativos e seiscentos e trinta mil pensionistas segurados pelo regime próprio de previdência social, representado em cerca de 37% dos municípios brasileiros (BRASIL, 2017).

Pode-se mencionar que mesmo havendo previsão constitucional, os RPPS foram regulamentados apenas em 1998 pela Lei nº 9.717/98, pela emenda constitucional 20/98 e, posteriormente, pela emenda constitucional nº41/03. A lei nº 9.717/98 estabeleceu regras básicas de funcionamento dos RPPSs, e exigiu a observação do equilíbrio financeiro e atuarial desses regimes (BRASIL, 1998b; BRASIL, 1998a; BRASIL, 2003).

De acordo com a portaria nº 403/2008, o equilíbrio financeiro se refere à inexistência de diferença entre as receitas e as obrigações de cada exercício financeiro, ao passo que o equilíbrio atuarial se refere à inexistência de diferença entre o fluxo das receitas e das obrigações estimadas a longo prazo, ambas a valor presente (BRASIL, 2008). Neste contexto, Lima, Oliveira e Silva (2011) argumentam que a manutenção do equilíbrio financeiro, ano a ano, garante automaticamente o equilíbrio atuarial, mas que no caso brasileiro observa-se uma dificuldade significativa para atingir tal equilíbrio.

Este desequilíbrio vem gerando déficits progressivos nos RPPSs, que atingiram nos estados e municípios valores próximos a 50% e 10% do PIB respectivamente, no ano de 2015 (TCU, 2015). Estudos nacionais e internacionais têm evidenciado os déficits como elementos que comprometem a sustentabilidade dos RPPSs (NOGUEIRA, 2012; SILVA; DEUS, 2013; SANTOS, 2014; CAETANO, 2016; PORTO; CAETANO, 2015; SOUSA, 2016; REIS; LIMA; WILBERT, 2017).

Papke (1991) analisou 5.500 fundos de pensão privados registrados no *Federal Reserve Board's Flow Accounts* de 1981 a 1987 e constatou que a maioria das carteiras de investimentos destes fundos são sub-otimizadas e não utilizam nenhum método de otimização para a alocação

de recursos.

Binsbergen e Brandt (2007) estudaram *bonds* norte americanos do índice S&P 500 de 1954 até 2004, considerando o método de asset liability management (ALM) proposto por Brandt *et al.* (2005) e concluíram que limites de máximos e mínimos, além de restrições de venda a descoberto, reduzem os ganhos nas estratégias de investimentos.

Pennacchi e Rastad (2011) fizeram um estudo empírico das políticas de investimentos de 125 fundos de pensão estaduais norte americanos, entre os anos de 2000 a 2009, e encontraram baixas rentabilidades e altos riscos, devido à baixa diversificação das carteiras. Angelidis e Tessaromatis (2010) estimaram os custos de ineficiência oriundos de restrições legais dos fundos de pensão gregos no período de 2001 a 2005 e corroboram com Binsbergen e Brandt (2007) concluindo que as restrições legais gregas são fatores que atrapalham uma gestão eficiente da carteira de investimentos de um fundo de pensão.

Os resultados encontrados por Angelidis e Tessaromatis (2010) evidenciam que a legislação grega dificultou o trabalho de otimização das carteiras pelos gestores. Os autores argumentam que a legislação se torna restritiva, ao impor regras que reduzem a possibilidade de perdas oriundas de investimentos de alto risco. Porém, ao restringir a liberdade de alocação de ativos, a legislação contraria a própria causa de sua existência, que é garantir que os fundos mantenham equilíbrio financeiro para honrar seus compromissos atuariais com os contribuintes.

Angelidis e Tessaromatis (2010) reforçam que um afrouxamento da legislação grega, embora pareça uma medida descompromissada à primeira vista, na realidade representa a liberdade de alocação de ativos para que os fundos construam carteiras ótimas o que, segundo os autores, melhora a situação financeira dos mesmos.

Clarke, Silva e Thorley (2002) traz em seu artigo uma abordagem conceitual que busca demonstrar o impacto das restrições no valor adicionado dos investimentos. Para testar sua teoria fundamental foi gerada uma carteira fictícia com quinhentas ações do índice *S&P 500* e gerados retornos aleatórios normalizados. Assim, foram verificadas as fronteiras eficientes com e sem restrições utilizando o método de risco ajustado pelo retorno residual. A conclusão do trabalho indica que carteiras com restrições são menos eficientes que carteiras livres de restrições. Dentre as restrições estudadas a restrição que proíbe a diversificação internacional gera a maior ineficiência e o autor destaca a dificuldade de se encontrar correlações negativas sob um mesmo risco econômico.

No Brasil, os investimentos dos RPPSs são regulamentados pelas resoluções CMN 3.922/2010 e CMN 4.604/17, que estabelecem as regras e limitam as opções de investimentos, que podem ser usadas pelos gestores de recursos desses fundos (BRASIL, 2010). Bertucci, Souza e Félix (2008b) estudaram os efeitos da resolução CMN 3.121/03 na carteira de investimentos do fundo de previdência do Estado de Minas Gerais, entre 2003 e 2004, e identificaram limitações na eficiência das carteiras causadas pelas restrições normativas desta resolução.

Ferreira *et al.* (2010) analisaram a eficiência na alocação dos recursos dos RPPSs na vigência da resolução CMN 3.506/07 através de uma *proxy* para renda fixa e outra para renda variável, com ponderações de acordo com as exigências legais nos anos de 2006 a 2008. Os resultados encontrados foram comparados com uma fronteira eficiente calculada pelo método indicado por Markowitz (1952), e evidenciou-se que as carteiras de investimentos dos RPPSs não eram otimizadas devido às limitações impostas pela norma.

Trintinalia e Serra (2017) simularam uma carteira de investimentos através de 23 fundos de investimentos da Caixa Econômica Federal entre 2013 e 2015 e compararam a fronteira eficiente dessa carteira com e sem as limitações da normativa CMN 3.922/2010. Os resultados corroboram com os estudos de Bertucci, Souza e Félix (2008b) e Ferreira:2010, pois identificaram prejuízos na rentabilidade e um maior nível de risco quando adicionado os limites normativos. Sob este cenário, a gestão dos recursos de um RPPS deve vislumbrar a otimização de suas carteiras de investimento com vistas a auxiliar a manutenção do equilíbrio entre os ativos e passivos deste regime (BERTUCCI; SOUZA; FÉLIX, 2008b).

Neste contexto, este trabalho busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais são as ineficiências, caso existam, das carteiras de investimento dos 30 maiores e 30 menores RPPSs municipais? Em caso de resposta positiva, quanto, em termos percentuais e monetários, os RPPSs perderam no período analisado devido a alocações ineficientes ?

Desta forma, os objetivos deste trabalho são: Analisar a ineficiência das carteiras de investimento dos RPPS; Verificar se as restrições da lei afetam a eficiência das carteiras; Verificar os ganhos/perdas de subotimização e; Comparar os resultados dos maiores e dos menores.

Esta pesquisa contribui no desenvolvimento dos estudos sobre otimização de carteiras na área de fundos de previdência e sua abordagem do uso de restrições regulamentares em alguns sentidos. Primeiro, utiliza-se das carteiras reais de RPPS municipais no Brasil, avançando na proposta apresentada por Trintinalia e Serra (2017), a qual considerou apenas *proxy* de uma instituição financeira. Segundo, incrementa-se a metodologia de Angelidis e Tessaromatis (2010), ao implementar o modelo de otimização por momentos parciais inferiores *Lower Partial Moments* (LPM) e o modelo de VaR Condicional (CVaR), além do uso tradicional do modelo de Markowitz (1952).

Para os normatizadores brasileiros, em especial o Ministério da Previdência Social (MPS) e o Conselho Monetário Nacional (CMN), este estudo poderá oferecer contribuições em relação a alguns itens da Resolução CMN 3.922/2010 e CMN 4.604/2017, uma vez que tais resoluções foram elaborada com o intuito de reduzir o nível de exposição ao risco, e não com o objetivo de gerar carteiras mais eficientes em termos de risco e retorno.

Por fim, este trabalho pode auxiliar os gestores e, conseqüentemente, os beneficiários dos recursos dos regimes próprios de previdência social, visto que oferece sugestões de aplicações baseadas em ferramentas mais modernas, que podem gerar maiores retornos com o mesmo nível

de risco da carteira do que encontrado através da técnica de otimização de carteiras criada por Markowitz (1952) e, conseqüentemente, menores déficits.

Para atingir os objetivos pretendidos, este trabalho segue a metodologia proposta por Angelidis e Tessaromatis (2010) e utiliza base de dados primários, formada com auxílio da ferramenta de montagem de carteiras da plataforma Economática, com informações relativas as carteiras de investimentos dos 30 maiores e dos 30 menores RPPSs municipais. Utilizou-se do software R para a implementação computacional dos objetos de interesses, *benchmarks*, medidas de *performance*, métricas de perdas e otimização de portfólios.

Os resultados obtidos utilizando a metodologia de Angelidis e Tessaromatis (2010), porém considerando as medidas de risco LPM e CVaR como elementos de robustez, evidenciaram perdas para todas as medidas utilizadas com relação a todos os *benchmarks*, indicando problema crônico na construção das carteiras dos institutos. Os estudos de otimização via LPM e CVaR sugeriram que a ineficiência das carteiras podem ser reduzidas em cenários menos restritivos, corroborando, assim, com estudos anteriores demonstrados.

O trabalho é composto por quatro capítulos além desta introdução. O primeiro capítulo apresenta a revisão teórica sobre a otimização de carteiras, bem como sua contextualização com os fundos de pensão e em regime próprio de previdência social, além de discutir quais medidas de *performance* e perdas são aplicáveis para cada contexto. O segundo capítulo descreve a metodologia do trabalho. O terceiro capítulo apresenta e discute os resultados encontrados e, por fim, o último capítulo discorre sobre as considerações finais da pesquisa.

1. Revisão bibliográfica

1.1 Teoria de portfólio

O paradigma de investimento vigente antes do trabalho seminal de Markowitz (1952) postulava que o investimento ótimo era aquele cujo retorno era mais elevado, não dando importância ao nível de risco (ZANINI; FIGUEIREDO, 2005). Markowitz (1952) muda de forma relevante este paradigma ao postular que o portfólio ótimo será aquele cuja eficiência é máxima, com a melhor relação entre o risco e o retorno.

A teoria desenvolvida por Markowitz (1952) evidenciou, de forma pioneira, ser possível a alocação ótima de capital ao construir um portfólio de investimentos. Sobre uma fronteira eficiente, na qual diversos pontos otimizam a relação de risco e retorno, Markowitz (1952) ofereceu uma metodologia para a escolha de grupos distintos de ativos e suas devidas proporções.

Markowitz (1952) comprova em seu estudo que o risco total de um determinado portfólio é diferente da média ponderada de seus ativos individuais. Assim, encontrar uma carteira eficiente é tarefa indispensável para otimizar a rentabilidade sob um determinado nível de risco. Assim, para Markowitz (1952), portfólios não eficientes podem gerar prejuízos, dado que para um nível fixado de risco pode-se encontrar um portfólio com retornos mais elevados.

A construção teórica de Markowitz (1952) é baseado em algumas suposições sendo elas: i) É possível operar a descoberto; ii) Os investidores são racionais e avessos ao risco; iii) Não há custos de transação envolvidos no processo de investimento; iv) Não há limitações em termos de ponderação para nenhum ativo da carteira; v) Os investidores consideram apenas o risco e o retorno dos ativos e; vi) O vetor de retornos segue uma distribuição normal multivariada. O autor propõe a utilização do valor do retorno esperado e a variância dos retornos dos ativos do portfólio para calcular, respectivamente, o retorno total e o risco associado a este portfólio.

Price, Price e Nantell (1982) estudaram dados mensais de títulos obtidos do *Center for research in security prices* (CRSP) no período de 1927 a 1968 no contexto da teoria de portfólio. Os autores encontraram que as séries dos retornos dos títulos, para todos os períodos, seguem uma distribuição de probabilidades log-normal. Sob tais condições, foram encontrados indícios de que a utilização da variância como medida de risco, em séries de retornos não normais, subestima o risco e, consequentemente, superestima a eficiência do portfólio. Os autores apontam

que a condição *sine qua non* de distribuição normal é um ponto fraco do modelo de média e variância.

Black e Litterman (1990) avança teoricamente o modelo de média e variância de Markowitz (1952) ao propor uma abordagem de otimização pelo modelo ICAPM. O modelo propõe a construção de carteiras com menos concentração de títulos públicos mundiais, solução para o problema da expectativa dos retornos e considerações teóricas para o problema de custos de transações. De acordo com Black e Litterman (1990), os principais problemas do método clássico de Markowitz (1952) são situações de carteiras com vários ativos altamente correlacionados.

DeMiguel *et al.* (2009) apresenta evidências empíricas dos fracos resultados obtidos pelo método de média e variância na presença de erros amostrais. A pesquisa teve como objetivo criar um método de portfólios ótimos e estimar os erros de cinco carteiras de investimentos entre os anos de 1963 a 2005 a partir de diversas bases de dados. Além disso, o autor compara os resultados de três composições dessas cinco carteiras sendo: a primeira com pesos iguais em cada ativo, a segunda otimizada pelo modelo clássico de Markowitz (1952) e a terceira pelo modelo de LPM. Os resultados sinalizaram índices de Sharpe mais elevados e menores níveis de erros nas carteiras dos modelos alternativos em relação ao modelo inicial de Markowitz (1952).

Green e Hollifield (1992) analisaram empiricamente a diversificação do método de média e variância a partir de dados mensais de carteiras construídas aleatoriamente com todas as empresas da CRSP entre 1951 e 1985. As evidências apontaram que os portfólios formados na fronteira eficiente aplicando o modelo de Markowitz (1952) não geraram resultados ótimos quando os retornos dos investimentos que compõem a carteira são semelhantes, no entanto, produziram carteiras altamente concentradas em situações de retornos distintos. Assim, o autor conclui que os resultados das carteiras otimizadas por Markowitz (1952) são muito sensíveis à amostra utilizada.

DeMiguel *et al.* (2009), Glasserman e Xu (2013) também argumentam com base em evidências empíricas que as estimativas produzidas pelo método de otimização de Markowitz (1952) são sensíveis à amostra. Os autores descrevem que distúrbios amostrais afetam significativamente as estimativas podendo gerar fronteiras com deslocamentos descendentes da curva de risco e retorno. Desta forma, as estimativas encontradas podem ser irrelevantes no processo de otimização de carteiras.

Wojt (2009) sugeriu inicialmente que um conjunto considerável de dados resolveria o problema da sensibilidade amostral do método de média e variância. Contudo o autor conclui que a utilização de dados históricos e em grande volume pode incorporar informações desnecessárias ao modelo de otimização de carteira e gerar resultados distorcidos. Nesse sentido Wojt (2009) destaca que o uso da média e variância não é adequado devido a exigência de uma distribuição normal e que a utilização de amostras longas podem captar informações espúrias do

modelo. Com isso os investidores são forçados a utilizar séries históricas com prazos menores para reduzir o nível de erro do modelo.

Adicionalmente, a literatura de otimização de portfólio tem apontado a utilização da variância como medida de risco como uma limitação da teoria clássica de Markowitz (1952). Dado que a variância é uma medida simétrica que considera as valorizações e as quedas como risco, tal característica pode gerar carteiras com grandes níveis de viés e grandes perdas de capital (ROY, 1952; ROMAN; MITRA, 2009; PRECIADO; RECIO, 2010)

De acordo com Michaud (1999) a utilização de medidas de risco equivocadas induz a construção de portfólios com erros máximos nos quais os pesos dos ativos definidos pelo método de otimização não geram uma carteira otimizada. Neste contexto, DeMiguel, Garlappi e Uppal (2007) cita seis procedimentos alternativos de criação de portfólios para reduzir a sensibilidade das estimativas à escolha da medida de risco, a saber: a proposta bayesiana; a imposição de restrições; as técnicas de reamostragem; a mistura de portfólios; a estimação robusta e a construção de portfólios com restrições nos momentos.

Conforme DeMiguel, Garlappi e Uppal (2007), a proposta bayesiana consiste em alterações na estimação da média e da matriz de covariâncias. Nesse modelo, os estimadores propõem uma calibração *a priori* dos objetos de interesse que é realizada de maneira *ad hoc*. Esta calibração inicial envolve estimativas precisas a depender do grau de conhecimento que o indivíduo que está realizando a análise possui sobre os ativos em questão. Sequencialmente, as estimativas *a priori* das médias e da matriz de covariâncias são atualizadas segundo outro modelo a escolher, pelos dados amostrais. Black e Litterman (1992) e Drobetz (2001) argumentam que este procedimento reduz a sensibilidade amostral do estimador tradicional de Markowitz uma vez que insere informação adicional acerca da distribuição da medida de risco.

A imposição de restrições nas alocações máximas dos ativos promove uma redução considerável do impacto da escolha da variância como medida de risco no modelo de média e variância. Comparações empíricas realizadas por Frost e Savarino (1988) evidenciam que as estimativas de risco encontradas foram significativamente menores na presença de restrições na alocação dos ativos. Segundo os autores, a imposição de restrições se mostrou uma alternativa interessante para reduzir erros na medida de risco apenas no contexto de média e variância, que por si só é questionável. No entanto, Frost e Savarino (1988) não analisaram a imposição de restrições de ativos em contextos mais amplos considerando outras técnicas ou problemas de otimização mais complexos como os enfrentados pelos fundos de pensão.

Já as técnicas de reamostragem são comumente utilizadas em estatística para se obter estimativas não paramétricas de algum objeto de interesse. Para sua utilização, considera-se a amostra como uma pseudo-população e a partir dela são realizadas centenas ou milhares de reamostragens com reposição. Nessas reamostras, denominadas de subamostras, calcula-se o objeto de interesse para cada subamostra e em seguida calcula-se a média das subamostras,

que é o estimador de reamostragem para o objeto de interesse. No contexto dos portfólios a técnica de reamostragem consiste em criar milhares de novos portfólios a partir do portfólio original e utilizar a metodologia de média e variância tradicional. Platanakis (2016) observa que os resultados deste método são semelhantes àqueles obtidos pela técnica de imposição de restrições. Para o autor, por consequência da utilização da técnica de média e variância em cada subamostra, este método está sujeito às mesmas críticas do método de imposição de restrições.

Outra técnica de obter portfólios de média e variância com impactos reduzidos de erros de estimação é a mistura de portfólios, que consiste em realizar uma combinação linear de portfólios de mínima variância e de média e variância. Sob essa técnica, otimiza-se portfólios visando apenas a redução da variância sem levar o retorno em consideração, e após faz-se uma otimização pelo método de média e variância. O método de mistura de portfólios é dado pela ponderação entre o portfólio obtido pela minimização da variância e o segundo portfólio obtido pelo método de média e variância. Platanakis (2016) argumenta que esta técnica tem como objetivo eliminar erros de estimação da variância e prioriza o cálculo preciso do risco em detrimento dos retornos.

A técnica de estimação robusta compreende uma série de técnicas computacionais para a resolução dos problemas de otimização. Esses métodos computacionais robustos vêm ganhando atenção tanto do mercado financeiro quanto de pesquisadores pois não há necessidade de se fazer hipóteses acerca da distribuição dos retornos, o que eleva substancialmente a capacidade preditiva do modelo (FABOZZI *et al.*, 2007).

A construção de portfólios com restrições nos momentos consiste em atribuir restrições aos momentos estatísticos dos retornos e utilizar tais procedimentos em casos de má precificação devido a efeitos não observados. Dentre os métodos de restrição nos momentos, destaca-se o método dos momentos parciais inferiores (LP M), que considera apenas os desvios abaixo de um certo nível para o cálculo do risco. Price, Price e Nantell (1982), Nawrocki (1992), Unser (2000), Jarrow e Zhao (2006) e Miersch e Leuthold (2010) aplicaram o LPM e observaram a superioridade do método em relação ao modelo de média e variância.

Como visto neste capítulo a aplicação das técnicas de otimização de portfólios requer o entendimento das medidas de risco. No próximo capítulo será abordado a revisão literária dos assuntos necessários a compreensão das medidas de risco de momentos parciais inferiores e das medidas de risco de cauda.

1.2 Medidas de risco na otimização de carteiras

Bernstein (1996, pg. 08) indica que a palavra risco origina-se do italiano *risicare* e significa “ousar”. Adam, Beck e Loon (2000) define o risco como cenários de incertezas onde há probabilidades ou possibilidades de ocorrência de eventos futuros. Nesse sentido, a essência do

risco não está no que acontece mas sim no que pode ocorrer no futuro.

Segundo Araújo e Montini (2015), os termos variação, dispersão, perdas e incertezas são comumente associados ao risco e que não há consenso sobre uma medida eficiente para o risco financeiro. Já Kato (2004) e Roman e Mitra (2009) dividem os riscos financeiros para a otimização de portfólios em duas categorias, uma primeira que considera a dispersão em relação a um retorno alvo qualquer enquanto a segunda categoria é formada por medidas de risco baseadas em quantis (percentis).

A primeira categoria pode se subdividir em simétricas e assimétricas. Nas medidas simétricas são consideradas as dispersões acima e abaixo da média, como por exemplo: a variância, desvio padrão e o desvio médio absoluto. Já nas medidas assimétricas, o cálculo do risco considera apenas os retornos abaixo de um determinado nível pré-estabelecido (downside risk), como exemplo a semivariância e medidas de momento parcial inferior (LPM) (KATO, 2004; ROMAN; MITRA, 2009).

Dentre as medidas baseadas em quantis o *Value-at-Risk* (VaR) e o *Conditional Value-at-Risk* (CVaR) são conhecidas como medidas de risco de cauda, uma vez que o risco é estimado a partir da área da cauda da distribuição dado um certo nível de confiança (KATO, 2004; ROMAN; MITRA, 2009).

Artzner *et al.* (1999) descreve em seu trabalho que as medidas de risco devem cumprir cinco axiomas para serem eficientes, a saber: i) O axioma da invariância e translação; ii) subaditividade; iii) monotonicidade; iv) homogeneidade positiva; e v) relevância.

O axioma da invariância e translação diz que se o investidor tiver um ganho certo em sua carteira o risco deve ser reduzido na mesma proporção. O axioma da subaditividade mostra que o risco de um investimento sempre será menor que o risco de dois investimentos no qual o primeiro está contido. O axioma da monotonicidade descreve que se um investimento tem sempre resultados piores que um segundo investimento o risco do segundo investimento deve ser maior que o primeiro.

O axioma da homogeneidade positiva apresenta que posições mais concentradas de investimentos terão maiores riscos proporcionais a essa concentração. De acordo com Righi e Ceretta (2014), os axiomas norteiam a coerência da medida de risco, que por sua vez permite a geração de carteiras otimizadas. De acordo com Righi e Ceretta (2014) para que a medida de risco tenha coerência ela deve cumprir esses axiomas e só assim gerará boas carteiras otimizadas.

1.2.1 Medidas de momentos parciais inferiores (LPM)

A utilização da variância como medida de risco foi bastante criticada a partir da segunda metade da década de 1970 Bawa e Lindenberg (1977), Nantell e Price (1979). Dentre as medi-

das de risco alternativas apresentadas, o método dos momentos parciais inferiores (*Lower partial moments* (LPM)), pertencente à classe denominada de *downside risk measures*, considera apenas as variações inferiores a um retorno alvo previamente estabelecido (BAWA; LINDENBERG, 1977; NANTELL; PRICE, 1979).

Fishburn (1977) aponta os principais problemas do uso da variância para a otimização pelo modelo de Markowitz (1952) e traz uma opção teórica que busca melhorar a função de utilidade e a dominância estocástica do modelo clássico. O autor sugere o uso da semivariância como variável de risco e de derivações de probabilidades para a mudança da média (usada na semivariância) pela origem (zero) no cálculo da medida de *Downside risk*.

Fishburn (1977) evidencia que ao utilizar a origem como medida de corte (ou ordem) no *Downside risk*, consegue-se reduzir o problema de dominância estocástica e sanar a exigência da distribuição normal nas otimizações por média e variância. Bawa e Lindenberg (1977) testam a eficiência do modelo de Markowitz (1952) comparando-o com o modelo de semivariância e conclui que as otimizações de carteiras através do método da semivariância são mais adequados para distribuições log-normais. Os autores ainda afirmam que as medidas de momentos parciais inferiores são mais adequadas porque desprezam os desvios acima de um ponto mínimo e não dependem da normalidade da distribuição dos retornos.

Price, Price e Nantell (1982) buscaram verificar o porque as medidas de LPM são pouco utilizadas na prática mesmo sendo mais robustas que as medidas simétricas. Para isso, eles testaram uma base de dados da CRSP de 1927 a 1968 e verificaram que nos seis sub-períodos o retorno da maioria dos títulos analisados não apresentaram uma distribuição normal. Concluíram então que a variância deve ser usada com muito critério e que as medidas de LPM de acordo com a amostra são medidas mais robustas a serem utilizadas.

Nawrocki (1992) analisa teoricamente os métodos de otimização que utilizam medidas de risco de LPM e reforça o argumento de robustez frente aos modelos com medidas de risco simétricas. O trabalho também fez uma análise teórica da ordem “ n ” dos modelos de otimização e concluiu que a ordem $n = 2$ é mais eficiente para processos de otimização de carteiras.

No entanto, Nawrocki (1992) argumenta que o custo computacional deve ser levado em consideração na escolha da medida de momento parcial inferior, isto porque a dificuldade computacional em termos de otimização de um LPM de ordem 3 é significativamente mais elevada do que a de um LPM de ordem 2. Por esse motivo, Nawrocki (1992) sugere que a semivariância seja utilizada se mostrar mais eficiente em capturar componentes de assimetria dos retornos.

Rom e Ferguson (1994) utilizaram as metodologias de otimização baseadas no desvio-padrão e LPM com dados mensais de janeiro de 1978 a dezembro de 1992 de cinco ativos distintos. Os resultados encontrados apontaram maiores retornos para os portfólios otimizados via LPM do que via desvio-padrão. Grootveld e Hallerbach (1999) verificaram as vantagens

para a utilização de modelos de LPM em relação aos modelos de média e variância. A amostra foi composta dos retornos mensais de três empresas industriais norte americanas e três *Benchmark's* dos títulos do tesouro norte americano entre 1980 e 1994. O resultado encontrado é que nem todas as medidas de LPM geram retornos maiores frente aos retornos das carteiras geradas por média e variância. Grootveld e Hallerbach (1999) argumentaram que a área a esquerda da distribuição de probabilidade dos retornos nas medidas de LPM, dado um certo alvo, reflete a região de risco ao passo que a região a direita desse ponto reflete as melhores oportunidades de ganho. Neste contexto, Grootveld e Hallerbach (1999) forneceram um argumento a favor das medidas de risco LPM. Os autores citaram como ponto negativo das medidas LPM o elevado custo computacional e mostraram que embora possível, não é interessante fixar um alvo arbitrário para os retornos uma vez que, segundo os autores, cria-se dependência entre as variáveis o que é indesejável do ponto de vista estatístico. Unser (2000) fez uma pesquisa qualitativa sobre a percepção psicológica do risco na métrica do LPM. O resultado encontrado afirma que a maior parte dos investidores não consideram como risco retornos acima do valor investido, mesmo que esse retorno esteja abaixo da média. A outra conclusão desse artigo corrobora com a ideia de Price, Price e Nantell (1982), Nawrocki (1992) que desvios positivos em relação à média tende a reduzir a noção de risco do investidor.

No Brasil, Andrade (2006) compara a abordagem tradicional de média e variância com a abordagem da semivariância ou outra medida de LPM. A base de dados utilizada foi a rentabilidade mensal de vinte e quatro ações da Bovespa de janeiro de 1995 a março de 2001. Os resultados encontrados corroboram com os achados internacionais de uma otimização mais eficiente por meio das medidas simétricas de risco, em que os maiores retornos ocorreram em carteiras estimadas via LPM. A crescente utilização das medidas LPM para mensurar risco e em especial a semivariância, contribuiu para que Estrada (2008) propusesse uma metodologia de otimização de portfólios. O autor apresentou, em alusão a Markowitz (1952) o procedimento de média semivariância no processo de otimização do portfólio.

No contexto de otimização utilizando LPM, Estrada (2007) apresentou o *downside Beta*, que é a versão de momentos parciais inferiores do tradicional *Beta* do modelo CAPM. Observando os conceitos formais de LPM_2 e semivariância o exercício empírico versará, quando mencionado, sobre o LPM_2 , isso porque os momentos parciais inferiores de ordem 2 serão calculados em relação a taxa livre de risco e não sobre a média.

1.2.2 Medidas de risco de cauda

As medidas de risco baseadas em quantis são as principais competidoras das medidas assimétricas (KATO, 2004; ROMAN; MITRA, 2009). As mais conhecidas são o *Value at Risk* (VaR) e o *Conditional Value at Risk* (CVaR). O VaR é uma ferramenta do pacote Riskmetric's criado pela equipe de análise de risco de mercado do Banco J.P Morgan com o objetivo

de analisar riscos de crédito e de mercado de um ativo ou carteira de ativos de investimentos (MORGAN *et al.*, 1996). Essas medidas se destacam por gerar resultados sobre a magnitude do risco (ALEXANDER, 2008).

O VaR é uma medida de risco que mede a probabilidade de uma queda x com um dado nível de confiança “ α ”. A medida é aceita, tanto por bancos como por órgãos reguladores, para medir o nível de risco de mercado bem como o nível de risco de crédito de um ativo, carteira ou até mesmo de uma instituição financeira (MAUSSER; ROSEN, 1999).

De acordo com Pritsker (1997), o VaR cresceu na literatura devido a simplicidade de seu conceito e aplicação podendo ser utilizado para um ativo individual, para uma carteira de investimentos ou para a gestão de curto prazo do risco de um empresa qualquer.

Pritsker (1997) desenvolveu um trabalho testando o *trade-off* entre a acurácia do modelo de VaR e o tempo computacional gasto para estimar o modelo. Para isso, foram utilizados os métodos de *delta-gamma* e a simulação de Monte Carlo com dados da *European foreign exchange options* com precificações dos ativos feitas pelo modelo de (BLACK; SCHOLES, 1973). Após testes empíricos com posições compradas e vendidas de opções de compra e opções de venda foi comprovado, de acordo com dados da amostra, o *tradeoff* esperado indicando que os modelos de VaR mais complexos possuem uma maior acurácia porém com um alto custo computacional. Além disso nos dois métodos de simulação foram encontrados níveis de erros estatisticamente significantes que pode gerar prejuízos para o investidor.

Rockafellar e Uryasev (2000) propuseram uma abordagem de otimização que minimiza os erros e em consequência reduz a estimativa de perdas dos investidores com ênfase no CVaR. Esse método foi testado empiricamente utilizando carteiras constituídas de forma aleatória com dados gerados a partir dos títulos de longo prazo do tesouro americano e os portfólios de *small caps* da bolsa norte americana, a fim de formar séries normalmente distribuídas das rentabilidades mensais do *S&P 500*.

Dentre os resultados encontrados os autores indicam o VaR como uma medida inadequada para otimizar carteiras, dado que o método não cumpre com o axioma fundamental do risco da subaditividade. Rockafellar e Uryasev (2000) propuseram um método de otimização de portfólios baseados em CVaR que é, segundo Quaranta e Zaffaroni (2008), livre dos problemas associados ao VaR, de fácil implementação em termos de otimização e permite a sua obtenção sem o cálculo prévio do VaR.

Em Quaranta e Zaffaroni (2008) o modelo de CVaR é comparado ao modelo de VaR para evidenciar a evolução obtida por uma medida de risco eficiente. O cálculo das duas medidas são feitos através do método de simulação histórica e formula três diferentes versões de valores esperados. Para estimar o modelo o autor utilizou dados diários de séries temporais das ações de Milão, coletados no banco de dados da *Italian Stock Exchange* entre os anos de 2002 a 2004. Os resultados encontrados indicam que o CVaR quantifica de forma adequada as perdas de

cauda associadas à distribuição de probabilidade dos retornos respeitando os axiomas básicos de gerenciamento de risco, em especial a subaditividade.

No cenário brasileiro, Araújo e Montini (2015) compararam as métricas de otimização feitas pelo desvio padrão, LPM e CVaR, através de dados de retornos diário presentes na Bovespa de 2006 a 2013, com liquidez acima de 0,29 e participação acima de 90% dos pregões. O resultado indica diferença significativa entre a otimização pelo método clássico de média e variância e o método de LPM mas não foi identificada significância estatística entre os resultados de média e variância e o método de CVaR.

Nesta seção foram apresentadas as medidas de risco baseadas em momentos parciais inferiores e de cauda bem como comparações de diferentes métodos. Na próxima seção serão discutidas quais medidas de performance que devem ser aplicadas a cada caso consoante à medida de risco utilizada.

1.3 Medidas de performance

A decisão mais importante de um gestor de portfólio é a escolha dos ativos que vão compor essa carteira e a medida de *performance* a ser utilizada para avaliar tais ativos. O primeiro a tratar de *performance* como uma função de risco e retorno foi William Sharpe em seu artigo de 1964. Para Sharpe (1964), a performance de uma ação depende dos resultados microeconômicos da empresa em condições de risco. Assim, o índice Sharpe é calculado pela fração do excesso de retorno do ativo frente a um ativo livre de risco e o desvio padrão dos retornos desse ativo.

Sharpe (1964) conclui que diversas combinações de risco e retorno podem gerar ativos eficientes, implicando que combinações diferentes de ativos são feitas por investidores com distintos níveis de aversão ao risco sem que a carteira seja considerada ineficiente.

Lo (2002) e Ledoit e Wolf (2008) apontam que as razões do amplo uso do índice Sharpe (IS) é em função da simplicidade do cálculo e de sua interpretação. Platanakis (2016) argumenta que o cálculo do IS envolve apenas a média e o desvio padrão o que limita a eficiência da medida aos portfólios com retornos normalmente distribuídos.

Estrada (2007), Cumming, Haß e Schweizer (2014), Platanakis (2016) relatam que qualquer medida de *performance* que leva em consideração o desvio padrão como medida de risco pode gerar conclusões espúrias, uma vez que, a utilização do desvio padrão subestima o risco do portfólio superestima a sua *performance*.

Hoechner, Reichling e Schulze (2017) afirmam que as críticas envolvidas no modelo IS envolve a utilização de uma medida simétrica de risco e a exigência da distribuição normal dos retornos para o cálculo da *performance*. O autor aponta que a exigência da normalidade dos

retornos reduz a função marginal de utilidade.

Pesquisas feitas com outros indicadores de risco para séries log-normais constataram o aumento da função de utilidade com esses novos indicadores de *performance* (SORTINO; PRICE, 1994; SORTINO; SATCHELL, 2001; KEATING; SHADWICK, 2002; AGARWAL; NAIK, 2004). Sortino e Price (1994) critica o uso da semivariância no denominador do indicador de *performance* e argumenta que as “perdas” não podem ser estimadas a partir da média dos retornos. Esse método utilizado no cálculo da LPM pode maximizar a percepção de risco do investidor e minimizar a percepção do retorno do indicador de *performance*. Para tanto, o autor sugere o indicador de *performance* Razão de Sortino (RS) que parte do LPM da semivariância, contudo com a interpretação do nível de queda sendo os retornos abaixo do mínimo aceitável como retorno (MAR).

Chaudhry e Johnson (2008) estudou a eficiência por meio de simulações de séries simétricas e assimétricas. O autor concluiu que a RS apresentou resultados semelhantes ao IS quando as séries são simétricas, porém a RS foi mais eficiente quando as séries foram assimétricas.

Pekár, Čičková e Brezina (2016) comparou os resultados de otimização de portfólio com o uso da RS e da Razão Omega (RO). Foi feita uma análise empírica com dados semanais de 65 empresas coletados do índice *Dow Jones Industrial Average* (DJIA) no período de 2013 a 2014. O artigo concluiu que tanto a RS quanto a RO geraram carteiras eficientes e semelhantes no processo de otimização.

Dentre as medidas de *performance* baseadas em “quantis” pode-se citar o índice Sharpe generalizado e o índice Sharpe condicional ambas baseadas a partir do trabalho de Sharpe (1966).

Dowd (2000) corrobora com as deficiências do uso do desvio padrão como medida de risco em indicadores de *performance* e propõe o índice Sharpe generalizado que é o que o IS tradicional com o *VaR* sendo utilizado como medida de risco. A conclusão do autor é que o Sharpe generalizado é uma medida de *performance* mais eficiente para gestão de carteiras pois ela absorve corretamente o efeito da diversificação com correlações positivas e negativas.

O *VaR* possui limitações que vai desde a exigência de uma distribuição normal à crítica de que o indicador não cumpre com o axioma da subaditividade das medidas de risco e por esses motivos pode gerar erros de estimação e gerando prejuízos inesperados ao investidor (ROCKAFELLAR; URYASEV, 2000).

Baweja, Saxena e Sehgal (2015) destacam os problemas relacionados ao IS tradicional e o problema de subaditividade do *VaR* para propor um indicador de *performance* que supra esses problemas e seja mais eficiente. O artigo inicia seu estudo através do IS tradicional e considera como medida de risco no denominador o CVaR. O objetivo desse estudo teórico-empírico é a otimização do risco e retorno pelo Sharpe Condicional. O artigo exemplifica através de dados do *S&P 500* e simula 100 cenários com situações distintas de taxas de juros entre 2010 e 2013.

O artigo conclui a superioridade do uso do CVaR como denominador no modelo de IS e afirma que geram boas estimações de parâmetros para otimização.

Este indicador, segundo o texto, possui maior robustez que o modelo tradicional do IS e não possui o problema da exigência da normalidade e da subaditividade do VaR como medida de risco e foi denominado como

Por isso, Agarwal e Naik (2004) escreve um artigo teórico no qual usa VaR condicional (CVaR) para construir portfólio de *hedge funds*. Segundo o autor, esse indicador de risco é mais adequado para ativos com distribuição de retorno assimétrica e cumpre com o axioma da subaditividade. Agarwal e Naik (2004) pesquisou os *hedge funds* do índice *S&P 500* através de seis estratégias de investimentos com dados mensais entre 1990 e 2000. Entre suas conclusões o autor afirma que as medidas de risco com desvio padrão subestima os níveis de risco da carteira de investimentos e sugere o CVaR como um indicador mais eficiente.

Lim, Shanthikumar e Vahn (2011) avalia o CVaR proposto como medida de *performance* com foco na eficiência e estima os erros gerados pelo indicador. Foi avaliado um único período com n ativos gerados de forma aleatória e construiu-se diversas fronteiras eficientes através do modelo de média e variância e o modelo de CVaR. O autor encontrou resultados semelhantes na estimação de erros para a otimização pelo método do CVaR e o método de média e variância para carteiras de ativos com distribuição normal. Porém encontrou erros menores para o modelo de CVaR com prazos curtos (até 20 anos) e indica pesquisas para prazos mais longos uma vez que o indicador vai perdendo acurácia com o tempo.

Platanakis (2016) argumenta que embora as medidas de *performance* tanto as baseadas em momentos parciais inferiores quanto as baseadas em VaR e CVaR se pareçam com o índice Sharpe tradicional, as diferenças conceituais e práticas são significativas. Platanakis (2016) argumenta que diferentemente do índice Sharpe as demais medidas de *performance* são independentes das distribuições dos retornos dos ativos.

Uma vez apresentadas as medidas de performance associadas às medidas de risco, faz-se necessário discorrer acerca das métricas de perdas por ineficiência associadas a cada um dos métodos.

1.4 Medidas de perda por subotimização

Os portfólios são subótimos, de acordo com a teoria estudada, geram perdas nos retornos ou uma piora em seu nível de risco. Portanto é fundamental aferir a eficiência de determinada carteira em relação a seu *benchmark*. Para medir as perdas por subotimização este trabalho utiliza os métodos denominados por *Relative Sharpe Ratio Loss* (RSRL) e o *Return Loss* (RL).

O RSRL foi definido por Calvet, Campbell e Sodini (2007) como a perda do Sharpe re-

lativo atingida por um portfólio de risco subdiversificado. Foi então utilizada pelos autores para medir as perdas por subdiversificação dos portfólios imobiliários das famílias na Suécia entre os anos de 1999 e 2002. O trabalho conclui que há altos níveis de concentração nas carteiras de investimentos da amostra. Para chegar a essa conclusão, foi calculado o IS dos portfólios das famílias suecas durante o período e o IS do *benchmark* local. O método proposto afirma que a fração entre o IS do fundo e o IS do *benchmark* menos um, gera a perda percentual por subotimização.

Como vantagens desse método Calvet, Campbell e Sodini (2007) indica que é um método fácil e robusto que pode ser adaptado para qualquer índice de *performance* ou *benchmark*. Outra característica importante é que quando o *benchmark* é eficiente o RSRL é uma transformação do risco idiossincrático e para obtê-lo basta calcular a correlação dos retornos do portfólio com os retornos do *benchmark*.

Angelidis e Tessaromatis (2010) utilizou o RSRL para identificar o custo das restrições legais na otimização de carteiras dos fundos de pensão públicos na Grécia. Para a base de dados foram utilizados séries temporais mensais de 82 fundos de pensão públicos na Grécia entre 2001 e 2005. O trabalho utilizou o método do RSRL para encontrar prejuízos gerados pela subdiversificação desses portfólios.

Segundo Calvet, Campbell e Sodini (2007), Angelidis e Tessaromatis (2010) o RSRL é adequado para quantificar a sub-diversificação dos portfólios, contudo não é adequado para portfólios em que a exposição ao risco é mínima, ou seja, carteiras altamente concentradas em títulos públicos. Nestes casos Angelidis e Tessaromatis (2010) corroboram o entendimento de Calvet, Campbell e Sodini (2007) e argumentam que o RSRL pode revelar ineficiência de forma equivocada e nestes casos deve-se utilizar como medida alternativa o *Return Loss* (RL) para este tipo de portfólios.

O RL foi definido por Calvet, Campbell e Sodini (2007) como a média das perdas, ou ganhos, de um investidor por abrir mão de investir em um determinado *benchmark* e investir em um portfólio qualquer. Ele gera o resultado do excesso de retorno esperado de um portfólio quando a carteira está bem equilibrada.

Esta medida é utilizada quando o investidor aloca uma pequena parte de seus recursos em investimentos de risco e aloca uma maior parte em títulos de baixo risco. Calvet, Campbell e Sodini (2007) utilizaram este método ao pesquisar os portfólios das famílias na Suécia que tinham grande parte de seus investimentos em títulos de baixo risco. Angelidis e Tessaromatis (2010) também utilizou esse método para calcular as perdas por subotimização nos fundos de pensão públicos na Grécia que possuíam alta concentração em ativos de baixo risco.

Para Calvet, Campbell e Sodini (2007), o RL pode ser interpretado como a distância entre o portfólio e uma linha imaginária que conecta os ativos livres de risco com o portfólio do *benchmark*. Calvet, Campbell e Sodini (2007), Angelidis e Tessaromatis (2010) observam

que o RL oferece um resultado percentual, ou seja, a porcentagem perdida por não investir em determinado *benchmark* com mesmo nível de risco, contudo o valor monetário das perdas podem ser calculados facilmente por meio da multiplicação do RL pelo valor do patrimônio líquido total da carteira.

Angelidis e Tessaromatis (2010) chamam atenção para o fato de que calcular o RL com base em *benchmarks* de ativos estrangeiros pode induzir a ideia de que não há perdas mesmo havendo. Isso acontece pois grande parte dos títulos públicos das carteiras nos fundos gregos são domésticos, assim, não faz sentido compará-los com *benchmarks* que não sejam nacionais.

Revisto a teoria de portfólios, os indicadores de risco e de medidas de *performance* e as métricas de perdas por subotimização de portfólios, este trabalho se propõe a aplicar esses conceitos nos fundos de pensão públicos brasileiros chamados de regime próprio de previdência social (RPPS). A seguir será feita uma revisão teórica dos temas abordados aplicados no ambiente de fundos de pensão.

1.5 Otimização de portfólios em fundos de pensão

O assunto de otimização de portfólios em fundos de pensão públicos e privados é amplamente debatido no Brasil e no mundo (STUX, 1995; MENONCIN; SCAILLET, 2006; ALESTALO; PUTTONEN, 2006; BINSBERGEN; BRANDT, 2007; MARTITS; JUNIOR, 2009; SILVA; OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Menoncin e Scaillet (2006), Alestalo e Puttonen (2006) a grande dificuldade de se otimizar portfólios de fundos de pensão é que o gestor deve se preocupar não só com o risco e retorno dos investimentos mas também com as restrições legais e a liquidez no curto e no longo prazo. Menoncin e Scaillet (2006) ainda destacam que os fundos de pensão estão sujeitos a despesas imprevisíveis, relacionadas a acidentes de trabalho, morte prematura e outras despesas ocasionais que impactam negativamente o fluxo de caixa dos fundos.

Frauendorfer, Jacoby e Schwendener (2007) corroboram o entendimento de Menoncin e Scaillet (2006) e argumentam que a função do gestor de um fundo de pensão não é semelhante a dos gestores de outras espécies de fundos. Este entendimento se dá pelo fato de que nos fundos em geral a preocupação é gerar retornos volumosos a certos níveis de risco, já nos fundos de pensão além dos retornos, os gestores devem adotar políticas de investimento que garantam a sustentabilidade.

Black e Dewhurst (1981) tiveram como objetivo a identificação dos motivos que levaram os fundos de pensão norte americanos a concentrarem seus investimentos em *bonds* domésticos. O artigo fez simulações de ganhos com várias alocações mistas entre títulos públicos e ações negociadas na *New York Stock Exchange* (NYSE) e concluíram que existiam perdas por não

investir em renda variável e que os títulos públicos, de forma indireta, eram estimulados pelo órgão regulador local.

Alestalo e Puttonen (2006) estudaram as estruturas dos passivos dos fundos de pensão finlandeses para identificar como eles influenciam a alocação dos ativos. O trabalho usou dados de tempo de trabalho, idade dos colaboradores e salários dos fundos de pensão das indústrias coletados no *Finnish Centre for Pensions and the Insurance Supervisory* do final do ano de 2002. Ao fazer um estudo atuarial de cada fundo e comparar eles com a composição das carteiras chegou-se a conclusão que a estrutura dos passivos afetam as decisões de investimentos dos fundos de pensão. Alestalo e Puttonen (2006) ainda argumentaram sobre a impossibilidade de que métodos de otimização razoavelmente bons possam fornecer resultados muito distintos devido a estrutura de passivos, ambiente regulatório, questões históricas, método de otimização equivocado e preferência pela irracionalidade.

Menoncin e Scaillet (2006) apresentaram uma forma de otimizar as carteiras de investimentos em fundos de previdência com benefício definido e contribuição definida pensando nas alterações de passivos por riscos inesperados. Para isso foi feito um estudo teórico com derivações nas fórmulas de cálculo atuarial e nas estimativas de mortalidade chegando a conclusão de que há possibilidades de redução na variância e aumento de reservas dos fundos de pensão através do modelo proposto.

Binsbergen e Brandt (2007) estudaram os impactos da regulação nas decisões de investimentos nos fundos de pensão com benefício definido com foco na taxa atuarial para que os ativos supram os passivos ao longo do tempo. Foram utilizados dados anuais dos retornos das ações do *S&P 500* e títulos com vencimentos constantes do *federal reserve* entre 1954 a 2004. Foi utilizado o método de Brandt (1999) para avaliar o retorno dinâmico das carteiras e descontaram os passivos pela taxa média de quatro anos das rentabilidades das carteiras. O artigo conclui que as regras da legislação de investimento, controle de risco e de pagamento dos passivos geram impactos no comportamento dos investimentos das carteiras.

Frauendorfer, Jacoby e Schwendener (2007) discutem a aplicabilidade do modelo de média e variância nos fundos de pensão através de dados mensais de seis ativos de diferentes categorias entre os anos de 1982 a 2006. Testaram as estruturas de risco, a volatilidade e os processos de otimização das carteiras aleatórias em momentos de estresse e frente aos passivos trazidos a valor presente. O resultado encontrado é que o modelo possui problemas nas interações com os passivos e que a necessidade de frequentes alterações nas carteiras de investimentos geram custos que desajustam os parâmetros do modelo de média e variância.

Zhang e Ewald (2010) trouxeram o assunto para uma realidade dos países emergentes e discutiram, por meio de um artigo teórico, o problema de otimização de carteiras em ambientes com inflação. Partindo problema de otimização estocástica o autor concluiu que os fundos de pensão por benefício definido em ambientes inflacionários, não conseguem ter sustentabilidade

através de investimentos com rentabilidades próximas ao retorno do título livre de risco mesmo utilizando de técnicas de otimização de carteiras.

Na Itália, o estudo de Cappelletti, Guazzarotti e Tommasino (2014) investigou o efeito da idade dos contribuintes nas escolhas dos investimentos nos fundos de pensão públicos. Pela teoria moderna, os gestores deveriam reduzir suas exposições a investimentos de risco a medida em que seus contribuintes vão ficando mais velhos (CAPPELLETTI; GUAZZAROTTI; TOMMASINO, 2014). Após estudos com dados dos fundos de pensão públicos italianos entre 2002 e 2008 os resultados encontrados é que a idade não gerou impactos significativos para os dados da amostra. O trabalho mostrou que o método de otimização é mais relevante do que a idade dos contribuintes para a formação da carteira.

Na América Latina, Preciado e Recio (2010) estuda os fundos de pensão na Colômbia com dados semanais nos períodos entre 2004 e 2008 sob a metodologia de Markowitz (1952) e León *et al.* (2008). Os dois métodos de estimação foram utilizados no teste e não foram encontradas diferenças significativas entre a utilização dos dois métodos.

No Brasil, Martits e Junior (2009) inseriram a variável de aversão a perdas no estudo de otimização de carteiras e compararam, via realização de testes empíricos, os resultados de investidores individuais e de fundos de pensão. O modelo utilizado parte da premissa que o investidor tem dois tipos de investimento (com risco e sem risco) e tenta otimizar a função utilidade gerada pelo portfólio de investimentos. Os dados utilizados foram os resultados da carteira teórica do IBOVESPA para a carteira com risco e do CDI para a carteira sem risco no período entre 1997 a 2006. O trabalho conclui que a aversão a perdas deve ser incorporada ao modelo de otimização de carteira pois ela impacta principalmente durante períodos de estresse da economia tanto para investidores individuais quanto para os gestores de fundos de pensão.

Silva e Oliveira (2011) avaliaram o cenário de otimização de portfólios para quatro cenários de juros factíveis no Brasil testando os impactos de não se investir no exterior (legislação em vigor no Brasil). O autor usou a alocação percentual por categoria de investimento do total das carteiras de fundos de pensão em 2008 e montou uma *proxy* através da rentabilidade desses investimentos nas maiores instituições financeiras do país. Assim, construiu uma carteira com e sem a restrição de investimentos no exterior chegando a conclusão que a restrição não só altera a fronteira de eficiência como a desloca para a direita piorando os seus resultados.

Este estudo não contempla efeitos de idade, aversão a risco e investimentos no exterior de forma direta, mas supõe que essas variáveis podem ser causas importantes da ineficiência das carteiras dos RPPSs.

Visto que os RPPS enfrentam problemas de otimização também pertinentes aos fundos de pensão, torna-se possível, após a revisão realizada sobre estes últimos, avaliar aspectos tangentes à otimização das carteiras dos primeiros. A próxima seção apresenta uma breve revisão sobre os Regimes Próprios de Previdência Social.

1.6 Regimes Próprios de Previdência Social

A previdência social é uma forma de seguro social cuja finalidade é proteger o cidadão em momentos de adversidade (LAURINDO; CARDOSO, 2017). Este direito é garantido pelo artigo 194 da Constituição Federal (CF) de 1988. O sistema previdenciário no Brasil se divide em 2 regimes: Regime Geral de Previdência Social (RGPS) e Regime Próprio de Previdência Social (RPPS). Existem regimes privados e facultativos de previdência que englobam os fundos de pensão e as previdências privadas.

Os RPPS são fundamentados nos artigos 40 e 142 da Constituição Federal de 1988 e contemplam os funcionários públicos dos entes municipais, estaduais, federais e do Distrito Federal, oferecendo-lhes a possibilidade de um regime de previdência segregado do privado. Santos (2017) observa que apesar de ter sido assegurado na Constituição Federal de 1988, somente a partir da lei 9.717/98, da emenda constitucional n.20/98 e da emenda constitucional n.41/03 é que foram constituídas as regras de criação dos chamados Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS).

De acordo com a portaria N.403/2008 os RPPS devem ser constituídos por plano de benefício definido, podendo ser por repartição simples ou capitalização. Sousa (2016) conceitua o regime de repartição simples como um regime de solidariedade intergeracional, isto é, a geração atual sustenta a anterior. Já o regime de capitalização, segundo Sousa (2016), estabelece que cada indivíduo sustenta a sua própria aposentadoria através de depósitos investidos e capitalizados ao longo do tempo.

Segundo Santos (2014), as contribuições e os cálculos realizados no sistema previdenciário público brasileiro dificultam o cumprimento da lei 9.717/1998 que obriga os Regimes Próprios de Previdência Social a serem baseados em diretrizes claras, de forma a garantir o equilíbrio financeiro e atuarial. Entende-se, via regulamentação, que equilíbrio financeiro é a equivalência entre as receitas e obrigações do RPPS ao passo que equilíbrio atuarial se refere à equivalência entre os valores presentes das receitas e obrigações do regime.

O problema do déficit atuarial é um fenômeno mundial que encontra no aumento da expectativa de vida e na redução da taxa de natalidade suas principais explicações (BOGONI; FERNANDES, 2011; SILVA; DEUS, 2013; CAPPELLETTI; GUAZZAROTTI; TOMMASINO, 2014; BARTH *et al.*, 2016; THOM, 2017).

Barth *et al.* (2016) estudaram os déficit de fundos de pensão públicos estaduais nos Estados Unidos em buscas das causas desse problema. Foi feito uma análise através de regressões para explicar a variabilidade dos déficits no período de 2001 a 2014 em todos os fundos de pensão públicos estaduais norte americanos e chegou-se a conclusão de que dentre os 51 estados apenas 2 não possuíam déficit e os motivos elencados no trabalho foram: i) os fundos são constituídos sob a forma de benefício definido; ii) o excesso de passivo causados pelo aumento

da longevidade; e iii) a redução dos ingressantes.

Bédard-Pagé *et al.* (2016) fizeram um trabalho demonstrando o custo e o risco de planos de benefício definido para fundos de pensão públicos na Austrália abordando assuntos como longevidade e natalidade. O artigo utiliza microdados da longevidade e mortalidade para avaliar o impacto desta nos passivos dos fundos. Para este estudo foram utilizados dados da *Mercer* (Austrália) entre 2002 e 2010 e considerados aposentados pessoas acima de 55 anos. Os fundos australianos foram considerados deficitários de uma forma geral e os motivos elencados foram a longevidade, a falta de planejamento para os riscos de morte, a idade da população e a redução da base de financiamento.

Cos *et al.* (2017) corrobora com a ideia de Eich (2009) ao demonstrar em seu estudo sobre a sustentabilidade dos fundos de pensão públicos na Espanha nos quais existe uma benevolência de benefícios previdenciários aos funcionários do setor público aumentando o déficit atuarial de seus fundos. Cos *et al.* (2017) projetou os ativos e passivos dos fundos de pensão públicos da Espanha até o ano de 2050 e concluiu que diversos são os fatores desse déficit sendo os principais o aumento da longevidade e a redução da natalidade.

No Brasil a situação da solvência fiscal dos RPPS não é diferente. Estimativas de 2013 do IBGE indicavam que o número de idosos acima de 65 anos iria saltar de 8% para 27% da população em 2060 (IBGE, 2013). Somando-se a isso, Caetano (2016) observa que a realidade brasileira se assemelha à internacional no sentido de que o elevado custo das previdências dos servidores públicos impacta significativamente no déficit global do sistema previdenciário brasileiro.

Ao comparar o Brasil com países europeus fica evidente o peso fiscal das despesas previdenciárias dos servidores públicos em relação ao PIB. Países como a Áustria possuem 3,5% dos gastos previdenciários no setor público em relação ao PIB, França 2,1%, Alemanha 2,0% e Brasil 3,8% no ano de 2013 (CAETANO, 2016).

Silva e Deus (2013) buscaram em seu artigo os déficits previdenciários dos municípios do estado do Ceará. Foi feito um estudo atuarial nos 54 municípios do estado que possuem RPPS através dos dados dos demonstrativos de resultados das avaliações atuariais (DRAA) divulgados pelo Ministério da Previdência Social (MPS) e identificou-se um déficit atuarial somado na casa de 10 bilhões de reais.

Santos (2014) apresenta em seu estudo as reformas que tentam melhorar o equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPSs e demonstra os impactos dessas reformas na prática. Para isso foi feito uma pesquisa fenomenológica a partir das pessoas que estão vivendo o problema nos RPPSs estaduais da região Sudeste. Foram feitas entrevistas estruturadas com pessoas ligadas a esses RPPSs direta ou indiretamente para concluir que as reformas foram benéficas por retirar a possibilidade de concessão de benefícios de forma arbitrária a determinada categoria de servidores; na cobrança de contribuição dos servidores inativos e aposentados; a exigência do

cálculo atuarial e do plano de equacionamento dos déficits e a abertura de novas possibilidades de investimentos que auxiliam no atingimento da meta atuarial.

Andreis, Zuanazzi e Santos (2016) corrobora com as ideias de Santos (2014) mas demonstra que não foram suficientes. Seu trabalho faz um diagnóstico dos RPPSs no Rio Grande do Sul em que eles afirmaram que há décadas vêm apresentando déficit anuais. O artigo faz um trabalho comparativo e chega as seguintes conclusões: O quadro de professores é extenso e com idade avançada; a população gaúcha possui o maior número de pessoas com idade avançada do país; as pessoas do Sul e Sudeste possuem a maior expectativa de vida do país; e que no período estudado entre 2000 e 2014 o estado teve o menor crescimento da receita corrente líquida.

Caetano (2016) demonstra em suas projeções que o crescimento da base de servidores inativos dos municípios torna a sustentabilidade do sistema previdenciário comprometida sob as atuais regras. O autor argumenta que houve redução significativa na base de contribuintes que pagam os aposentados e pensionistas uma vez que a base de 3,6 servidores ativos para cada beneficiário se inverteu e, agora se encontra em 1,6 beneficiários por servidor ativo.

Santos *et al.* (2017) revelam que o déficit dos regimes próprios de previdência social dos estados ultrapassa 1,2% do PIB. Os autores atribuem esse déficit à elevação do número de inativos nos estados e ao forte crescimento das remunerações médias reais dos servidores inativos (na casa de 50% entre 2006 e 2015). Sousa (2016) indica que dentre as formas de previdência no Brasil a mais preocupante é a do servidor público (RPPS) devido ao aumento do número de inativos nesse setor.

O estudo de Santos *et al.* (2017) buscou amenizar o problema dos déficits atuariais dos RPPSs com a utilização de um modelo de otimização de carteiras *Asset Liability Management* (ALM) com base no modelo de Markowitz (1952) nos RPPSs. Para testar seu modelo foi constituída uma *proxy* através das proporções das médias das modalidades de investimentos e projetada para um período de 75 anos. Os passivos foram descontados pela taxa real de 6% a.a e a conclusão encontrada foi que os fluxos de pagamentos estão descasados e o modelo indicado pode auxiliar no incremento do Patrimônio Líquido ao longo do tempo.

Santos *et al.* (2017) afirmaram que uma forma de suavizar esse déficit é elevar a rentabilidade nas aplicações dos ativos financeiros geridos pelos regimes próprios de previdência dos entes federais, estaduais e municipais, uma vez que os RPPSs em geral utilizam o regime de capitalização dos ativos. Neste contexto conjectura-se que é essencial trabalhar com portfólios eficientes, de modo a otimizar a relação risco/retorno dos portfólios de investimentos dessas autarquias.

Segundo a portaria nº 403/2008 do MPS, as disponibilidades financeiras acumuladas durante os anos pelos recolhimentos nas folhas dos funcionários públicos podem ser aplicadas no mercado financeiro, mas devem seguir as condições impostas nas resoluções de investimentos do Conselho Monetário Nacional (CMN) em vigor. Os investimentos são seccionados pela As-

sociação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (ANBIMA) de acordo com a ciência ou não da rentabilidade do ativo no ato da compra, sendo assim os ativos de investimentos são classificados entre renda fixa, renda variável e ativos móveis e imóveis (BRASIL, 2008).

A resolução 3.922/2010 dispõe sobre as aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social instituídos pela União, estados, Distrito Federal e municípios. Os recursos dos RPPSs podem ser alocados em: i) renda fixa, ii) renda variável e iii) imóveis. A legislação entende que os recursos dos RPPSs compreendem as disponibilidades financeiras advindas das receitas correntes e/ou de capital, retornos de aplicações financeiras em títulos e valores mobiliários (BRASIL, 2010).

A legislação em questão estabelece limites máximos para os investimentos em ativos de determinado segmento. No segmento de renda fixa, por exemplo, fica estabelecido que o RPPS pode investir 100% de seus ativos em títulos de emissão do Tesouro Nacional, mas permitem que apenas 5% de seus recursos sejam investidos em fundos de crédito privado. Os limites para todos os ativos de renda fixa se encontram na tabela 1.1. Bogoni e Fernandes (2011) observam que a legislação oferece restrições mais severas para ativos de maior risco, em uma tentativa clara de proteger o investidor institucional.

Tabela 1.1: Limites máximos de alocação para ativos do segmento de renda fixa impostos pela resolução CMN 3.922/2010

Ativos em renda fixa	Limite legal
Títulos Tesouro Nacional-SELIC	Até 100%
Operações Compromissadas	Até 15%
FI 100% Títulos Públicos TN	Até 100%
Fundo de Investimento Renda Fixa/Referenciados	Até 80%
Fundo de Investimento de Renda Fixa	Até 30%
FI em Direitos Creditórios-Condomínio Aberto	Até 15%
FI em Direitos Creditórios-Condomínio Fechado	Até 5%
FI Renda Fixa “Crédito Privado”	Até 5%
Poupança	Até 20%
Elaboração do autor com base na resolução CMN 3.922/2010.	

Para o segmento de renda variável a resolução 3.922/2010 é ainda mais restritiva. A legislação permite que sejam investidos 30% dos recursos dos RPPSs em fundos de cotas de fundos de ações cujos índices de desempenho devem estar vinculados ao IBOVESPA, ao IBrX ou ao IBrX-50. Para fundos de multimercado, fundos de investimentos em participações e fundos de investimentos imobiliários a alocação máxima é de 5%.

A tabela 1.2 apresenta os limites de aplicações para ativos em renda variável dos RPPS.

Observadas as limitações de alocação de recursos impostas pelas resoluções 3.922/2010,

Tabela 1.2: Limites máximos de alocação para ativos do segmento de renda variável impostos pela resolução CMN 3.922/2010

Ativos em renda variável	Limite legal
FI Ações Referenciados(IBOVESPA, IBrX ou IBrX-50)	Até 30%
FI de Índices Referenciados em Ações	Até 20%
Fundos de Investimentos em Ações	Até 15%
Fundos de Investimento Multimercado - Aberto	Até 5%
Fundos de Investimentos Imobiliários – cota negociadas em bolsa	Até 5%
Fundos Investimentos em Participações - Fechado	Até 5%
Elaboração do autor.	

surge a necessidade de se investigar se há perdas de ineficiência oriundas de tais restrições. A questão a ser respondida se refere à possibilidade de as restrições, ao invés de reduzirem a exposição ao risco dos RPPSs, impedirem que os mesmos tenham portfólios eficientes.

Por fim deve-se dizer que, apesar das dificuldades, o trabalho dos normatizadores vem sendo feito e prova disso são as alterações da normativa 3.922/10 pela normativa do BCB 4.607/17 que busca melhorar o nível de otimização das carteiras dos regimes próprios de previdência social como apresentado em noticiário do sítio do Ministério da Fazenda (MF, 2017). Porém esse mercado é dinâmico e as alterações ficam obsoletas com muita rapidez exigindo um constante trabalho dos normatizadores na reformulação da norma.

Tendo em perspectiva a abordagem das limitações dos investimentos dos RPPSs realiza-se, na próxima seção, uma revisão dos estudos sobre os processos de otimização das suas carteiras de investimentos.

1.6.1 Otimização de portfólios nos RPPSs

Santos *et al.* (2017) e Silveira (2013) apresentaram argumentos que afirmam a necessidade de a elaboração de parâmetros corretos para otimizar a política de investimentos. A política de investimentos dos RPPS serve para balizar os investimentos no período subsequente e deve ter como princípio norteador a maximização da eficiência das carteiras de investimentos, de maneira a maximizar os retornos e reduzir os riscos (SILVEIRA, 2013).

Bertucci, Souza e Félix (2008a) faz uma pesquisa nos fundos de pensão públicos e privados na qual pretende evidenciar que idiosincrasias da economia brasileira geram problemas na gestão dos ativos e passivo desses fundos. Para atingir esse objetivo criou-se uma carteira teórica com os quatro principais fatores de risco mais utilizados no mercado brasileiro (bolsa, dólar, juros e inflação) com as composições indicadas pelo método da média e variância no período de 251 dias entre 2003 e 2004. Foi utilizada a taxa livre de risco de 6% a.a e geradas assim a fronteira eficiente. Como indicadores de eficiência foram utilizados o *VaR* e o *tracking*

error e constatou que em momentos de juros altos a meta atuarial de INPC + 6% a.a é facilmente atingida mas em momentos de juros baixos os gestores necessitam buscar investimentos de maior risco para atingir o objetivo e conquistar o equilíbrio financeiro e atuarial.

Ferreira *et al.* (2010) propuseram uma análise crítica da gestão de recursos em três RPPSs estaduais sob a ótica do risco e retorno e com base na teoria de Markowitz (1952). Foram utilizados para simular a carteira dados diários de seis títulos públicos, seis fundos de investimentos e o IBOVESPA entre os anos de 2006 a 2008. Para a taxa livre de risco foram utilizados os retornos da caderneta de poupança ou a média geométrica do CDI e para a meta atuarial usou-se INPC + 6% a.a. Os resultados encontrados corroboram a hipótese inicial do trabalho de que as carteiras dos RPPSs não são eficientes e os autores atribuíram esse fato à resolução 3.506/07 que regia os investimentos da previdência pública na época.

Silveira (2013) propõe um modelo de otimização através de duas variáveis controláveis: a alíquota de contribuição dos participantes e a alocação do portfólio de investimentos. Seu modelo busca ativos brasileiros para estratégias de *hedge* intertemporal afim de otimizar o retorno e reduzir o risco. Para isso constituiu-se uma carteira teórica composta por quatro ativos financeiros que testará o modelo sendo eles: a carteira do mercado de ações, um título pré-fixado de curto prazo, um título pré-fixado de longo prazo e um título pós-fixado indexado à taxa de juros.

A estimação de Silveira (2013) usa dados mensais de 2000 a 2011 e conclui que posições compradas em ações podem ser usadas como *hedge* intertemporal mesmo que a proporção ótima de investimentos no IBOVESPA não ultrapasse 2,5% em nenhuma simulação. Porém, ao contrário do que se vê na prática, posições compradas em títulos pré-fixados curtos ou longos não são boas ferramentas para fazer o *hedge* intertemporal. O trabalho traz uma conclusão diferente de Ferreira *et al.* (2010) quando diz que não se pode afirmar que a limitação normativa de renda variável não impede a alocação eficiente da carteira.

Trintinália e Serra (2017) questionam o impacto das restrições legais na obtenção da carteira ótima dos RPPSs através de uma *proxy* formada pelos fundos administrados pela Caixa Econômica Federal e sob a ótica do modelo de média e variância. Foi utilizada uma amostra de vinte e três fundos entre os anos de 2013 a 2015. O artigo gerou duas fronteiras eficientes pela metodologia de Markowitz (1952) sendo a primeira sem as limitações da normativa CMN 3.922/2010 e a segunda com essas limitações. Após a geração das duas carteiras foi verificado o IS da carteira sem as limitações legais foi maior. O resultado sugere que a lei piora os níveis de risco e retorno das carteiras dos RPPSs brasileiros corroborando com os estudos de Ferreira *et al.* (2010).

Santos *et al.* (2017) buscaram alternativas para a suavizar o problema do equilíbrio financeiro e atuarial através de modelos de *Asset and Liability Management (ALM)* que, segundo a autora, é uma ferramenta capaz de gerenciar as incertezas dos retornos dos ativos para um dado fluxo de pagamentos futuro. A conclusão do trabalho indica a possibilidade de utilizar o

modelo proposto com a possibilidade de ganho em eficiência para os investimentos dos RPPSs.

A partir dos trabalhos revisados e as semelhanças entre as legislações grega e brasileira no que diz respeito aos limites de investimentos dos fundos de pensão e dos RPPS. Conjectura-se, enquanto hipótese primária, que os resultados identificados por Angelidis e Tessaromatis (2010) devem ir de encontro ao caso brasileiro, portanto espera-se que o arcabouço legal restritivo, justificado enquanto medida para forçar a redução da exposição ao risco, impacte negativamente nas decisões de alocação de investimentos dos RPPSs brasileiros. Como hipótese secundária espera-se que os municípios maiores possuam perdas menores por subotimização, isso porque estes em geral, realizam uma melhor gestão dos ativos.

2. Metodologia

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa este trabalho utilizou-se do modelo teórico-empírico empregado por Angelidis e Tessaromatis (2010). A metodologia proposta se baseia na estimação de medidas de perdas por diversos *benchmarks*, além de estudos comparativos entre os portfólios reais, sujeitos às respectivas restrições legais, e portfólios otimizados pelas metodologias de média e variância, Razão de Sortino RS e otimização por Sharpe Condicional.

Assim como em Angelidis e Tessaromatis (2010), este trabalho começa com uma estatística descritiva das porcentagens de investimentos em renda fixa e renda variável dos 30 maiores e 30 menores RPPSs municipais brasileiros. Escolheu-se utilizar os 30 maiores e os 30 menores devido à restrição de tempo para montar a base de dados e para evidenciar possíveis discrepâncias entre os maiores e os menores RPPS municipais, estabelecendo a amostra demonstrada na tabela 2.1.

Angelidis e Tessaromatis (2010) utilizaram os modelos de RSRL, RL e *Certainty Equivalent Return* (CER) para estimar as perdas por sub-otimização dos fundos de pensão públicos gregos. No artigo de Angelidis e Tessaromatis (2010) o CER foi utilizado para calcular as perdas por subotimização das carteiras dos fundos com grande exposição em renda variável e assim, este trabalho não utilizará o CER uma vez que não foi encontrado na amostra nenhum RPPS com alocação expressiva em renda variável.

Para o cálculo RL e RSRL o modelo exige um índice de *performance* da carteira de investimentos e um índice de *performance* do *benchmark*. Angelidis e Tessaromatis (2010) utilizou o IS como medida de *performance* e comparou esse indicador com o indicador de dois *benchmarks* gregos (*JP Morgan Greek Government Bond Index* e *Athens Stock Exchange 60 Stock Index* (ASE-60)) e dois internacionais (*MSCI World Equity* e *Sovereign Bond*) ambos com *hedge* em dólar.

Este trabalho utiliza como medida de *performance* o IS e testa, a título de robustez, as medidas de LPM e CVaR. Como *benchmark* foram utilizados o retorno do CDI, o IPCA + 6% a.a. e o retorno dos títulos americanos com vencimento de 10 anos. Para a taxa livre de risco foi utilizado a rentabilidade dos retornos da poupança (BRINSON; HOOD; BEEBOWER, 1995; DANIEL *et al.*, 1997; FERREIRA *et al.*, 2010; BERTUCCI; SOUZA; FÉLIX, 2008a; SANTOS *et al.*, 2017; ANGELIDIS; TESSAROMATIS, 2010). Escolheu-se o CDI por representar os

retornos de transações entre instituições financeiras e ser um indicador conservador de retorno, o IPCA + 6% a.a foi utilizado por ser, em geral, o indicador de meta atuarial dos RPPS e o retorno dos títulos do tesouro norte americanos por serem, segundo Angelidis e Tessaromatis (2010) um indicador global de rentabilidade e segurança em títulos soberanos.

O patrimônio líquido de um RPPS é definido como o valor residual dos ativos da entidade após a dedução dos passivos circulante e não circulante. Entende-se como “passivo” as obrigações que resultam em saídas de recursos capazes de gerar benefícios econômicos ou possuem potencial de serviços. Os “ativos” se referem aos recursos controlados pelos RPPS, dos quais se esperam benefícios econômicos futuros ou potencial de serviços.

A amostra desse estudo foi composta pelas séries temporais entre os anos de 2012 e 2015 (período com informações disponíveis completas no momento da pesquisa) das carteiras de investimentos dos 30 maiores e 30 menores (com investimentos em carteira) RPPS municipais brasileiros medidos pelo patrimônio líquido do fundo ao final de 2015 conforme tabela 2.1.

A utilização do PL dos 30 maiores e 30 menores para segregar a amostra se justifica porque há, segundo Santos *et al.* (2017), um comportamento distinto no tratamento dos investimentos a depender do tamanho do PL. Este quesito foi tratado sob a ótica da subotimização neste trabalho.

Foram coletados os dados primários das carteiras de investimentos dos 30 maiores e 30 menores RPPS municipais por meio dos demonstrativos das aplicações e investimentos dos recursos (DAIR) de todos os anos referente ao bimestre janeiro/fevereiro. A coleta do fechamento de fevereiro se justifica uma vez que é a primeira informação disponível após a implantação da política anual de investimentos exigida pela normativa 3.922/10 (BRASIL, 2010; CADPREV, 2017).

O procedimento de coleta dos dados foi iniciado pela identificação dos 30 maiores e menores RPPSs municipais. Uma vez identificados, acessou-se o site do CADPREV para extrair os DAIRs referentes ao primeiro bimestre de cada ano considerado na amostra. Esse procedimento foi realizado para cada um dos municípios incluídos no trabalho.

Os dados coletados foram inseridos no sistema de controle de carteira do software Econômica e assim gerados as cotas teóricas diárias de acordo com as oscilações dos investimentos. As cotas teóricas foram exportadas para o software estatístico R, no qual foi utilizado o pacote *PerformanceAnalytics* para o cálculo dos objetos de interesse.

Este trabalho fez um teste de normalidade nas séries históricas dos portfólios de investimentos dos RPPSs, utilizando através dos gráficos Quantil–Quantil da função QQ-plot do software estatístico R afim de validar o modelo de IS. Este teste não foi feito no artigo de Angelidis e Tessaromatis (2010) mas é necessário uma vez que o IS só possui eficiência se a distribuição dos retornos forem normalmente distribuídas (SORTINO; PRICE, 1994; PLATANAKIS, 2016; HOECHNER; REICHLING; SCHULZE, 2017; R Core Team, 2017).

Tabela 2.1: *Nomes dos 30 maiores e dos 30 menores municípios da amostra em termos de PL*

30 maiores	30 menores
Aracaju	Brazabrantes
Belém	Cuité
Belo Horizonte	Quixadá
Boa Vista	Araguainha
Campos dos Goytacazes	Arraial do Cabo
Cuiabá	Atalaia
Curitiba	Aurilândia
Florianópolis	Barra Mansa
Fortaleza	Buíque
Goiânia	Capoeiras
João Pessoa	Carmo do Rio Verde
Joinville	Carpina
Macaé	Chã Grande
Macapá	Diamante
Maceió	Iguatama
Natal	Itambé
Palmas	Mirandiba
Porto Alegre	Moreno
Recife	Nazário
Riachão	Paineiras
Rio Branco	Palmeirina
Rio Grande	Parnamirim
Salvador	Patos
São José dos Campos	Pires do Rio
São Luís	Riacho das Almas
São Paulo	São Sebastião de Lagoa de Roça
Sorocaba	São Sebastião do Paraíso
Teresina	Serra da Saudade
Vitória	Solidão
Campo Grande	Uruana

Fonte: Elaboração do autor

Angelidis e Tessaromatis (2010), para o cálculo do RL e do RSRL, desmembrou as carteiras dos fundos formando quatro carteiras distintas sendo elas: i) a carteira total, ii) uma carteira utilizando somente a parte risco das carteiras de cada fundo; iii) uma carteira utilizando somente as *equity*; e iv) uma carteira utilizando somente os *bonds*. Isso é feito pois de acordo com Bertucci, Souza e Félix (2008a) e Angelidis e Tessaromatis (2010) o RSRL não é uma medida eficiente para calcular perdas de carteiras com grande exposição em renda fixa e assim, usa-se este método somente para a parte de renda variável das carteiras.

Assim, como em Angelidis e Tessaromatis (2010), foi feito um desmembramento das carteiras, porém não foi possível gerar quatro carteiras pois os dados dos fundos dos RPPSs assim como nos fundos de investimentos tratam *equity* como capital de risco, portanto foram

constituídas três carteiras sendo elas: i) A carteira total; ii) uma carteira só com ativos de renda fixa e caixa; e iii) uma carteira só com renda variável.

Angelidis e Tessaromatis (2010) calcularam os índices de *performance* através do IS para os portfólios dos fundos de pensão gregos e para todos os *benchmarks* preestabelecidos. O título livre de risco utilizado foi a média dos retornos do *MSCI World Equity* acrescentado de um risco local.

Neste trabalho foram calculados os IS para todos os RPPSs da amostra e dos *benchmarks* brasileiros, e mundiais supracitados. Além disso foram calculados os IS, as RS e os Sharpes condicionais para as carteiras totalizadas e para as compostas somente de renda variável. O cálculo realizado foi feito pela equação 2.1:

Os cálculos dos indicadores de *performance* foram feitos através do pacote *PerformanceAnalytics* do software estatístico R (PETERSON; CARL, 2014; R Core Team, 2017).

$$IS = \frac{R_p - R_{lr}}{\sigma_p}, \quad (2.1)$$

onde R_p se refere aos retornos do portfólio, R_{lr} é o retorno da taxa livre de risco e σ_p o desvio padrão dos retornos do portfólio.

Após os cálculos dos IS dos portfólios foi calculado o IS dos *benchmarks* que foram utilizados a frente para se obter o RL e o RSRL. Para isso foi utilizado o retorno do *benchmark* como R_b e a taxa livre de risco como R_{lr} .

A título de robustez este trabalho utiliza outros dois indicadores de *performance* sendo eles a RS e o Sharpe condicional.

$$RS = \frac{E(R_p) - MAR}{\sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (\max(MAR - R_t, 0))^2}}, \quad (2.2)$$

em que $E(R_p)$ se refere a média dos retornos do portfólio, MAR é o mínimo aceitável de retorno, T o número de períodos da série e R_t é o retorno do portfólio no período t .

O MAR nesse caso indica o ponto em que rentabilidades inferiores passam a ser desinteressantes para o investidor. A escolha desse ponto deve ser bem entendida para que o indicador não subestime ou superestime o risco do investimento. Para este trabalho foi utilizada a taxa livre de risco como MAR .

Para o cálculo da RS *benchmark* foi utilizado a média dos retornos do *benchmark* como $E(R)$ e para o MAR foi utilizado a taxa livre de risco.

Por fim, esse processo foi feito para o indicador de *performance* Sharpe condicional

através da equação 2.3

$$IS_{\text{cond}}(R_p, \alpha) = \frac{R_p - \alpha}{\frac{1}{1-\alpha} \int_{R_{p\alpha}}^{\infty} r dF_R(R_p)}, \quad (2.3)$$

R_p se refere aos retornos do portfólio, α o nível de confiança a partir do qual será calculada a integral e $dF_{R(R_p)}$ a função densidade de probabilidade dos retornos aplicada no ponto R_p e para o cálculo do Sharpe condicional foi utilizado o retorno do *benchmark* a um nível de confiança de 5%.

Este trabalho calculou, seguindo a proposta de Angelidis e Tassaromatis (2010), o RL para as carteiras totais dos três *benchmarks* selecionados e com as três medidas de *performance* utilizando a equação 2.4:

$$RL_P = (S_B - S_P)\sigma_i, \quad (2.4)$$

onde S_B é o índice de performance do *benchmark* e S_P o índice de performance do portfólio e σ_i a medida de risco associada à carteira em análise.

O RL gera um resultado percentual das perdas por subotimização de um portfólio qualquer, porém para saber a perda financeira basta multiplicar esse percentual pelo valor do patrimônio líquido da carteira (ANGELIDIS; TESSAROMATIS, 2010). Os resultados do RL percentual e financeiro dos fundos RPPS contidos na amostra são demonstrados no próximo capítulo

Como o RSRL não gera boas estimativas para carteiras muito concentradas em títulos públicos que é o caso da amostra desse trabalho foi feito o cálculo do RSRL somente para a parte segregada de renda variável. Neste ponto foi feito o cálculo do RSRL para todos os *benchmarks* indicados utilizando três indicadores de *performance* pela equação 2.5:

$$RSRL_P = 1 - \frac{S_P}{S_B}, \quad (2.5)$$

onde S_P é o índice de performance do portfólio e S_B é o índice de performance do *benchmark*.

O RSRL foi utilizado para estimar as perdas geradas por subotimização dos portfólios seccionados de renda variável frente ao mercado brasileiro, frente a meta atuarial e ao mercado global respectivamente conforme indicado por Angelidis e Tassaromatis (2010). Os resultados dos cálculos do RSRL também são percentuais e assim como no RL pode-se chegar ao valor financeiro multiplicando essa percentagem pelo valor do patrimônio líquido do portfólio aplicado em ativos de renda variável.

Tanto no caso do RL quando no caso do RSRL o valor a ser utilizado do patrimônio líquido para o cálculo das perdas financeiras devem ser deflacionados. Este trabalho utilizou o

índice nacional de preços ao consumidor (INPC) para deflacionar os patrimônios líquidos do ano de 2015 afim de chegar a preços constantes em 2012 e assim apurar a perda financeira real dos RPPSs (LIMA, 2013; ANSILIEIRO, 2010; SANTOS, 2017; IPEA, 2017).

Uma vez apresentados os resultados referentes ao *Return Loss* em termos percentuais nos municípios da amostra, é necessário verificar a existência de evidências estatísticas que corroboram a hipótese de que as perdas são diferentes entre os 30 maiores e 30 menores municípios em termos de patrimônio líquido. Para isso, foi feito um teste de diferenças e médias entre os resultados das perdas dos dois extremos dos RPPSs onde a hipótese nula do teste é que as médias das perdas dos 30 maiores é igual a média das perdas dos 30 menores municípios. Este cálculo foi feito pela função *t.test* do software estatístico R (R Core Team, 2017).

Por fim, foram feitos dois teste de hipótese com auxílio da função *t.test* para testar a significância estatística das perdas dos maiores e dos menores RPPSs municipais para verificar se estas perdas são estatisticamente iguais a zero. A hipótese nula deste teste é que a média é igual a zero.

O próximo capítulo será composto pelas discussões e análises dos resultados, seguindo a metodologia proposta. Espera-se verificar arcabouço legal restritivo, composto pelas Resoluções CMN 3.922/2010 e CMN 4.604/2017, impacte negativamente nas decisões de alocação de investimentos e seja uma possível causa das perdas de ineficiência dos RPPS brasileiros.

3. Discussão e Análise de Resultados

O objetivo deste trabalho é identificar se as carteiras de investimentos dos RPPSs municipais brasileiros são alocadas de forma eficiente e, caso não sejam, identificar as perdas geradas por essa alocação subótima. Levantou-se a hipótese de que a redução das limitações legais poderiam gerar carteiras mais eficientes do ponto de vista da otimização de carteiras. A outra hipótese afirma que os municípios menores perdem mais pela subotimização do que os municípios maiores.

Após a revisão teórica e empírica dos principais autores sobre os temas de otimização de portfólio, medidas de risco e de *performance*, fundos de pensão e dos regimes próprios de previdência social, e após demonstrar as formas de cálculos, procedimentos e base de dados utilizados nesse trabalho. Pode-se então dar início à avaliação dos resultados encontrados para verificar se foram atingidos os objetivos e se pode-se validar as hipóteses concebidas.

Para uma análise crítica, e perceber o tamanho da perda causada pela subdiversificação, é importante conhecer o volume financeiro de que está se tratando. A amostra desse trabalho traz a média de 4 anos dos valores de patrimônio líquido de aproximadamente 21,48% do total financeiro dos RPPSs brasileiros com dados do início do período do estudo (2012).

O patrimônio líquido médio total da amostra representa um valor de aproximadamente R\$ 12 bilhões. Sendo, R\$ 12 bilhões para os maiores e R\$ 11 milhões para os menores RPPSs municipais. Assim, pode-se inferir que os números apresentados são amplificados quando falamos de perda total da população pela subotimização no Brasil e podem chegar na casa de R\$60 bilhões partindo do princípio da proporcionalidade dos resultados.

A hipótese levantada de que os municípios menores têm seus investimentos mais concentrados, parte da heterogeneidade dos dados dos patrimônios líquido entre os maiores e menores patrimônios, e na tabela 3.1 percebe-se claramente que essa hipótese tem sentido uma vez que com valores baixos, fica difícil montar uma carteira com grande diversificação.

A tabela 3.1 apresenta os dados dos patrimônios líquido médio, dos 4 anos estudados nesse trabalho, dos 60 municípios da amostra separados entre os 30 maiores e 30 menores.

Os primeiros resultados desse trabalho abordam as estatísticas descritivas das carteiras de investimentos dos RPPSs da amostra como segue na tabela 3.2.

Tabela 3.1: *Patrimônio líquido médio dos 30 menores e dos 30 maiores municípios considerados na amostra*

30 maiores		30 menores	
Aracaju	R\$ 266.644.641,98	Brazabrantes	R\$ 5.717,13
Belém	R\$ 219.542.630,43	Cuité	R\$ 87.162,35
Belo Horizonte	R\$ 106.579.394,00	Quixadá	R\$ 597.597,42
Boa Vista	R\$ 206.766.819,74	Araguainha	R\$ 323.799,01
Campos dos Goytacazes	R\$ 967.631.690,32	Arraial do Cabo	R\$ 274.229,52
Cuiabá	R\$ 91.327.725,26	Atalaia	R\$ 181.866,47
Curitiba	R\$ 1.261.184.527,79	Aurilândia	R\$ 103.560,67
Florianópolis	R\$ 83.332.428,34	Barra Mansa	R\$ 173.692,85
Fortaleza	R\$ 748.783.996,46	Buíque	R\$ 913.366,73
Goiânia	R\$ 393.284.601,15	Capoeiras	R\$ 719.137,32
João Pessoa	R\$ 56.689.216,25	Carmo do Rio Verde	R\$ 70.881,80
Joinville	R\$ 1.240.437.939,04	Carpina	R\$ 36.567,25
Macaé	R\$ 1.133.392.146,20	Chã Grande	R\$ 99.192,57
Macapá	R\$ 83.429.023,60	Diamante	R\$ 65.034,03
Maceió	R\$ 125.068.868,39	Iguatama	R\$ 506.854,85
Natal	R\$ 178.168.824,48	Itambé	R\$ 156.045,01
Palmas	R\$ 300.444.781,66	Mirandiba	R\$ 12.261,83
Porto Alegre	R\$ 661.662.754,09	Moreno	R\$ 74.424,10
Recife	R\$ 775.341.048,78	Nazário	R\$ 152.408,79
Riachão	R\$ 1.675.659,50	Paineiras	R\$ 281.840,23
Rio Branco	R\$ 139.823.464,65	Palmeirina	R\$ 25.817,59
Rio Grande	R\$ 219.976.749,86	Parnamirim	R\$ 1.958.175,56
Salvador	R\$ 19.677.022,42	Patos	R\$ 516.831,75
São José dos Campos	R\$ 1.758.476.986,15	Pires do Rio	R\$ 680.255,50
São Luís	R\$ 129.973.418,05	Riacho das Almas	R\$ 336.438,33
São Paulo	R\$ 13.354.651,57	São Sebastião de Lagoa de Roça	R\$ 1.102.064,85
Sorocaba	R\$ 437.804.576,30	São Sebastião do Paraíso	R\$ 1.148.939,41
Teresina	R\$ 301.759.819,05	Serra da Saudade	R\$ 130.084,50
Vitória	R\$ 266.225.776,83	Solidão	R\$ 28.708,15
Campo Grande	R\$ 65.372.769,94	Uruana	R\$ 867.376,67
Total	R\$ 12.253.833.952,29	Total	R\$ 11.630.332,21

Fonte: Elaboração do autor.

Percebe-se com os resultados da tabela 3.2 que a maioria dos investimentos dos RPPSs da amostra se encontram investidos em ativos ou fundos de investimentos classificados como renda fixa com a apresentação de uma média de 86,72% com casos extremos de 99,80% da composição da carteira. Esta preferência pela renda fixa pode ou não, ser uma influência do incentivo dos normatizadores ou simplesmente ser uma questão de aversão ao risco, falta de conhecimento ou qualquer outro fator que pode ser estudado posteriormente.

Esse resultado indica a alta concentração dos RPPSs municipais em aplicações de empréstimos públicos ou privados com remuneração em juros. Isso os deixam fragilizados diante de cenários macroeconômicos de alteração de juros, principalmente em situações de alta. Isto pode ser observado na segunda coluna da tabela 3.2, onde fica evidente a baixa participação de ativos de renda variável *vis-à-vis* ativos de renda-fixa. Ainda sobre esta tabela, a indicação de percentual mínimo em renda variável igual a zero indica que há municípios cujos investimentos

são integralmente alocados em ativos de renda-fixa.

Os investimentos em renda variável tiveram uma média de 2% com mediana de 0,20% da composição da carteira, fato que pode explicar possíveis maus resultados nas relações de risco e retorno dos portfólios de investimentos da amostra. Pode-se notar que, a composição de renda variável só existe nos maiores municípios e isso demonstra que o pensamento dos gestores dos municípios maiores é diferente dos menores, podendo gerar mais um indício de que tem sentido a hipótese secundária deste trabalho.

Tabela 3.2: Estatísticas descritivas da participação dos segmentos de renda-fixa e variável na composição das carteiras dos municípios considerados na amostra desconsiderando as disponibilidades financeiras

Todos os municípios		
	% em Renda Fixa	% em Renda Variável
Mínimo	85,00%	0,00%
Máximo	99,80%	15,00%
Média	96,59%	2,00%
Mediana	97,00%	0,20%
Desvio-padrão	2,41%	3,01%
Apenas os maiores		
	% em Renda Fixa	% em Renda Variável
Mínimo	85,00%	0,20%
Máximo	99,80%	15,00%
Média	96,06%	3,94%
Mediana	97,10%	2,90%
Desvio-padrão	3,19%	3,19%
Apenas os menores		
	% em Renda Fixa	% em Renda Variável
Mínimo	95,00%	0,00%
Máximo	99,30%	0,00%
Média	97,18%	0,00%
Mediana	97,00%	0,00%
Desvio-padrão	9,02%	0,00%

Fonte: Elaboração do autor

A tabela 3.2 auxilia a escolha da medida de perdas por subotimização que deve ser utilizada em cada situação. O RL não é adequado para carteiras cuja composição em renda variável é elevada e o RSRL não deve ser utilizado em carteiras cuja composição majoritária esteja em ativos de renda fixa. Assim, de um modo geral, pode-se afirmar que o RL é mais adequado para o estudo das carteiras dos RPPSs da amostra.

O apêndice A contém estatísticas descritivas das séries dos retornos mensais, isto é, foram utilizados os dados dos retornos mensais de cada instituto ao longo de toda a amostra

para calcular elementos necessários para uma análise primária dos dados. Na referida tabela destaca-se o fato de que alguns RPPSs que investiram somente em renda fixa (RF) e ainda assim tiveram prejuízos.

Há de se ponderar acerca dos rendimentos ou prejuízos ao se investir em RF, isso porque há investimentos que pertencem a esta classe e são de alto risco, os Fundos de Investimento em Crédito Privado são exemplos tradicionais. No caso específico dos RPPSs, as Resoluções CMN 3.922/2010 e CMN 4.604/2017 limitam os aportes em diversas ativos classificados como RF. Percebe-se, todavia, que a legislação dá privilégio aos Títulos Públicos Federais (TPF) ou a Fundos de Investimentos que investem em TPF. Ressalta-se o fato de que mesmo investindo em ativos cujo aporte integral do RPPS é liberado ainda há a possibilidade de perdas patrimoniais. Estas perdas podem ser oriundas de aportes inoportunos em ativos cujos rendimentos dependem da correta leitura do cenário econômico.

Antes de calcular as perdas por subotimização foram realizados os testes de normalidade das séries de retornos dos RPPSs. Os resultados encontrados apontam que todas as séries da amostra não apresentam o comportamento de uma distribuição normal e isso, de acordo com a teoria revista, dá indícios da ineficiência da utilização do IS e do modelo de otimização de média e variância. Os gráficos gerados de QQ-Plot estão disponíveis para análise na apêndice B.

Após a comprovação de que nenhuma das séries de retorno dos investimentos dos RPPSs seguiram uma distribuição normal, foi feito o cálculo do RL para os maiores e o menores municípios para buscar a perda por subotimização percentual utilizando-se das medidas de risco (CDI, IPCA+6% e as notas do tesouro americano). Os resultados são apresentados para os três índices de *performance* (IS, RS e Sharpe condicional) e os números foram apresentados nas tabelas 3.4 e 3.6 respectivamente.

Percebe-se que as perdas são bem dispersas umas das outras, mas de uma forma geral as perdas são expressivas, principalmente se tratando de altos montantes como são os RPPSs. A análise da RS que, segundo os estudos de Araújo e Montini (2015), é a que gera melhores parâmetros com dados brasileiros e a comparação dos três indicadores de *performance* pode gerar conclusões bem interessantes sobre a eficiência do método que não serão especificadas por não ser objeto deste estudo.

Na tabela 3.3 apresentam-se as estatísticas descritivas da tabela 3.4 e assim, pode-se analisar mais claramente os resultados obtidos pelos 30 maiores fundos de RPPS.

Iniciando pelo indicador CDI que representa a média da renda fixa no mercado financeiro, percebe-se que há uma variabilidade grande nas médias dos três indicadores de *performance* mas no pior dos casos os RPPSs poderiam ter 11,49% a menos de déficit se tivessem trabalhado com uma otimização eficiente. O desvio padrão neste caso indica a variabilidade das eficiências nas carteiras podendo ser mais eficientes (desvio padrão para baixo) ou menos

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas das perdas percentuais dos 30 maiores municípios da amostra calculadas via Return Loss para todos os benchmarks e medidas de performance

	CDI		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	1,66%	0,92%	0,12%
Máximo	94,94%	94,90%	94,99%
Média	23,04%	11,49%	27,67%
Mediana	11,10%	6,94%	11,46%
Desvio-Padrão	30,58%	18,68%	32,13%
Assimetria	2,04	3,81	1,47

	IPCA+6%		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	0,00%	0,91%	6,10%
Máximo	94,09%	94,64%	96,19%
Média	22,07%	24,85%	33,76%
Mediana	11,11%	11,91%	19,34%
Desvio-Padrão	28,51%	30,07%	30,67%
Assimetria	2,04	1,94	1,29

	Notas-USA		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	0,19%	0,60%	0,12%
Máximo	94,60%	94,42%	194,96%
Média	28,74%	20,02%	30,71%
Mediana	11,46%	7,00%	11,19%
Desvio-Padrão	32,77%	30,23%	43,50%
Assimetria	1,53	1,89	2,64

Fonte: Elaboração do autor.

eficientes (desvio padrão para cima). Ve-se um desvio padrão neste caso que varia entre 18,68% a 32,13% de acordo com o indicador utilizado.

A amplitude se refere à distância entre o maior e o menor valor de uma série de dados. No caso do IS tem-se uma amplitude de 93,28%, no caso da RS de 93,98% e no caso do Sharpe condicional a amplitude é de 94,87%. Observa-se, portanto, que, mesmo dentro da norma, é possível obter carteiras mais eficiente. Esta interpretação decorre do fato de amplitudes elevadas terem sido encontradas segundo várias medidas de *performance*, isso indica que para uma mesma medida de risco houveram RPPSs com carteiras mais eficientes que outros.

A assimetria é uma das medidas estatísticas que descrevem a disposição dos dados em torno da média. Nos três casos do *benchmark* CDI foram encontradas medidas positivas, isso indica que a maior parte dos RPPSs está com distância positiva em relação à curva de eficiência. Pode-se inferir que a maior parte da amostra desloca a curva de eficiência para a direita, sendo necessários demasiados incrementos de risco para elevações pontuais de retorno.

Quando se analisa o *benchmark* IPCA+6% a.a as conclusões são semelhantes, porém se destacam os resultados dos municípios de Recife e Vitória que apresentaram resultados de perdas por subotimização respectivamente de 0,00% e 0,19% para o *benchmark* do IS.

A existência de RPPSs com perdas de subotimização pífias contrariam a hipótese principal do trabalho. Estes resultados diferem dos achados de Ferreira *et al.* (2010), Angelidis e Tessaromatis (2010), Trintinalia e Serra (2017), que realizaram estudos com base na metodologia tradicional de Markowitz e concluíram que a ineficiência das carteiras deveria ser atribuída à legislação restritiva. Há de se ressaltar, todavia, que as comparações deste trabalho com os supracitados devem ser realizadas com cautela, isso porque a metodologia mais robusta considerada neste trabalho não foi considerada pelos referidos trabalhos.

Poderia-se alegar que os resultados dos outros *benchmarks* indicaram carteiras ineficientes para estes municípios porém uma vez que os modelos utilizados nos estudos de Ferreira *et al.* (2010), Angelidis e Tessaromatis (2010), Trintinalia e Serra (2017) o indicador de eficiência a ser comparado deve ser o IS tradicional.

Ao analisar os dados do *benchmark* internacional percebe-se um aumento nos estimadores de desvio padrão isso pode ser explicado pela estabilidade do *benchmark* frente às oscilações dos resultados dos RPPSs brasileiros. Isso já era esperado conforme revisado no artigo de Angelidis e Tessaromatis (2010).

Em seguida os dados dos cálculos completos do RL na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Perdas percentuais calculadas via Return Loss para a carteira total dos 30 maiores municípios da amostra de acordo com cada benchmark e medida de performance

	Return Loss									
	CDI			IPCA+6			Notas-USA			
	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe
Belém	9,01%	1,41%	0,12%	6,11%	0,91%	19,19%	10,61%	1,90%		0,12%
Belo Horizonte	6,66%	19,00%	94,91%	9,01%	0,94%	11,91%	4,44%	11,49%		10,69%
Boa Vista	19,11%	4,44%	19,69%	94,06%	19,11%	11,94%	11,01%	6,69%		11,12%
Campos dos Goytacazes	9,94%	10,11%	11,46%	11,49%	6,11%	19,02%	10,02%	94,11%		19,64%
Cuiabá	94,19%	10,41%	40,42%	10,11%	11,01%	49,40%	11,40%	46,12%		11,60%
Curitiba	11,00%	10,19%	19,20%	19,66%	94,04%	40,09%	19,11%	11,44%		10,10%
Florianópolis	11,41%	11,11%	46,11%	19,00%	19,19%	44,70%	19,41%	19,44%		66,19%
Fortaleza	11,60%	94,90%	40,49%	94,09%	10,05%	19,00%	19,20%	10,96%		49,69%
Goiânia	11,91%	19,47%	19,19%	19,12%	4,01%	94,04%	94,41%	10,69%		44,09%
João Pessoa	10,10%	1,01%	1,96%	6,01%	19,01%	19,94%	11,46%	1,10%		4,41%
Joinville	4,91%	4,00%	1,60%	1,10%	11,91%	11,19%	9,95%	7,00%		1,00%
Macaé	11,09%	11,02%	19,61%	10,65%	19,00%	41,64%	19,12%	94,41%		94,10%
Macapá	11,01%	41,49%	6,10%	64,90%	19,10%	96,19%	41,10%	64,06%		194,96%
Maceió	19,41%	4,04%	10,10%	94,00%	94,19%	11,05%	11,09%	9,19%		11,19%
Natal	10,20%	9,19%	11,19%	19,01%	19,64%	19,67%	11,19%	0,60%		19,60%
Palmas	10,70%	0,92%	11,12%	19,10%	19,90%	19,49%	94,60%	11,60%		19,50%
Porto Alegre	94,94%	6,20%	94,99%	11,11%	19,91%	94,20%	10,41%	4,47%		10,95%
Recife	1,66%	9,95%	6,01%	0,00%	10,00%	6,10%	4,95%	0,90%		0,60%
Riachão	11,45%	11,19%		19,19%	10,12%		19,66%	19,11%		
Rio Branco	11,10%	11,19%	10,11%	10,90%	94,64%	44,19%	19,92%	94,42%		94,95%

Tabela 3.4 – Continuação da página anterior

	Return Loss									
	CDI			IPCA+6%			Notas-USA			
	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	SharpeC
Salvador	11,05%	1,95%	19,44%	9,04%	10,00%		94,50%	1,41%		41,61%
São José dos Campos	11,11%	1,41%	10,01%	10,94%	10,00%	94,94%	94,11%	1,01%		11,02%
São Luis	94,94%	6,94%	94,40%	11,49%	11,10%	10,12%	10,12%	4,20%		10,49%
São Paulo	11,92%	1,19%		10,11%	11,91%		94,60%	1,99%		
Teresina	11,11%	1,44%	9,40%	0,19%	19,60%	11,01%	19,19%	1,06%		10,10%
Vitoria	6,46%	1,41%	0,12%	4,10%	94,44%	11,01%	0,19%	4,40%		0,97%

Obs: Os valores ausentes se devem a alguns casos específicos em que o cálculo da medida de *performance* não convergiu. Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que alguns dados gerados nas tabelas 3.4 e na tabela 3.6 estão em branco no campo do indicador de *performance* do Sharpe condicional. Isso ocorre porque o Sharpe condicional não pode ser calculado em situações em que a série possui *missings* e assim, para não perder itens na base inteira foram mantidos os outros resultados e retirados os cálculos desses município para este indicador.

Para o estudo dos investimentos dos 30 menores RPPSs utiliza-se o método do RL. Segue a tabela 3.5 que contém as estatísticas descritivas das perdas por subotimização desses municípios.

Tabela 3.5: *Estatísticas descritivas das perdas percentuais calculadas via Return Loss dos 30 menores municípios da amostra segundo cada benchmark e medida de performance*

	CDI		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Minimo	0,25%	0,08%	0,21%
Máximo	41,11%	44,27%	82,42%
Média	12,82%	12,95%	23,97%
Mediana	10,27%	10,19%	21,01%
Desvio-Padrão	9,33%	10,56%	21,64%
Assimetria	1,04	0,93	1,42
	IPCA+6%		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Minimo	0,21%	1,08%	0,18%
Máximo	46,13%	46,02%	99,25%
Média	12,54%	13,87%	27,18%
Mediana	11,08%	11,00%	18,95%
Desvio-Padrão	10,95%	10,06%	25,73%
Assimetria	1,53	1,54	1,28
	Notas-USA		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Minimo	0,30%	0,09%	0,61%
Máximo	46,71%	69,62%	102,20%
Média	13,84%	15,13%	26,38%
Mediana	12,40%	11,81%	14,49%
Desvio-Padrão	9,18%	15,61%	28,27%
Assimetria	1,37	2,37	1,54

Fonte: Elaboração do autor.

Contrariando a hipótese secundária deste trabalho as perdas por ineficiência dos portfólios dos 30 menores RPPSs brasileiros foram inferiores às perdas dos 30 maiores.

As médias das perdas para o CDI foram de 12,82% para o IS, 12,95% para a RS e 23,97% para o Sharpe condicional. Isso pode ser explicado pelas altas taxas de juros praticadas no período (média de 10,33%, mínimo de 7,25% e máximo de 14,25%) que beneficiam os

investimentos em renda fixa gerando altas relações de risco e retorno(BACEN, 2017).

Há de ressaltar que o período analisado apresentou forte fuga de capital estrangeiro no Brasil e isso gerou uma forte alta de juros para atrair de volta este capital no período causando prejuízos para investimentos em renda variável e até mesmo, numa escala menor, para renda fixa(CHADE, 2013; CANZIAN, 2015).

A oscilação no indicador do Sharpe condicional, tanto para os 30 maiores quanto para os 30 menores, da perda por ineficiência e do desvio padrão em relação aos resultados indicados pelo IS e o RS neste período, corrobora com essa justificativa pois ele é o único indicador que, por conceito, capta a oscilação da perda máxima conforme visto no referencial teórico.

Considerando que eles são comparáveis em termos de valores de patrimônio líquido e que as opções de investimentos para eles é mais restrita. Seria natural verificar desvios-padrão menores nos RPPSs com menos recursos como foi encontrado nos resultados, isso porque investimentos em ativos em renda variável são, em geral, mais voláteis e incompatíveis com as responsabilidades atuariais dos mesmos.

Tendo menos opções de investimentos para escolher, também era de se esperar que a amplitude das perdas por ineficiência fossem menores. Porém valores como 40,86%, 44,19% e 82,21% fazem acreditar que existem boas e más gestões de recursos no que diz respeito à otimização de carteiras de investimentos mesmo nos 30 menores RPPSs.

Outro fator a se destacar é o menor grau de assimetria que ressalta a maior homogeneidade das carteiras de investimentos em relação aos maiores, isto provavelmente acontece devido à limitação de recursos, e por consequência, uma menor abrangência de opções de investimentos no mercado.

Maiores ou menores perdas, o principal é que os números de uma forma geral apresentaram perdas por subotimização, calculadas pelo RL, sendo consideráveis para a grande maioria dos RPPSs em todos os modelos e para todos os *benchmarks*.

Ressalta-se que parcela considerável dos municípios apresentaram perdas elevadas nas situações em que o *benchmark* utilizado foi o IPCA+6%, que é uma medida utilizada como meta atuarial dos RPPS. Perdas acentuadas nesse *benchmark* indicam que os RPPSs enfrentam dificuldades para atingir as metas atuariais devido as carteiras estarem subdiversificadas, gerando déficits financeiros e atuariais para o fundo.

Segue na tabela 3.6 os resultados do RL para os 30 menores RPPSs.

Tabela 3.6: Perdas percentuais calculadas via Return Loss para a carteira total dos 30 menores municípios da amostra de acordo com cada benchmark e medida de performance

	CDI			IPCA+6%			Notas-USA		
	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
Cuité	1,27%	9,13%	19,18%	1,28%	1,19%	0,18%	1,88%	11,23%	21,02%
Quixadá	9,61%	1,26%	1,66%	6,41%	10,12%	19,29%	11,21%	1,21%	1,99%
Araguainha	0,25%	11,95%	16,12%	1,26%	1,22%	2,23%	0,30%	14,12%	19,63%
Arraial do Cabo	20,62%	9,84%	29,13%	17,41%	21,21%	49,28%	24,76%	11,81%	12,19%
Atalaia	18,12%	9,14%	21,42%	12,11%	19,76%	19,09%	22,01%	11,21%	22,70%
Aurilândia	12,19%	26,63%	49,92%	18,14%	12,49%	12,18%	18,23%	11,99%	29,90%
Barra Mansa	8,88%	1,91%		2,78%	7,11%		10,66%	2,12%	
Buíque	1,72%	7,29%	10,90%	0,21%	4,71%	2,11%	4,46%	8,72%	11,08%
Capoeiras	22,83%	12,20%		22,77%	21,78%		11,03%	18,60%	
Carmo do Rio Verde	17,12%	29,11%	21,01%	20,28%	17,20%	18,29%	20,25%	14,91%	61,61%
Carpina	11,68%	22,49%	27,69%	16,80%	14,85%	19,62%	16,42%	10,29%	69,21%
Cha Grande	6,15%	17,77%	17,90%	9,49%	7,01%	19,88%	7,62%	21,12%	42,49%
Diamante	9,21%	1,81%	0,21%	6,02%	8,87%	21,49%	11,02%	2,17%	0,61%
Iguatama	10,27%	0,86%	4,07%	7,22%	14,14%	18,81%	12,69%	1,02%	4,88%
Itambé	8,10%	19,95%	29,19%	11,42%	9,64%	14,61%	9,96%	21,91%	71,02%
Mirandiba	18,93%	22,29%	82,42%	42,04%	40,18%	71,18%	46,71%	62,72%	102,20%
Moreno	7,30%	2,12%	2,70%	4,03%	9,61%	12,42%	8,72%	2,82%	1,24%
Nazário	21,17%	10,19%	22,21%	17,81%	22,43%	40,70%	22,41%	12,23%	10,28%
Paineiras	16,40%	2,12%	12,61%	11,08%	20,12%	10,82%	19,68%	6,18%	18,76%
Palmeirina	0,41%	11,62%	26,21%	1,23%	1,08%	2,21%	0,50%	11,94%	11,42%
Parnamirim	29,13%	18,94%	49,02%	22,89%	10,72%	68,75%	14,92%	22,71%	28,82%

Tabela 3.6 – Continuação da página anterior

	CDI			IPCA+6%			Notas-USA		
	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
Patos	41,11%	28,02%		46,13%	46,02%	99,25%	21,97%	69,62%	
PiresdoRio	28,16%	17,22%	46,02%	22,12%	10,19%	62,18%	14,01%	21,06%	22,25%
RiachodasAlm	7,25%	19,15%	28,74%	10,91%	2,26%	12,71%	9,03%	22,98%	14,49%
São Sebastião	19,02%	7,89%	26,41%	12,84%	19,64%	47,22%	22,84%	9,47%	11,69%
SaoSebastiao__1	6,22%	4,01%	4,12%	2,88%	10,41%	10,02%	7,47%	4,81%	4,94%
SerradaSauda	1,09%	8,41%	10,13%	0,21%	7,01%	1,92%	1,71%	10,12%	12,12%
Solidao	11,27%	44,27%	79,90%	14,68%	11,00%	66,47%	17,88%	21,48%	92,88%
Uruana	10,07%	1,72%	1,27%	6,63%	16,21%	17,22%	12,08%	2,06%	4,29%
RioGrande	11,78%	0,08%	7,06%	8,11%	19,47%	20,80%	14,12%	0,09%	8,47%

Fonte: Elaboração própria.

É necessário pontuar que o IS tradicional deve ser interpretado com cuidado uma vez que (SORTINO; PRICE, 1994; SORTINO; SATCHELL, 2001; KEATING; SHADWICK, 2002; AGARWAL; NAIK, 2004) indicaram imprecisão do indicador de *performance* para séries não normais.

As análises das tabelas 3.4 e 3.6 indicam perdas por subotimização tanto nos 30 maiores como nos 30 menores municípios em termos de patrimônio líquido, porém tais resultados não indicam significância estatística nessas perdas. Para isso, foi feito um teste estatístico de diferença e média e os resultados encontram-se nas tabelas 3.7 e 3.9. Para este teste foi usado um nível de significância estatística de 1% e sua hipótese nula H_0 é de que não há diferença estatística entre os valores das médias das perdas pela subotimização e zero.

Tabela 3.7: *p-valores dos testes de comparação de média para as perdas dos 30 maiores municípios calculadas pelo Return Loss para cada benchmark e medida de performance*

Return Loss					
CDI			IPCA+6%		
Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Notas-USA		
Sharpe	Sortino	SharpeC
<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fonte: Elaboração própria

Todas as hipóteses nulas foram rejeitadas devido ao baixo p-valor e com isso os resultados encontrados corroboram com os números achados na tabela 3.4 e confirmam que há diferença estatística das perdas encontradas pelo método RL e zero. Assim, podemos inferir que existem perdas substanciais ou significativas dos 30 maiores RPPSs por causa da subotimização de seus portfólios.

Com a indicação estatística das perdas financeiras por subotimização, calcula-se os valores monetários perdidos pela subotimização de cada município no período estudado por meio da multiplicação do percentual da perda pelo valor do patrimônio líquido deflacionado para 2012. As perdas financeiras são calculadas, no caso das carteiras de renda fixa, multiplicando o valor percentual da perda pelo valor investido no segmento, o mesmo vale para as carteiras de renda variável.

Torna-se possível, portanto, estimar o montante financeiro que poderia ser ganho caso as carteiras fossem eficientes. Com essas informações fica a evidência do custo que a subotimização causa aos 30 maiores RPPSs municipais brasileiros e o quão isso poderia suavizar os déficits previdenciários desses municípios.

Na tabela 3.8 são apresentadas as perdas por subotimização calculadas pelo RL em valores monetários dos 30 maiores RPPSs contidos na amostra.

Tabela 3.8: *Perdas em valores monetários referentes a todo o período considerado calculadas para as carteiras totais dos 30 maiores municípios da amostra calculadas pelo Return Loss para todos de acordo com todos os benchmarks medidas de performance*

Return Loss			
	Sharpe	CDI Sortino	SharpeC
Aracaju	R\$ 396.021.418,60	R\$ 19.738.345,03	R\$ 395.777.450,66
Belém	R\$ 27.552.953,09	R\$ 4.314.305,53	R\$ 364.193,59
Belo Horizonte	R\$ 18.721.296,88	R\$ 53.415.741,15	R\$ 266.758.969,15
BoaVista	R\$ 64.145.076,10	R\$ 14.905.903,17	R\$ 66.085.343,20
Campos dos Goytacazes	R\$ 119.712.988,57	R\$ 121.748.840,14	R\$ 138.021.224,56
Cuiaba	R\$ 131.260.821,37	R\$ 14.506.968,52	R\$ 56.324.689,28
Curitiba	R\$ 212.594.022,50	R\$ 196.937.705,83	R\$ 370.847.518,86
Florianópolis	R\$ 12.245.688,80	R\$ 11.921.674,44	R\$ 49.483.806,11
Fortaleza	R\$ 92.531.948,20	R\$ 756.740.453,65	R\$ 322.909.356,31
Goiânia	R\$ 60.272.855,88	R\$ 98.507.047,72	R\$ 97.134.808,68
JoaoPessoa	R\$ 10.277.070,61	R\$ 1.024.396,65	R\$ 1.999.061,83
Joinville	R\$ 78.075.521,84	R\$ 63.715.030,45	R\$ 25.476.569,52
Macaé	R\$ 188.084.383,93	R\$ 186.821.176,02	R\$ 332.450.178,13
Macapá	R\$ 9.839.275,87	R\$ 37.091.192,57	R\$ 5.453.213,61
Maceió	R\$ 33.753.138,41	R\$ 7.028.756,11	R\$ 17.574.181,83
Natal	R\$ 29.356.737,82	R\$ 26.461.168,62	R\$ 32.223.917,95
Palmas	R\$ 45.924.035,12	R\$ 3.947.512,95	R\$ 47.725.043,32
PortoAlegre	R\$ 1.001.249.481,69	R\$ 65.379.211,04	R\$ 1.001.773.618,99
Recife	R\$ 19.071.609,12	R\$ 114.023.705,82	R\$ 68.832.877,68
Riachao	R\$ 242.822,94	R\$ 237.343,16	R\$ -
RioBranco	R\$ 26.564.925,79	R\$ 26.770.806,11	R\$ 24.188.665,86
Salvador	R\$ 1.980.373,84	R\$ 348.874,32	R\$ 3.485.337,07
São JosedosCa	R\$ 218.393.679,63	R\$ 27.750.219,32	R\$ 196.758.005,36
São Luis	R\$ 213.672.537,30	R\$ 15.620.299,61	R\$ 212.461.375,06
São Paulo	R\$ 3.384.629,02	R\$ 339.218,24	R\$ -
Teresina	R\$ 43.202.967,29	R\$ 5.604.094,15	R\$ 36.569.159,13
Vitoria	R\$ 22.392.715,45	R\$ 4.891.029,87	R\$ 414.212,31
Total	R\$ 3.080.524.975,66	R\$ 1.879.791.020,20	R\$ 3.771.092.778,04
	Sharpe	IPCA+6% Sortino	SharpeC
Aracaju	R\$ 48.027.385,66	R\$ 47.096.040,03	R\$ 42.884.867,96
Belém	R\$ 18.681.007,19	R\$ 2.782.285,67	R\$ 58.683.875,30
vitoria	R\$ 25.327.084,06	R\$ 2.643.136,14	R\$ 33.475.656,51
Boa Vista	R\$ 315.705.723,89	R\$ 64.139.940,99	R\$ 40.077.742,48
Campos dos Goytacazes	R\$ 138.436.124,42	R\$ 73.608.967,26	R\$ 229.056.033,96
Cuiabá	R\$ 14.089.028,21	R\$ 15.345.162,36	R\$ 68.845.033,88

Curitiba	R\$ 379.795.061,82	R\$ 1.816.748.979,20	R\$ 774.549.638,11
Florianópolis	R\$ 20.390.926,67	R\$ 20.598.043,46	R\$ 47.968.891,69
Fortaleza	R\$ 750.312.717,89	R\$ 80.134.586,82	R\$ 151.542.673,91
Goiânia	R\$ 96.750.569,60	R\$ 20.274.443,45	R\$ 475.904.411,91
João Pessoa	R\$ 6.114.897,40	R\$ 19.341.496,65	R\$ 20.287.629,62
Joinville	R\$ 17.518.418,59	R\$ 189.531.962,96	R\$ 178.095.114,59
Macaé	R\$ 180.544.977,31	R\$ 322.186.677,48	R\$ 705.963.852,84
Macapá	R\$ 58.022.177,03	R\$ 17.074.653,85	R\$ 85.990.456,63
Maceió	R\$ 163.495.676,02	R\$ 163.826.145,62	R\$ 19.217.781,07
Natal	R\$ 54.736.933,87	R\$ 56.560.484,85	R\$ 56.633.991,21
Palmas	R\$ 82.002.100,91	R\$ 85.417.406,50	R\$ 83.676.059,91
Porto Alegre	R\$ 117.186.978,00	R\$ 209.982.271,93	R\$ 993.425.915,04
Recife	R\$ 5.661,69	R\$ 114.612.452,60	R\$ 69.958.259,52
Riachão	R\$ 406.987,46	R\$ 214.606,50	R\$ -
Rio Branco	R\$ 26.087.759,97	R\$ 226.416.184,89	R\$ 105.716.199,18
Salvador	R\$ 1.620.782,47	R\$ 1.793.575,55	R\$ -
SaoJosedosCa	R\$ 215.034.030,86	R\$ 196.561.465,71	R\$ 1.865.985.564,02
São Luis	R\$ 25.868.863,45	R\$ 24.991.128,11	R\$ 22.773.878,62
São Paulo	R\$ 2.871.147,57	R\$ 3.381.934,25	R\$ -
Teresina	R\$ 738.996,90	R\$ 76.215.145,37	R\$ 42.820.104,02
Vitoria	R\$ 14.214.091,18	R\$ 327.362.481,51	R\$ 38.164.736,39
Total	R\$ 2.773.986.110,08	R\$ 4.178.841.659,70	R\$ 6.211.698.368,36

		Notas-USA	
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Cuiabá	R\$ 42.525.813,81	R\$ 27.965.238,72	R\$ 80.006.078,46
Curitiba	R\$ 32.426.998,16	R\$ 5.812.697,12	R\$ 365.055,77
Florianópolis	R\$ 12.482.014,79	R\$ 32.297.192,77	R\$ 30.057.372,74
Fortaleza	R\$ 36.952.710,89	R\$ 22.469.108,32	R\$ 37.319.149,85
Goiânia	R\$ 120.675.597,19	R\$ 1.133.425.041,72	R\$ 236.540.417,90
João Pessoa	R\$ 15.891.681,47	R\$ 64.267.999,41	R\$ 16.165.924,84
Joinville	R\$ 369.189.430,99	R\$ 221.077.623,08	R\$ 195.120.244,02
Macaé	R\$ 20.825.913,77	R\$ 20.861.923,12	R\$ 71.032.086,36
Macapá	R\$ 153.075.058,30	R\$ 87.397.319,01	R\$ 396.246.601,40
Maceió	R\$ 477.737.758,09	R\$ 54.100.862,00	R\$ 223.135.212,38
Natal	R\$ 11.659.599,15	R\$ 1.119.497,15	R\$ 4.488.431,34
Palmas	R\$ 158.317.157,82	R\$ 111.326.610,17	R\$ 15.986.101,78
Porto Alegre	R\$ 324.143.013,72	R\$ 1.600.616.144,07	R\$ 1.595.345.696,87
Recife	R\$ 36.745.715,13	R\$ 57.267.279,25	R\$ 174.285.768,49
Riachão	R\$ 19.290.908,77	R\$ 15.992.363,71	R\$ 19.466.231,59
Rio Branco	R\$ 32.218.430,16	R\$ 1.730.701,76	R\$ 56.436.048,04
Salvador	R\$ 406.060.008,52	R\$ 49.797.881,42	R\$ 83.682.545,43
São JosedosCa	R\$ 109.794.743,66	R\$ 47.099.695,67	R\$ 115.441.400,39
São Luis	R\$ 56.685.629,13	R\$ 10.326.866,79	R\$ 6.923.518,21
São Paulo	R\$ 417.048,28	R\$ 405.288,70	R\$ -
Teresina	R\$ 47.652.013,83	R\$ 225.879.116,17	R\$ 227.139.275,55
Vitoria	R\$ 16.940.814,19	R\$ 252.072,13	R\$ 7.458.739,18

Total	R\$ 1.849.647.399,81	R\$ 19.858.560,79	R\$ 216.579.697,28
-------	----------------------	-------------------	--------------------

Fonte: Elaboração do autor.

Começando a análise pelo CDI pode-se perceber que a perda utilizando o IS é próxima de 3 bilhões de reais no período de 4 anos. Ao utilizar a regra de proporcionalidade, projeta-se que o sistema previdenciário público municipal brasileiro deixou de ganhar algo próximo a 15 bilhões de reais nesse período devido a ineficiência das carteiras de investimentos de diversos RPPSs.

Quando comparado com a meta atuarial de IPCA+6% a perda foi de quase 3 bilhões de reais. Esse número cairia bastante se fosse permitido na legislação brasileira investimentos internacionais e assim teríamos uma perda por subotimização frente ao um *benchmark* internacional de apenas 16 milhões. Pode-se inferir com isso que a decisão da não diversificação internacional é assertiva, uma vez que as rentabilidades fora do Brasil são muito menores do que as rentabilidades domésticas principalmente na renda fixa.

Feito o trabalho para o 30 maiores RPPSs, repete-se o processo para os 30 menores e assim a tabela 3.9 traz os testes de diferença e média para estes Institutos. O nível de significância estatística é de 1% e a hipótese nula H_0 é de que não há diferença estatística entre os valores das médias das perdas por ineficiência.

Tabela 3.9: *p-valores dos testes de comparação de média para as perdas dos 30 menores municípios calculadas pelo Return Loss para todos os benchmarks e medidas de performance*

Return Loss					
CDI			IPCA+6%		
Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Notas-USA					
Sharpe		Sortino		SharpeC	
<0,0001		<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração própria

Assim como para os 30 maiores, pode-se rejeitar todas as hipóteses nulas devido ao baixo p-valor e, então inferir que existe perdas significativas pelo método RL. Este resultado complementa a análise dos dados da tabela 3.6 e indica que há perdas por subotimização nos 30 menores RPPSs da amostra. A tabela 3.10 apresenta as perdas monetárias dos 30 menores RPPSs.

Tabela 3.10: Perdas em valores monetários calculados para as carteiras totais via *Return Loss* para os 30 menores municípios da amostra de acordo com todos os benchmarks e todas as medidas de performance

	CDI		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Brazabrantes	R\$ 286,40	R\$ 627,58	R\$ -
Cuité	R\$ 3.199,98	R\$ 22.968,18	R\$ 48.282,30
Quixadá	R\$ 13.060,44	R\$ 1.713,19	R\$ 2.259,69
Araguainha	R\$ 794,28	R\$ 38.434,85	R\$ 51.860,90
Arraial do Cabo	R\$ 47.471,13	R\$ 22.663,08	R\$ 67.065,13
Atalaia	R\$ 1.980,98	R\$ 999,41	R\$ 2.341,59
Aurilândia	R\$ 28.035,29	R\$ 61.249,42	R\$ 114.820,28
Barra Mansa	R\$ 4.765,38	R\$ 1.025,18	R\$ -
Buíque	R\$ 1.971,25	R\$ 8.364,28	R\$ 12.498,09
Capoeiras	R\$ 17.061,51	R\$ 9.120,04	R\$ -
Carmo do Rio Verde	R\$ 7.327,85	R\$ 12.456,64	R\$ 8.991,43
Carpina	R\$ 1.933,87	R\$ 3.724,03	R\$ 4.585,45
ChaGrande	R\$ 237,25	R\$ 685,53	R\$ 690,71
Diamante	R\$ 188,00	R\$ 36,88	R\$ 4,22
Iguatama	R\$ 12.659,12	R\$ 1.062,08	R\$ 5.015,11
Itambé	R\$ 1,09	R\$ 2,67	R\$ 3,91
Mirandiba	R\$ 2.018,03	R\$ 2.376,69	R\$ 8.787,24
Moreno	R\$ 1.076,93	R\$ 313,09	R\$ 399,13
Nazário	R\$ 6.868,01	R\$ 3.304,93	R\$ 7.205,54
Paineiras	R\$ 41.852,50	R\$ 5.404,75	R\$ 32.181,46
Palmeirina	R\$ 66,25	R\$ 1.867,99	R\$ 4.213,54
Parnamirim	R\$ 11.371,91	R\$ 7.395,82	R\$ 19.138,82
Patos	R\$ 7.948,62	R\$ 5.418,14	R\$ -
Pires do Rio	R\$ 69.081,50	R\$ 42.244,18	R\$ 112.891,84
RiachodasAlm	R\$ 8.937,00	R\$ 23.613,72	R\$ 35.445,75
São Sebastião	R\$ 42.394,54	R\$ 17.594,95	R\$ 58.879,33
São Sebastião__1	R\$ 19.193,38	R\$ 12.358,35	R\$ 12.709,58
SerradaSauda	R\$ 2.679,53	R\$ 20.657,56	R\$ 24.867,43
Solidão	R\$ 6.566,37	R\$ 25.791,31	R\$ 46.552,08
Uruana	R\$ 10.628,01	R\$ 1.816,27	R\$ 1.342,71
Rio Grande	R\$ 10.570,25	R\$ 70,16	R\$ 6.335,49
Totais	R\$ 382.226,63	R\$ 355.360,97	R\$ 689.368,77
	IPCA+6%		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Brazabrantes	R\$ 323,34	R\$ 344,61	R\$ -
Cuité	R\$ 3.227,17	R\$ 3.000,29	R\$ 455,99
Quixadá	R\$ 8.716,24	R\$ 13.755,64	R\$ 26.212,13
Araguainha	R\$ 4.060,88	R\$ 3.925,71	R\$ 7.161,39
Arraial do Cabo	R\$ 40.091,69	R\$ 48.842,62	R\$ 113.474,85
Atalaia	R\$ 1.323,71	R\$ 2.160,51	R\$ 2.087,07

Aurilândia	R\$ 41.732,69	R\$ 28.738,78	R\$ 28.010,77
Barra Mansa	R\$ 1.490,20	R\$ 3.816,35	R\$ -
Buíque	R\$ 240,47	R\$ 5.404,77	R\$ 2.421,37
Capoeiras	R\$ 17.019,16	R\$ 16.279,78	R\$ -
Carmo do Rio Verde	R\$ 8.677,82	R\$ 7.358,50	R\$ 7.827,38
Carpina	R\$ 2.781,45	R\$ 2.458,34	R\$ 3.248,25
ChaGrande	R\$ 366,14	R\$ 270,46	R\$ 766,89
Diamante	R\$ 122,94	R\$ 181,15	R\$ 438,77
Iguatama	R\$ 8.900,17	R\$ 17.427,25	R\$ 23.176,36
Itambé	R\$ 1,53	R\$ 1,29	R\$ 1,96
Mirandiba	R\$ 4.482,12	R\$ 4.283,93	R\$ 7.588,55
Moreno	R\$ 594,80	R\$ 1.418,72	R\$ 1.833,05
Nazário	R\$ 5.777,84	R\$ 7.275,37	R\$ 13.202,53
Paineiras	R\$ 28.269,60	R\$ 51.350,19	R\$ 27.620,46
Palmeirina	R\$ 197,13	R\$ 173,78	R\$ 355,50
Parnamirim	R\$ 8.937,34	R\$ 4.184,28	R\$ 26.840,91
Patos	R\$ 8.919,23	R\$ 8.897,87	R\$ 19.190,64
PiresdoRio	R\$ 54.260,06	R\$ 24.988,78	R\$ 152.538,35
RiachodasAlm	R\$ 13.455,94	R\$ 2.788,34	R\$ 15.673,76
SaoSebastiao	R\$ 28.634,76	R\$ 43.789,12	R\$ 105.278,54
SaoSebastiao__1	R\$ 8.899,64	R\$ 32.119,90	R\$ 30.924,14
Serra da Saudade	R\$ 516,00	R\$ 17.208,23	R\$ 4.725,62
Solidão	R\$ 8.550,72	R\$ 6.409,90	R\$ 38.728,21
Uruana	R\$ 6.994,43	R\$ 17.108,27	R\$ 18.173,74
Rio Grande	R\$ 7.273,71	R\$ 17.468,83	R\$ 18.659,67
Totais	R\$ 324.838,92	R\$ 393.431,53	R\$ 696.616,87

		Notas-USA	
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Brazabrantes	R\$ 351,16	R\$ 744,61	R\$ -
Cuité	R\$ 4.738,38	R\$ 28.256,44	R\$ 52.905,23
Quixadá	R\$ 15.236,87	R\$ 1.648,21	R\$ 2.707,56
Araguainha	R\$ 952,61	R\$ 45.414,14	R\$ 63.133,63
Arraial do Cabo	R\$ 57.020,61	R\$ 27.195,70	R\$ 28.072,14
Atalaia	R\$ 2.406,04	R\$ 1.225,80	R\$ 2.481,91
Aurilândia	R\$ 41.922,58	R\$ 27.580,77	R\$ 68.781,70
Barra Mansa	R\$ 5.718,65	R\$ 1.136,00	R\$ -
Buíque	R\$ 5.117,82	R\$ 10.006,86	R\$ 12.703,86
Capoeiras	R\$ 8.242,41	R\$ 13.904,01	R\$ -
Carmo do Rio Verde	R\$ 8.664,96	R\$ 6.381,08	R\$ 26.365,99
Carpina	R\$ 2.718,01	R\$ 1.704,48	R\$ 11.459,40
ChaGrande	R\$ 293,96	R\$ 814,92	R\$ 1.639,21
Diamante	R\$ 224,99	R\$ 44,26	R\$ 12,42
Iguatama	R\$ 15.634,22	R\$ 1.252,44	R\$ 6.015,39
Itambé	R\$ 1,34	R\$ 2,94	R\$ 9,52
Mirandiba	R\$ 4.980,45	R\$ 6.687,35	R\$ 10.896,54
Moreno	R\$ 1.287,41	R\$ 416,50	R\$ 183,76

Nazário	R\$ 7.268,52	R\$ 3.965,99	R\$ 3.335,60
Paineiras	R\$ 50.229,13	R\$ 15.774,49	R\$ 47.871,16
Palmeirina	R\$ 80,08	R\$ 1.920,06	R\$ 1.836,01
Parnamirim	R\$ 5.826,04	R\$ 8.867,07	R\$ 11.253,70
Patos	R\$ 4.248,01	R\$ 13.462,83	R\$ -
PiresdoRio	R\$ 34.373,96	R\$ 51.665,06	R\$ 54.573,83
RiachodasAlm	R\$ 11.131,37	R\$ 28.336,21	R\$ 17.869,82
São Sebastião	R\$ 50.923,03	R\$ 21.113,94	R\$ 26.066,65
São Sebastião__1	R\$ 23.038,75	R\$ 14.830,10	R\$ 15.245,32
Serra da Saudade	R\$ 4.204,23	R\$ 24.853,83	R\$ 29.767,78
Solidão	R\$ 10.420,11	R\$ 12.515,25	R\$ 54.114,83
Uruana	R\$ 12.753,61	R\$ 2.176,35	R\$ 4.527,78
Rio Grande	R\$ 12.666,39	R\$ 82,42	R\$ 7.602,59
Totais	R\$ 402.675,69	R\$ 373.980,11	R\$ 561.433,34

Fonte: Elaboração própria

No caso dos 30 menores as perdas são bem mais humildes devido aos valores de seus patrimônios líquidos, porém, esses valores são representativos para estes RPPSs.

Mantendo a linha da análise, no IS a perda total por subotimização dos RPPSs chega a R\$ 382 mil quando o índice de *performance* é o CDI. No caso do IPCA+6% o valor vai para R\$ 324 mil, por fim, para as notas do tesouro nacional o valor das perdas por subotimização sobe para R\$ 402 mil.

Calcula-se então o teste de diferença de médias com o objetivo de identificar se há diferenças com significância estatística das perdas por subotimização entre as médias das perdas dos 30 maiores e as médias das perdas dos 30 menores RPPSs. A tabela 3.11 traz os resultados desse teste.

Tabela 3.11: *p*-valor do teste de diferença de médias para as perdas calculadas pelo Return Loss para os maiores e menores municípios da amostra para cada benchmark e medida de performance

Diferença de médias					
CDI			IPCA+6		
Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
0,1052	0,7211	0,6314	0,1114	0,0796	0,4105
Notas-USA					
Sharpe		Sortino		SharpeC	
0,0296		0,4541		0,6753	

Fonte: Elaboração própria

Neste caso o nível de significância utilizado foi de 1% e a hipótese nula H_0 é de que não

há diferença estatística entre as médias das perdas calculadas pelo RL dos 30 maiores e dos 30 menores RPPSs.

Para o nível de significância utilizado não é possível rejeitar a hipótese nula, ou seja, não há diferença estatística entre as médias das perdas geradas pelo RL dos 30 maiores e 30 menores RPPSs municipais brasileiros. Pode-se então rejeitar a hipótese secundária deste trabalho que indicava que os maiores RPPSs possuíam carteiras mais eficientes sob a ótica da otimização de portfólios, isto porque o Return Loss indica perdas geradas por ineficiências, se a diferença entre os maiores e menores é nula. Assim, não há evidências de relação direta entre o tamanho do RPPS e a eficiência de sua carteira de investimentos para a amostra estudada.

Concluso o processo de perdas por subotimização das carteiras de investimentos pelo RL. Este trabalho apresenta o cálculo das perdas por subotimização “apenas” da parte das carteiras de investimentos classificadas com renda variável calculada pelo RSRL.

A tabela 3.12 apresenta as estatísticas descritivas dos RSRL das carteiras de renda variável dos RPPSs.

Utiliza-se aqui o fracionamento feito nas carteiras de investimentos dos RPPS para verificar se a participação do segmento de renda variável gera perdas por subotimização.

A amostra deste trabalho não apresentou nenhum caso de investimento em renda variável para os 30 menores RPPSs, por isso não há cálculo do RSRL para essa parte da amostra.

Observa-se que a média das perdas por subotimização em renda variável é baixa. Isso pode ser explicado pela proibição normativa de investir diretamente em ações nas bolsas de valores, forçando-os a investir em fundos de investimentos. Esses fundos possuem um gestor profissional e entende-se que são mais preparados para executar o processo de otimização de portfólios.

Porém, há casos de grandes perdas por subotimização e isso pode ter sido causado por alguma alocação em fundos que geraram retornos ruins ou até mesmo negativo.

Outro resultado interessante é o grau de assimetria que foi bem superior ao da renda fixa. Isso pode ser justificado pela maior volatilidade existente no mercado de renda variável. Mais um detalhe sobre a assimetria é que os valores são maiores e positivos indicando que a maior parte dos fundos de ações dos RPPSs da amostra foram ineficientes no ato de otimizar suas carteiras.

A amplitude menor indica que existe uma menor oscilação entre as boas e más gestões no processo de otimização de portfólios de renda variável o que também pode ser justificado pela exigência de gestão profissional através de fundos de investimentos para essa classe de ativos.

A resolução CMN 3.922/2010 limita a utilização de fundos de renda variável a no máximo 30%. Na hipótese secundária desse trabalho acredita-se que a redução dos limites legais podem gerar carteiras mais eficientes. Por mais que as carteiras de renda variável possuam me-

Tabela 3.12: Estatísticas descritivas do RSRL para os maiores municípios segundo todos benchmarks e medidas de performance considerando apenas a carteira de renda variável

	CDI		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	0,08%	0,18%	0,49%
Máximo	38,94%	65,45%	46,18%
Média	6,10%	4,56%	5,98%
Mediana	0,96%	1,73%	4,11%
Desvio-Padrão	10,43%	12,31%	8,77%
Assimetria	2,07	5,01	4,31
	IPCA+6		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	0,54%	0,67%	0,08%
Máximo	34,68%	132,68%	15,51%
Média	4,87%	49,11%	5,92%
Mediana	2,79%	44,77%	5,10%
Desvio-Padrão	6,70%	30,25%	3,81%
Assimetria	3,74	1,12	0,98
	Notas-USA		
	Sharpe	Sortino	SharpeC
Mínimo	0,10%	0,22%	0,59%
Máximo	46,73%	78,54%	55,41%
Média	7,32%	5,47%	7,18%
Mediana	1,15%	2,07%	4,93%
Desvio-Padrão	12,51%	14,77%	10,53%
Assimetria	2,069	5,014	4,314

Fonte: Elaboração do autor

nores perdas por subotimização como foi visto utilizando o método do RSRL não da pra inferir que o problema esta na norma. Prova disso está em não se encontrar nenhum RPPS da amostra que utilize todo o limite legal. Esse cenário contrapõe a hipótese principal deste trabalho.

Os resultados das perdas monetárias por subotimização das carteiras de renda variável dos 30 maiores RPPSs municipais brasileiros pelo método do RSRL são apresentados na tabela 3.13.

Tabela 3.13: Perdas em valores monetários calculadas pelo Return Sharpe Ratio Loss para os 30 maiores municípios da amostra considerando apenas os ativos de renda variável utilizando o CDI e o IPCA+6% como benchmarks para todas as medidas de performance

	Return Sharpe Ratio Loss					
	CDI		IPCA+6			
	Sharpe	Sortino	SharpeC	Sharpe	Sortino	SharpeC
Belém	R\$ 2.234.183,96	R\$ 2.485.908,78	R\$ 4.414.132,46	R\$ 6.446.395,62	R\$ 143.151.515,75	R\$ 23.114.344,36
Belo Horizonte	R\$ 783.722,56	R\$ 7.224.734,94	R\$ 5.395.715,17	R\$ 4.107.323,42	R\$ 1.870.143,93	R\$ 238.173,77
Boa Vista	R\$ 3.158.221,47	R\$ 2.957.029,36	R\$ 11.478.430,23	R\$ 6.342.688,53	R\$ 157.938.326,33	R\$ 16.112.448,59
Campos dos Goytacazes	R\$ 5.768.334,04	R\$ 51.835.574,39	R\$ 60.160.703,20	R\$ 33.563.680,98	R\$ 191.304.362,26	R\$ 24.587.314,76
Cuiabá	R\$ 952.971,13	R\$ 7.787.987,17	R\$ 9.656.871,54	R\$ 7.304.349,18	R\$ 56.760.274,16	R\$ 6.813.623,54
Curitiba	R\$ 4.313.064,20	R\$ 44.409.531,97	R\$ 120.844.320,95	R\$ 71.535.726,69	R\$ 1.482.255.526,16	R\$ 169.566.681,82
Florianópolis	R\$ 4.851.775,98	R\$ 5.534.052,58	R\$ 11.863.058,88	R\$ 6.345.851,23	R\$ 127.715.250,51	R\$ 14.635.901,72
Fortaleza	R\$ 59.047.242,15	R\$ 48.378.825,90	R\$ 72.362.715,25	R\$ 38.428.782,17	R\$ 296.365.697,42	R\$ 41.157.088,39
Goiania	R\$ 17.501.730,15	R\$ 16.557.344,08	R\$ 13.585.065,30	R\$ 11.780.167,90	R\$ 53.702.057,97	R\$ 6.116.603,13
João Pessoa	R\$ 86.181,06	R\$ 186.577,20	R\$ 2.073.376,62	R\$ 1.350.653,30	R\$ 38.284.956,40	R\$ 4.294.903,05
Joinville	R\$ 10.662.841,45	R\$ 11.776.254,10	R\$ 16.903.446,43	R\$ 8.654.691,79	R\$ 421.331.412,60	R\$ 44.965.444,81
Macaé	R\$ 38.030.224,32	R\$ 37.272.486,06	R\$ 100.641.216,50	R\$ 58.886.788,77	R\$ 1.193.862.961,44	R\$ 134.473.179,27
Macapá	R\$ 4.418.371,10	R\$ 4.304.290,84	R\$ 3.696.031,74	R\$ 3.754.646,30	R\$ 32.678.277,65	R\$ 2.918.092,77
Maceió	R\$ 2.208.720,02	R\$ 1.880.571,23	R\$ 7.141.538,78	R\$ 4.188.318,45	R\$ 89.891.417,66	R\$ 10.174.418,98
Natal	R\$ 3.940.591,42	R\$ 3.598.111,94	R\$ 12.150.354,00	R\$ 7.046.309,82	R\$ 155.122.345,61	R\$ 16.865.097,76
Palmas	R\$ 75.352.105,62	R\$ 7.644.125,20	R\$ 21.551.644,43	R\$ 12.727.924,10	R\$ 277.716.408,58	R\$ 29.780.597,69
Porto Alegre	R\$ 194.320.732,77	R\$ 18.205.902,03	R\$ 72.928.745,63	R\$ 44.179.090,80	R\$ 851.150.709,30	R\$ 125.563.189,96
Recife	R\$ 12.016.732,68	R\$ 12.358.738,96	R\$ 5.613.743,83	R\$ 143.628.503,82	R\$ 226.893.664,61	R\$ 22.534.965,84
Riachão	R\$ 558.253,84	R\$ 1.388.158,14	R\$ -	R\$ 735.588,78	R\$ 409.905,20	R\$ -
Rio Branco	R\$ 69.645.482,48	R\$ 6.655.178,97	R\$ 18.768.421,02	R\$ 10.734.485,47	R\$ 200.640.336,25	R\$ 25.599.804,93
Salvador	R\$ 168.313,11	R\$ 169.000,01	R\$ 8.278.392,70	R\$ 1.158.983,81	R\$ 23.785.036,82	R\$ 2.780.660,04
SaolosedosCa	R\$ 9.316.578,45	R\$ 8.086.971,77	R\$ 56.022.817,44	R\$ 33.422.947,16	R\$ 873.105.853,55	R\$ 92.584.656,10
São Luís	R\$ 2.159.983,20	R\$ 1.724.227,98	R\$ 7.992.004,41	R\$ 4.612.717,06	R\$ 104.506.243,67	R\$ 11.669.809,10
São Paulo	R\$ 11.057.801,16	R\$ 1.517.171,70	R\$ -	R\$ 3.789.257,14	R\$ 11.963.067,46	R\$ -
Teresina	R\$ 1.435.307,53	R\$ 1.185.261,10	R\$ 10.729.682,31	R\$ 6.734.627,27	R\$ 174.094.402,83	R\$ 18.973.696,91
Vitoria	R\$ 1.682.297,71	R\$ 1.846.034,29	R\$ 4.542.051,79	R\$ 2.139.918,08	R\$ 99.570.848,47	R\$ 10.006.370,23
Totais	R\$ 539.285.947,63	R\$ 310.084.037,07	R\$ 673.144.208,80	R\$ 541.938.604,80	R\$ 7.484.455.079,20	R\$ 876.983.540,30

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se notar que os resultados das perdas pela subotimização calculados pelo RSRL são baixos devido a pequena parte dos patrimônios líquido que é destinado a esse tipo de investimento, e que há um melhor processo de gestão de portfólio, a partir da exigência normativa de uma gestão profissional através de fundos de investimentos de renda variável.

Com esses resultados já se tem argumentos suficientes para concluir este trabalho respondendo o problema de pesquisa e suas hipóteses.

Considerações Finais

O objetivo geral deste trabalho é identificar se as carteiras de investimentos dos RPPSs municipais brasileiros são alocadas de forma eficiente e, em caso não sejam, identificar as perdas geradas por essa alocação subótima.

Após uma vasta revisão da literatura de otimização de portfólios, das medidas de risco e de *performance*, das otimizações de portfólios em fundos de pensão, dos RPPSs e dos estudos anteriores de otimização de portfólios de RPPSs.

Após os testes empíricos feitos através da metodologia do RL e do RSRL utilizadas por Angelidis e Tassaromatis (2010) com dados reais primários coletados nos DAIR dos 30 maiores e 30 menores RPPSs municipais brasileiros, chega-se aos argumentos necessários para a conclusão deste trabalho.

Após os cálculos feitos pelo método do RL e do RSRL e a confirmação dos testes de diferença de médias que testaram a significância estatística dos resultados das perdas por subotimização, foram encontrados resultados suficientes para afirmar que na amostra utilizada as carteiras de investimentos dos RPPSs não são eficientes para os três métodos utilizados (otimização por média e variância, otimização por LPM e otimização por CVaR) e para os três indicadores de *performance* usados neste trabalho (CDI, IPCA+6% e títulos de 10 anos do governo norte americano).

Foram encontradas perdas relevantes devido a subotimização dos portfólios da amostra, podendo chegar a valores em torno de 6 bilhões de reais no período para a soma da amostra utilizada. Dentro de uma perspectiva de proporcionalidade este valor pode chegar a um custo de aproximadamente 30 bilhões no período de 4 anos no universo de todos os RPPSs brasileiros.

Pode-se afirmar que existe um custo elevado a este sistema previdenciário pela subotimização das carteiras de investimentos mas não se pode afirmar que esse déficit é causado pelas limitações legais. Mesmo verificando que as fragmentações das carteiras de renda variável são mais eficientes que as carteiras de renda fixa justifica-se esta conclusão devido a não se ter encontrado nenhum RPPSs na amostra que utilizasse de todo o limite legal dos investimentos em renda variável. Corroborando com isso foram encontrados portfólios muito próximos das fronteiras eficientes estimadas, mesmo com todas as limitações normativas da resolução CMN 3.922/2010.

Sobre a hipótese de que os municípios maiores possuam menores perdas por subotimização, os resultados encontrados provaram que na amostra utilizada os resultados são contrários, ou seja, os municípios menores em patrimônio líquido possuem carteiras mais eficientes que os maiores. Justifica-se esse ponto por uma maior facilidade de gestão dos investimentos.

Coloca-se enquanto um fator limitante principal a alteração de alguns elementos da Resolução CMN 3.922/10 pela Resolução CMN 4.604/2017, que alterou os limites de aplicação em alguns segmentos e liberou novas modalidades de investimento. O curto período de análise é outro fator limitante, o qual deixa os resultados mais voláteis a possíveis instabilidades no ambiente econômico.

Este trabalho não tem a pretensão e nem a empáfia de esgotar o assunto da otimização de carteiras de investimentos nos RPPSs mas deixa uma contribuição importante para novos estudos. Novas sugestões de pesquisa incluem: i) Verificar se a nova legislação, Resolução CMN 4.604/2017, melhorou a eficiência das carteiras; ii) Realizar estudos de simulação baseados em carteiras ótimas para sugerir alterações nas normas que disciplinam os investimentos em RPPS e iii) Ampliar a quantidade de RPPS utilizados neste estudo.

Referências Bibliográficas

- ADAM, B.; BECK, U.; LOON, J. V. **The risk society and beyond: critical issues for social theory**. [S.l.]: Sage, 2000.
- AGARWAL, V.; NAIK, N. Y. Risks and portfolio decisions involving hedge funds. **The Review of Financial Studies**, Oxford University Press, v. 17, n. 1, p. 63–98, 2004.
- ALESTALO, N.; PUTTONEN, V. Asset allocation in finnish pension funds. **Journal of Pension Economics & Finance**, Cambridge University Press, v. 5, n. 1, p. 27–44, 2006.
- ALEXANDER, C. **Market risk analysis volume IV: Value at risk models**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- ANDRADE, F. W. M. de. Alocação de ativos no mercado acionário brasileiro segundo o conceito de downside risk. **REGE Revista de Gestão**, v. 13, n. 2, p. 27–36, 2006.
- ANDREIS, T. F.; ZUANAZZI, P. T.; SANTOS, M. B. dos. Um diagnóstico do regime próprio de previdência social no rio grande do sul: por que nossa insuficiência de recursos é a maior do brasil? **Indicadores Econômicos FEE**, v. 44, n. 1, p. 73–92, 2016.
- ANGELIDIS, T.; TESSAROMATIS, N. The efficiency of greek public pension fund portfolios. **Journal of Banking & Finance**, Elsevier, v. 34, n. 9, p. 2158–2167, 2010.
- ANSILIEIRO, G. **Regras de indexação dos benefícios previdenciários: evolução recente e implicações para o Regime Geral de Previdência Social**. [S.l.], 2010. v. 22, n. 06.
- ARAÚJO, A. C. de; MONTINI, A. de Á. Análise de métricas de risco na otimização de portfólios de ações. **Revista de Administração**, Elsevier, v. 50, n. 2, p. 208–228, 2015.
- ARTZNER, P.; DELBAEN, F.; EBER, J.-M.; HEATH, D. Coherent measures of risk. **Mathematical finance**, Wiley Online Library, v. 9, n. 3, p. 203–228, 1999.
- BACEN. **Banco Central do Brasil – Sistema Gerenciador de Séries Temporais**. 2017. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>.
- BARTH, J. R.; HILLIARD, J.; JAHERA, J. S.; JOO, S.; LEE, K. **State Pension Plans for Public Employees: A Rough Road Ahead**. [S.l.], 2016.
- BAWA, V. S.; LINDENBERG, E. B. Capital market equilibrium in a mean-lower partial moment framework. **Journal of Financial Economics**, Elsevier, v. 5, n. 2, p. 189–200, 1977.
- BAWEJA, M.; SAXENA, R. R.; SEHGAL, D. Portfolio optimization using conditional sharpe ratio. **International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy**, Scientific Publishing House Darwin, v. 53, p. 130, 2015.
- BÉDARD-PAGÉ, G.; DEMERS, A.; TUER, E.; TREMBLAY, M. Large canadian public pension funds: A financial system perspective. **Bank of Canada Financial System Review**, p.

33–38, 2016.

BERNSTEIN, P. L. **Against the gods: The remarkable story of risk**. [S.l.]: Wiley New York, 1996.

BERTUCCI, L. A.; SOUZA, F. H. R. de; FÉLIX, L. F. F. Gerenciamento de risco de fundos de pensão no brasil: alocação estratégica ou simples foco na meta atuarial? **Revista Economia & Gestão**, v. 6, n. 13, 2008.

BERTUCCI, L. A.; SOUZA, F. H. R. de; FÉLIX, L. F. F. Regimes próprios de previdência e entidades fechadas de previdência complementar: o caso do fundo de previdência do estado de minas gerais. **Economia & Gestão**, v. 4, n. 7, 2008.

BINSBERGEN, J. H. V.; BRANDT, M. W. **Optimal asset allocation in asset liability management**. [S.l.], 2007.

BLACK, F.; DEWHURST, M. P. A new investment strategy for pension funds. **The Journal of Portfolio Management**, Institutional Investor Journals Umbrella, v. 7, n. 4, p. 26–34, 1981.

BLACK, F.; LITTERMAN, R. **Asset allocation: combining investor views with market equilibrium**. [S.l.], 1990.

BLACK, F.; LITTERMAN, R. Global portfolio optimization. **Financial Analysts Journal**, CFA Institute, v. 48, n. 5, p. 28–43, 1992.

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of political economy**, The University of Chicago Press, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973.

BOGONI, N. M.; FERNANDES, F. C. Gestão de risco nas atividades de investimento dos regimes próprios de previdência social (rpps) dos municípios do estado do rio grande do sul. **REAd-Revista Eletrônica de Administração**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 17, n. 1, p. 117–148, 2011.

BRANDT, M. W. Estimating portfolio and consumption choice: A conditional euler equations approach. **The Journal of Finance**, Wiley Online Library, v. 54, n. 5, p. 1609–1645, 1999.

BRANDT, M. W.; GOYAL, A.; SANTA-CLARA, P.; STROUD, J. R. A simulation approach to dynamic portfolio choice with an application to learning about return predictability. **The Review of Financial Studies**, Oxford University Press, v. 18, n. 3, p. 831–873, 2005.

BRASIL. **Constituição: República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 1988. Senado Federal, 1988. Diário Oficial da União, 5 out. 1988.

BRASIL. **Emenda Constitucional n. 20, de 15 de dezembro de 1998**. Brasília, DF, 1998. Modifica o sistema de previdência social, estabelece normas de transição e dá outras providências.

BRASIL. **Lei n. 9717, de 27 de novembro de 1998**. Brasília, DF, 1998. Dispõe sobre regras gerais para a organização e o funcionamento dos regimes próprios de previdência social dos servidores públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, dos militares dos Estados e do Distrito Federal e dá outras providências.

BRASIL. **Emenda Constitucional n. 41, de 19 de dezembro de 2003**. Brasília, DF, 2003. Modifica os arts. 37, 40, 42, 48, 96, 149 e 201 da Constituição Federal, revoga o inciso IX do parágrafo terceiro do art. 142 da Constituição Federal e dispositivos da Emenda Constitucional n. 20, de 15 de dezembro de 1998, e dá outras providências.

BRINSON, G. P.; HOOD, L. R.; BEEBOWER, G. L. Determinants of portfolio performance. **Financial Analysts Journal**, CFA Institute, v. 51, n. 1, p. 133–138, 1995.

CADPREV. **Sistema de Informações dos Regimes Públicos de Previdência Social**. 2017. Disponível em: <<http://cadprev.previdencia.gov.br/Cadprev/faces/pages/index.xhtml>>.

CAETANO, M. A.-R. **Solvência fiscal de longo prazo dos regimes próprios de previdência dos estados e municípios**. [S.l.], 2016.

CALVET, L. E.; CAMPBELL, J. Y.; SODINI, P. Down or out: Assessing the welfare costs of household investment mistakes. **Journal of Political Economy**, The University of Chicago Press, v. 115, n. 5, p. 707–747, 2007.

CANZIAN, F. Brasil lidera fuga de capital entre os países emergentes. **Folha de São Paulo**, 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/10/1692571-brasil-lidera-fuga-de-capital-entre-os-paises-emergentes.shtml>>.

CAPPELLETTI, G.; GUAZZAROTTI, G.; TOMMASINO, P. The effect of age on portfolio choices: evidence from an italian pension fund. **Journal of Pension Economics & Finance**, Cambridge University Press, v. 13, n. 4, p. 389–419, 2014.

CHADE, J. Brasil tem maior fuga de capital no segundo trimestre. **Estado**, 2013. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-tem-maior-fuga-de-capital-no-2-trimestre,168101e>>.

CHAUDHRY, A.; JOHNSON, H. L. The efficacy of the sortino ratio and other benchmarked performance measures under skewed return distributions. **Australian Journal of Management**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 32, n. 3, p. 485–502, 2008.

CLARKE, R.; SILVA, H. D.; THORLEY, S. Portfolio constraints and the fundamental law of active management. **Financial Analysts Journal**, CFA Institute, v. 58, n. 5, p. 48–66, 2002.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução n. 2652, de 23 de setembro de 1999**. Brasília, DF, 1999. Dispõe sobre as aplicações dos recursos dos fundos com finalidade previdenciária.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução n. 3121, de 25 de setembro de 2003**. Brasília, DF, 2003. Altera e consolida as normas que estabelecem as diretrizes pertinentes à aplicação dos recursos dos planos de benefícios das entidades fechadas de previdência complementar.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução n. 3506, de 26 de outubro de 2007**. Brasília, DF, 2007. Dispõe sobre as aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social instituídos pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução n. 3.922, de 25 de novembro de 2010**. Brasília, DF, 2010. Dispõe sobre as aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social instituídos pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

COS, P. H. de; JIMENO, J. F.; RAMOS, R. *et al.* **The Spanish public pension system: current situation, challenges and reform alternatives**. [S.l.], 2017.

CUMMING, D.; HASS, L. H.; SCHWEIZER, D. Strategic asset allocation and the role of alternative investments. **European Financial Management**, Wiley Online Library, v. 20, n. 3, p. 521–547, 2014.

DANIEL, K.; GRINBLATT, M.; TITMAN, S.; WERMERS, R. Measuring mutual fund performance with characteristic-based benchmarks. **The Journal of finance**, Wiley Online Library, v. 52, n. 3, p. 1035–1058, 1997.

- DEMIGUEL, V.; GARLAPPI, L.; NOGALES, F. J.; UPPAL, R. A generalized approach to portfolio optimization: Improving performance by constraining portfolio norms. **Management Science**, INFORMS, v. 55, n. 5, p. 798–812, 2009.
- DEMIGUEL, V.; GARLAPPI, L.; UPPAL, R. Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/n portfolio strategy? **The review of Financial studies**, Oxford University Press, v. 22, n. 5, p. 1915–1953, 2007.
- DOWD, K. Adjusting for risk: An improved sharpe ratio. **International Review of Economics & Finance**, Elsevier, v. 9, n. 3, p. 209–222, 2000.
- DROBETZ, W. How to avoid the pitfalls in portfolio optimization? putting the black-litterman approach at work. **Financial Markets and Portfolio Management**, Springer, v. 15, n. 1, p. 59–75, 2001.
- EICH, F. Public sector pensions: Rationale and international experiences. **Pension Corporate Research**, 2009.
- ESTRADA, J. Mean-semivariance behavior: Downside risk and capital asset pricing. **International Review of Economics & Finance**, Elsevier, v. 16, n. 2, p. 169–185, 2007.
- ESTRADA, J. Mean-semivariance optimization: A heuristic approach. **Journal of Applied Finance**, v. 1, n. 18, p. 57–72, 2008.
- FABOZZI, F. J.; KOLM, P. N.; PACHAMANOVA, D. A.; FOCARDI, S. M. **Robust portfolio optimization and management**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- FED – ST. LOUIS. **Federal Reserve – Saint Louis**. 2017. Disponível em: <<https://fred.stlouisfed.org>>.
- FERREIRA, A. H. B.; GIVISIEZ, L. J. V. B.; BESSEGATO, L. F.; JÚNIOR, R. P. N. **A alocação de recursos dos regimes próprios de previdência social tem sido eficiente?/Has the allocation of state level pension funds resources been efficient?** 2010. 48–73 p.
- FISHBURN, P. C. Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. **American Economic Review**, JSTOR, v. 67, n. 2, p. 116–126, 1977.
- FRAUENDORFER, K.; JACOBY, U.; SCHWENDENER, A. Regime switching based portfolio selection for pension funds. **Journal of Banking & Finance**, Elsevier, v. 31, n. 8, p. 2265–2280, 2007.
- FROST, P. A.; SAVARINO, J. E. For better performance: Constrain portfolio weights. **The Journal of Portfolio Management**, Institutional Investor Journals, v. 15, n. 1, p. 29–34, 1988.
- GLASSERMAN, P.; XU, X. Robust portfolio control with stochastic factor dynamics. **Operations Research**, INFORMS, v. 61, n. 4, p. 874–893, 2013.
- GREEN, R. C.; HOLLIFIELD, B. When will mean-variance efficient portfolios be well diversified? **The Journal of Finance**, Wiley Online Library, v. 47, n. 5, p. 1785–1809, 1992.
- GROOTVELD, H.; HALLERBACH, W. Variance vs downside risk: Is there really that much difference? **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 114, n. 2, p. 304–319, 1999.
- HOECHNER, B.; REICHLING, P.; SCHULZE, G. Pitfalls of downside performance measures with arbitrary targets. **International Review of Finance**, Wiley Online Library, v. 17, n. 4, p. 597–610, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da População por sexo e idade: 2000-2060**. Rio De Janeiro, 2013. Acesso em: 10 jul. 2017. Disponível em: <<http://migre.me/tn8fr>>.

IPEA. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. 2017. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>.

JARROW, R.; ZHAO, F. Downside loss aversion and portfolio management. **Management Science**, INFORMS, v. 52, n. 4, p. 558–566, 2006.

KATO, F. H. **Análise de carteiras em tempo discreto**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004.

KEATING, C.; SHADWICK, W. F. A universal performance measure. **Journal of performance measurement**, v. 6, n. 3, p. 59–84, 2002.

LAURINDO, S. S. do N.; CARDOSO, T. F. O papel do tribunal de contas dos municípios de goiás no fortalecimento dos regimes próprios de previdência social. **RENEFARA**, v. 9, n. 9, p. 367–391, 2017.

LEDOIT, O.; WOLF, M. Robust performance hypothesis testing with the Sharpe ratio,. **Journal of Empirical Finance**, v. 15, n. 5, p. 850–859, 2008.

LEÓN, C.; REVEIZ, A.; LASERNA, J. M.; MARTÍNEZ, I. Recomendaciones para la modificación del régimen de pensiones obligatorias de colombia. **Ensayos Sobre Política Económica**, v. 26, n. 56, p. 77–113, 2008.

LIM, A. E.; SHANTHIKUMAR, J. G.; VAHN, G.-Y. Conditional value-at-risk in portfolio optimization: Coherent but fragile. **Operations Research Letters**, Elsevier, v. 39, n. 3, p. 163–171, 2011.

LIMA, D.; OLIVEIRA, F. V.; SILVA, C. A. T. **Efeito da taxa de desconto na sustentabilidade dos regimes próprios de previdência social**. [S.l.], 2011. v. 24, n. 5. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/arquivos/office/3_120706-111340-287.pdf>.

LIMA, D. V. d. **A dinâmica demográfica e a sustentabilidade do modelo de financiamento do regime geral de previdência social**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Brasília, 2013.

LO, A. W. The statistics of Sharpe ratios. **Financial Analysts Journal**, CFA Institute, v. 58, n. 4, p. 36–52, 2002.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, Wiley Online Library, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MARTITS, L. A.; JUNIOR, W. E. Aversão a perdas: comparação de decisões de investimento entre investidores individuais e fundos de pensão no Brasil. **Revista Brasileira de Finanças**, Sociedade Brasileira de Finanças, v. 7, n. 4, 2009.

MAUSSER, H.; ROSEN, D. Beyond var: From measuring risk to managing risk. In: IEEE. **Computational Intelligence for Financial Engineering, 1999.(CIFEr) Proceedings of the IEEE/IAFE 1999 Conference on**. [S.l.], 1999. p. 163–178.

MENONCIN, F.; SCAILLET, O. Optimal asset management for pension funds. **Managerial Finance**, Emerald Group Publishing Limited, v. 32, n. 4, p. 347–374, 2006.

MICHAUD, R. O. Efficient asset management: A practical guide to stock portfolio optimization and asset allocation. Oxford University Press, USA, 1999.

MIERSCH, R.; LEUTHOLD, F. **Mean-Variance versus Mean-Lower Partial Moment: An Application to Switzerland's Power Plant Portfolio**. [S.l.], 2010.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Brasília, 2017. Acesso em 3 de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/noticias/2017/outubro/cmn-altera-resolucao-sobre-aplicacoes-dos-regimes-proprios>>.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Portaria n. 403, de 10 de dezembro de 2008**. Brasília, DF, 2008. Dispõe sobre as normas aplicáveis às avaliações e reavaliações atuariais dos Regimes Próprios de Previdência Social - RPPS da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, define parâmetros para a segregação da massa e dá outras providências.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/regimes-proprios/>>.

MORGAN, J. *et al.* Riskmetrics technical document. New York, 1996.

NANTELL, T. J.; PRICE, B. An analytical comparison of variance and semivariance capital market theories. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Cambridge University Press, v. 14, n. 2, p. 221–242, 1979.

NAWROCKI, D. N. The characteristics of portfolios selected by n-degree lower partial moment. **International Review of Financial Analysis**, Elsevier, v. 1, n. 3, p. 195–209, 1992.

NOGUEIRA, N. G. O equilíbrio financeiro e atuarial dos rpps: de princípio constitucional a política pública de estado. **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais**, v. 81, n. 4, p. 75–91, 2012.

PAPKE, L. E. **The asset allocation of private pension plans**. [S.l.], 1991.

PEKÁR, J.; ČIČKOVÁ, Z.; BREZINA, I. Portfolio performance measurement using differential evolution. **Central European Journal of Operations Research**, Springer, v. 24, n. 2, p. 421–433, 2016.

PENNACCHI, G.; RASTAD, M. Portfolio allocation for public pension funds. **Journal of Pension Economics & Finance**, Cambridge University Press, v. 10, n. 2, p. 221–245, 2011.

PETERSON, B. G.; CARL, P. **PerformanceAnalytics: Econometric tools for performance and risk analysis**. [S.l.], 2014. R package version 1.4.3541. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics>>.

PLATANAKIS, E. **Essays on robust portfolio selection and pension finance**. Tese (Doutorado) — University of Reading, 2016.

PORTO, V.; CAETANO, M. A.-R. A previdência dos servidores públicos federais: um regime sustentável? 2015.

PRECIADO, L. B.; RECIO, F. J. Performance evaluation, fund selection and portfolio allocation applied to colombia's pension funds. **Estudios Gerenciales**, Elsevier, v. 26, n. 117, p. 13–40, 2010.

PRICE, K.; PRICE, B.; NANTELL, T. J. Variance and lower partial moment measures of systematic risk: some analytical and empirical results. **The Journal of Finance**, Wiley Online Library, v. 37, n. 3, p. 843–855, 1982.

PRITSKER, M. Evaluating value at risk methodologies: accuracy versus computational time. **Journal of Financial Services Research**, Springer, v. 12, n. 2-3, p. 201–242, 1997.

- QUARANTA, A. G.; ZAFFARONI, A. Robust optimization of conditional value at risk and portfolio selection. **Journal of Banking & Finance**, Elsevier, v. 32, n. 10, p. 2046–2056, 2008.
- R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- REIS, C. E. dos; LIMA, D. V. de; WILBERT, M. D. Impacto do registro contábil da provisão matemática previdenciária dos servidores públicos federais no balanço geral da união. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v. 14, n. 31, p. 108–126, 2017.
- RIGHI, M. B.; CERETTA, P. S. Teoria de medidas de risco: uma revisão abrangente. **Revista Brasileira de Finanças**, Sociedade Brasileira de Finanças, v. 12, n. 3, p. 411–464, 2014.
- ROCKAFELLAR, R. T.; URYASEV, S. Optimization of conditional value-at-risk. **Journal of Risk**, v. 2, p. 21–42, 2000.
- ROM, B. M.; FERGUSON, K. W. Post-modern portfolio theory comes of age. **The Journal of Investing**, Institutional Investor Journals, v. 3, n. 3, p. 11–17, 1994.
- ROMAN, D.; MITRA, G. Portfolio selection models: A review and new directions. **Wilmott Journal**, Wiley Online Library, v. 1, n. 2, p. 69–85, 2009.
- ROY, A. D. Safety first and the holding of assets. **Econometrica: Journal of the econometric society**, JSTOR, p. 431–449, 1952.
- SANTOS, C. H. M. d.; ALMEIDA, V. L. d.; CALDAS, L. F.; SÁ, J. H. B. d.; MACHADO, U. E. N.; MARTINS, F. d. S.; BRITO, A. J. S. d. **A Dinâmica do déficit dos regimes próprios de previdência dos estados brasileiros nos anos 2006-2015**. [S.l.], 2017.
- SANTOS, H. **As reformas da previdência no Brasil e o equilíbrio financeiro e atuarial dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS), dos entes federados estaduais da Região Sudeste**. Tese (Doutorado) — Fundação Getúlio Vargas, 2014.
- SANTOS, S. I. F. d. **Perspectivas de adoção de modelos de Asset And Liability Management (ALM) em regimes próprios de previdência social**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, 2017.
- SHARPE, W. F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. **The journal of finance**, Wiley Online Library, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964.
- SHARPE, W. F. Mutual fund performance. **The Journal of Business**, JSTOR, v. 39, n. 1, p. 119–138, 1966.
- SILVA, F. W. F. da; DEUS, R. G. M. de. Certidão de regularidade previdenciária e déficit atuarial dos regimes próprios de previdência social dos municípios cearenses: do caos previdenciário das entidades previdenciárias municipais no estado do ceará. **Revista Controle-Doutrinas e Artigos**, v. 11, n. 1, p. 234–252, 2013.
- SILVA, L. da Penha Souza da; OLIVEIRA, M. R. Gois de. A regulação, diversificação e investimentos no exterior-impactos na eficiência da gestão dos investimentos dos fundos de pensão brasileiros sob a ótica da teoria do portfólio. **BBR-Brazilian Business Review**, FUCEPE Business School, v. 8, n. 4, 2011.
- SILVEIRA, M. A. C. da. **Eficiência alocativa da política de investimentos do regime próprio de previdência social dos entes federativos brasileiros**. [S.l.], 2013. Texto para Discussão n. 1862.
- SORTINO, F. A.; PRICE, L. N. Performance measurement in a downside risk framework. **The**

- Journal of Investing**, Institutional Investor Journals, v. 3, n. 3, p. 59–64, 1994.
- SORTINO, F. A.; SATCHELL, S. **Managing downside risk in financial markets**. [S.l.]: Elsevier, 2001.
- SOUSA, L. B. **Avaliação da eficiência dos regimes próprios de previdência social (RPPS) a partir da metodologia DEA**. [S.l.], 2016.
- STUX, I. Managing the risk of pension assets. In: **Financial Risk and the Corporate Treasury**. London: Deloitte & Touche: Risk Publications, 1995.
- TCU. **Tribunal de Contas da União**. 2015. Disponível em: <www.tcu.gov.br/>.
- THOM, M. The drivers of public sector pension reform across the US states. **The American Review of Public Administration**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 47, n. 4, p. 431–442, 2017.
- TRINTINALIA, C.; SERRA, R. G. Otimização de uma carteira de fundos de investimento disponíveis à aplicação de recursos dos regimes próprios de previdência social (rpps), conforme a legislação aplicável. **Revista Ambiente Contabil**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Ciências Contábeis, v. 9, n. 2, p. 277, 2017.
- UNSER, M. Lower partial moments as measures of perceived risk: An experimental study. **Journal of Economic Psychology**, Elsevier, v. 21, n. 3, p. 253–280, 2000.
- WOJT, A. **Portfolio Selection and Lower Partial Moments**. Stockholm, 2009.
- ZANINI, F. A. M.; FIGUEIREDO, A. C. As teorias de carteira de markowitz e de sharpe: uma aplicação no mercado brasileiro de ações entre julho/95 e junho/2000. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, v. 6, n. 2, 2005.
- ZHANG, A.; EWALD, C.-O. Optimal investment for a pension fund under inflation risk. **Mathematical Methods of Operations Research**, Springer, v. 71, n. 2, p. 353–369, 2010.

A. Estatísticas descritivas das séries de retorno dos RPPS

Tabela A1: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados

	Aracaju	Belém	BH	Boa-Vista	Campos dos Goytacazes
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0337	-0.0171	-0.0448	-0.0424	-0.0192
Quartil 1	0.0024	0.0040	0.0048	-0.0010	-0.0020
Mediana	0.0104	0.0077	0.0072	0.0115	0.0060
Média	0.0069	0.0057	0.0047	0.0072	0.0042
Quartil 3	0.0162	0.0093	0.0125	0.0184	0.0115
Máximo	0.0332	0.0177	0.0420	0.0407	0.0232
Desvio-Padrão	0.0165	0.0070	0.0158	0.0192	0.0108
Assimetria	-0.7502	-1.1996	-1.1708	-0.6224	-0.4916
Curtose	0.0063	1.3845	1.9899	0.0089	-0.5120

Tabela A2: Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados

	Cuiabá	Curitiba	Florianópolis	Fortaleza	Goiânia
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0387	-0.0209	-0.0213	-0.0230	-0.0429
Quartil 1	0.0000	0.0021	0.0043	0.0024	-0.0033
Mediana	0.0071	0.0098	0.0099	0.0055	0.0079
Média	0.0026	0.0072	0.0082	0.0036	0.0041
Quartil 3	0.0109	0.0144	0.0156	0.0072	0.0133
Máximo	0.0374	0.0287	0.0346	0.0201	0.0599
Desvio-Padrão	0.0146	0.0124	0.0122	0.0086	0.0192
Assimetria	-1.2219	-0.5200	-0.3658	-1.1480	-0.2139
Curtose	1.6795	-0.3122	-0.0786	1.7915	1.0194

Tabela A3: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	João Pessoa	Joinville	Macaé	Macapá	Maceió
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0251	-0.0324	-0.0318	-0.0963	-0.0417
Quartil 1	0.0025	0.0021	0.0032	-0.0035	0.0060
Mediana	0.0096	0.0098	0.0105	0.0045	0.0095
Média	0.0062	0.0060	0.0075	0.0011	0.0071
Quartil 3	0.0146	0.0146	0.0157	0.0092	0.0124
Máximo	0.0323	0.0363	0.0369	0.1420	0.0395
Desvio-Padrão	0.0137	0.0161	0.0145	0.0336	0.0161
Assimetria	-0.7455	-0.8148	-0.7011	0.7671	-0.9923
Curtose	0.0009	0.0924	0.5134	6.8214	1.7919

Tabela A4: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Natal	Palmas	Porto Alegre	Recife	Riachão
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0403	-0.0261	-0.0147	-0.0396	0.0027
Quartil 1	0.0038	-0.0000	0.0038	-0.0024	0.0067
Mediana	0.0104	0.0110	0.0080	0.0098	0.0080
Média	0.0072	0.0073	0.0065	0.0058	0.0077
Quartil 3	0.0165	0.0158	0.0108	0.0168	0.0089
Máximo	0.0388	0.0348	0.0200	0.0412	0.0121
Desvio-Padrão	0.0168	0.0150	0.0081	0.0186	0.0021
Assimetria	-0.8237	-0.4792	-0.8580	-0.6519	-0.3023
Curtose	0.6900	-0.2895	0.4980	-0.0468	-0.1469

Tabela A5: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Rio Branco	Salvador	Sao José dos Ca	São Luis	São Paulo
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0244	0.0006	-0.0283	-0.0346	0.0019
Quartil 1	0.0055	0.0010	-0.0010	0.0052	0.0041
Mediana	0.0099	0.0070	0.0095	0.0110	0.0055
Média	0.0074	0.0058	0.0066	0.0070	0.0059
Quartil 3	0.0135	0.0085	0.0156	0.0154	0.0077
Máximo	0.0325	0.0120	0.0328	0.0347	0.0101
Desvio-Padrão	0.0114	0.0036	0.0154	0.0169	0.0021
Assimetria	-0.8875	-0.3261	-0.5483	-1.0179	0.1438
Curtose	0.7386	-1.1675	-0.3533	0.6177	-1.1165

Tabela A6: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Teresina	Vitória	Brazabrantes	Cuité	Quixada
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0304	-0.0336	0.0013	-0.0011	-0.0108
Quartil 1	-0.0011	-0.0025	0.0021	0.0013	0.0013
Mediana	0.0088	0.0095	0.0030	0.0016	0.0073
Média	0.0064	0.0061	0.0035	0.0048	0.0058
Quartil 3	0.0134	0.0180	0.0045	0.0097	0.0106
Máximo	0.0372	0.0371	0.0077	0.0146	0.0204
Desvio-Padrão	0.0140	0.0176	0.0017	0.0048	0.0068
Assimetria	-0.5467	-0.5342	0.9297	0.4221	-0.3942
Curtose	0.2914	-0.2385	-0.1910	-1.4046	-0.1171

Tabela A7: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Araguainha	Arraial do Cabo	Atalaia	Aurilândia	Barra Mansa
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0261	-0.0112	-0.0075	-0.0029	0.0001
Quartil 1	0.0010	0.0043	0.0011	-0.0000	0.0036
Mediana	0.0077	0.0085	0.0048	0.0014	0.0060
Média	0.0050	0.0069	0.0067	0.0032	0.0055
Quartil 3	0.0126	0.0111	0.0067	0.0029	0.0068
Máximo	0.0284	0.0212	0.0363	0.0169	0.0145
Desvio-Padrão	0.0121	0.0071	0.0083	0.0049	0.0027
Assimetria	-0.7308	-0.8118	1.7687	1.4144	0.3669
Curtose	0.0589	0.3458	3.4843	0.8540	1.3150

Tabela A8: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Buíque	Capoeiras	Carmo do Rio Verde	Carpina	Chã Grande
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0111	0.0024	-0.0081	0.0000	-0.0062
Quartil 1	0.0002	0.0062	0.0000	0.0005	0.0001
Mediana	0.0059	0.0071	0.0029	0.0014	0.0037
Média	0.0052	0.0071	0.0030	0.0032	0.0040
Quartil 3	0.0107	0.0080	0.0063	0.0049	0.0072
Máximo	0.0210	0.0104	0.0155	0.0107	0.0145
Desvio-Padrão	0.0073	0.0018	0.0048	0.0033	0.0042
Assimetria	-0.1944	-0.3452	-0.0231	0.7466	0.1141
Curtose	-0.5161	-0.0506	0.0136	-0.6696	0.0177

Tabela A9: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Diamante	Iguatama	Itambé	Mirandiba	Moreno
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0063	-0.0288	0.0000	-0.0060	-0.0112
Quartil 1	0.0037	0.0024	0.0012	0.0001	0.0005
Mediana	0.0065	0.0094	0.0049	0.0004	0.0031
Média	0.0056	0.0061	0.0038	0.0007	0.0057
Quartil 3	0.0085	0.0135	0.0057	0.0005	0.0090
Máximo	0.0147	0.0295	0.0100	0.0114	0.0375
Desvio-Padrão	0.0049	0.0121	0.0030	0.0029	0.0098
Assimetria	-0.6520	-0.9542	0.1490	1.2830	1.2605
Curtose	0.0983	0.8504	-1.1495	4.0870	1.7506

Tabela A10: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Nazário	Paineiras	Palmeirina	Parnamirim	Patos
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0301	-0.0298	-0.0052	-0.0118	-0.0000
Quartil 1	0.0069	0.0053	0.0024	0.0037	0.0000
Mediana	0.0087	0.0082	0.0050	0.0093	0.0000
Média	0.0072	0.0067	0.0046	0.0078	0.0001
Quartil 3	0.0117	0.0112	0.0063	0.0134	0.0001
Máximo	0.0383	0.0334	0.0142	0.0234	0.0005
Desvio-Padrão	0.0130	0.0124	0.0042	0.0084	0.0002
Assimetria	-0.6916	-0.7329	-0.1399	-0.3478	1.0645
Curtose	1.3915	1.4071	0.2522	-0.5257	-0.3549

Tabela A11: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Pires do Rio	Riacho das Almas	São Sebastião	São Sebastião_1	Serra da Saudade
Observações	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0332	-0.0276	-0.0122	-0.0252	-0.0269
Quartil 1	0.0051	-0.0020	0.0067	0.0001	0.0031
Mediana	0.0073	0.0069	0.0085	0.0053	0.0074
Média	0.0077	0.0044	0.0067	0.0057	0.0054
Quartil 3	0.0118	0.0105	0.0096	0.0113	0.0105
Máximo	0.0266	0.0367	0.0192	0.0418	0.0291
Desvio-Padrão	0.0087	0.0143	0.0065	0.0130	0.0124
Assimetria	-1.8760	-0.2979	-1.4485	0.4231	-0.7006
Curtose	8.7816	0.0803	1.8354	0.8934	0.4060

Tabela A12: *Continuação: Estatísticas descritivas dos retornos mensais dos municípios indicados*

	Solidão	Uruana	Rio Grande
Observações	48.0000	48.0000	48.0000
Mínimo	-0.0008	-0.0438	-0.0488
Quartil 1	0.0000	0.0072	0.0015
Mediana	0.0003	0.0084	0.0110
Média	0.0014	0.0063	0.0066
Quartil 3	0.0005	0.0121	0.0166
Máximo	0.0072	0.0406	0.0435
Desvio-Padrão	0.0027	0.0163	0.0191
Assimetria	1.4243	-1.0566	-0.9496
Curtose	0.1536	1.9555	1.2850

B. QQ-plot's das Séries de Retorno















