



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais
Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis - PPGCont
Curso de Mestrado Acadêmico em Contabilidade

Sandra Isaelle Figueiredo dos Santos

**PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS DE *ASSET AND LIABILITY*
MANAGEMENT (ALM) EM REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL**

Brasília, DF
2017

Professora Doutora Márcia Abrahão Moura
Reitora da Universidade de Brasília

Professor Doutor Enrique Huelva Unternbäumen
Vice-reitor da Universidade de Brasília

Professora Doutora Helena Eri Shimizu
Decana de Pesquisa e Pós-graduação

Professor Doutor Roberto de Goés Ellery Júnior
Diretor da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas
Públicas

Professor Doutor José Antônio de França
Chefe do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais

Professor Doutor César Augusto Tibúrcio Silva
Coordenador de Pós-Graduação em Ciências Contábeis

SANDRA ISABELLE FIGUEIREDO DOS SANTOS

PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS DE *ASSET AND LIABILITY
MANAGEMENT* (ALM) EM REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília (PPGCont) como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis.

Linha de pesquisa: Impactos da Contabilidade no Setor Público, nas Organizações e na Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Diana Vaz de Lima

Brasília, DF
2017

Ficha Catalográfica

SANTOS, Sandra Isaelle Figueiredo dos.

PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS DE ASSET AND LIABILITY MANAGEMENT (ALM) EM REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL/Sandra Isaelle Figueiredo dos Santos – Brasília, 2017.
93. f.

Orientadora: Profa. Dra. Diana Vaz de Lima

Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis e Atuariais – FACE. Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Brasília, 2016.
Bibliografia.

1. ALM 2. Regimes Próprios de Previdência Social 3. Setor Público 4. Brasil. I. Universidade de Brasília. II. Perspectivas de Adoção de Modelos de *Asset and Liability Management* (ALM) em Regimes Próprios de Previdência Social.

CDD –

SANDRA ISAELE FIGUEIREDO DOS SANTOS

PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS DE *ASSET AND LIABILITY
MANAGEMENT* (ALM) EM REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília.

Data da aprovação: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Diana Vaz de Lima
Orientadora – UnB

Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert
Membro Examinador Interno – PPGCont/UnB

Prof. Dr. João Henrique Pederiva
Membro Examinador Externo

Brasília, DF
2017

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Prof^a. Dra. Diana Vaz de Lima, orientadora deste trabalho pela enorme dedicação e esmero.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília – PPGCont pelos conhecimentos partilhados nas aulas ministradas ao longo do curso de mestrado.

Ao atuário Antônio Mário Rattes de Oliveira, pela generosidade em disponibilizar o seu precioso tempo para analisar os aspectos técnicos deste estudo.

Ao grande profissional Otoni Gonçalves Guimarães, que tantas vezes nos socorreu no Ministério da Previdência Social do Brasil, esclarecendo o funcionamento dos RPPS.

Aos membros da banca, Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert e Dr. João Henrique Pederiva, pelos comentários construtivos e relevantes para o aprimoramento deste estudo.

À minha família pela compreensão, apoio e carinho necessários nessa jornada.

Aos meus colegas de trabalho pelo incentivo, paciência e compreensão.

RESUMO

Considerando que dados da Secretaria da Previdência do Ministério da Fazenda apontam que os regimes próprios de previdência social (RPPS) vêm se mantendo deficitários ao longo dos anos, e que alternativas devem ser discutidas na busca do equilíbrio financeiro e atuarial desses regimes, o presente estudo tem como objetivo geral analisar as perspectivas de adoção de um modelo de *Asset and Liability Management* (ALM) em regimes próprios de previdência social. No processo de estruturação da modelagem utilizada para o RPPS, foi realizada análise de conteúdo de modelos ALM a partir da revisão da literatura, efetuada a modelagem estocástica das rentabilidades dos ativos e inflação, selecionados ativos que supram com seus rendimentos a meta atuarial e desenvolvida uma função objetivo, visando atender às restrições regulamentares dos RPPS. Os achados do estudo mostram que é factível a adoção do ALM em regimes próprios, e que ao aplicar o modelo de ALM desenvolvido via programação estocástica multiperíodo em um RPPS real, verificou-se que a adoção do ALM proporcionou uma melhoria no casamento dos fluxos de ativos e passivos do RPPS, maximizando os resultados anteriormente obtidos sem o seu uso. Assim, é possível inferir que o ALM pode ser um importante instrumento para a sustentabilidade das contas previdenciárias, confirmando os achados da literatura, que considera que a adoção do ALM pode se apresentar como uma medida viabilizadora para compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira a cada momento de pagamento dos benefícios a seu cargo, além de auxiliar na construção de políticas de investimentos que aperfeiçoem a relação risco e retorno da carteira de investimentos dos RPPS.

Palavras-chave: ALM; Regimes Próprios de Previdência Social; Setor Público; Brasil.

ABSTRACT

Considering that data from the Social Security Secretariat of the Ministry of Finance show that the social security regimes themselves have been maintaining deficits all over the years, and that alternatives should be discussed in order to seek the financial and actuarial equilibrium of these regimes, the current study has as its general goal to analyze the perspectives of adopting an Asset and Liability Management (ALM) in its own social security regimes. In the process of structuring the modeling used for the RPPS, a content analysis of ALM models was made from the literature review, with the stochastic modeling of asset returns and inflation, selected assets that provided the actuarial target with their earnings and developed like an objective function, aiming to meet the regulatory constraints of RPPS. The findings of the study show that the adoption to ALM is feasible in own regimes, and that when apply the ALM model developed through multi-period stochastic programming in a real RPPS, it was verified that the adoption of the ALM provided an improvement in the marriage of flows of assets and liabilities of the RPPS, maximizing the previously obtained results without its use. Therefore, it is possible to infer that the ALM can be an important instrument for the sustainability of social security accounts, confirming the literature findings, which considers the adoption of the ALM can be presented as an enabling measure to make compatible the flow of financial availability at each moment of payment of the benefits in their office, besides assisting in the construction of investment policies that improve the risk and return relation of the investment portfolio of the RPPS.

Keywords: ALM; Social Security Own Regimes; Public Sector; Brazil.

LISTA DE ABREVIATURAS

ALM	<i>Asset and Liability Management</i>
BB	Banco do Brasil
CADPREV	Sistema de Informações dos Regimes Públicos de Previdência Social
CMN	Conselho Monetário Nacional
DRAA	Demonstrativo de Resultados da Avaliação Atuarial
FI	Fundos de Investimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
MPS	Ministério da Previdência Social
MTPS	Ministério do Trabalho e da Previdência Social
PIB	Produto interno Bruto
RPPS	Regime Próprio de Previdência Social
TN	Tesouro Nacional

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Premissas financeiras e Atuariais definidas na Portaria MPS nº 403/2008.....	26
Quadro 2 – Limites máximos para investimento dos RPPS conforme a resolução CMN nº 3.922/2010.....	32
Quadro 3 – Situação Patrimonial do RPPS.....	39
Quadro 4 – Delineamento Metodológico da pesquisa.....	41
Quadro 5 – Artigos selecionados para a análise dos modelos.....	44
Quadro 6 – Resumo das variáveis coletadas na meta análise.....	47
Quadro 7 – Variáveis propostas por Toukourou e Dufresne.....	49
Quadro 8 – Variáveis propostas por Mulvey et al.....	50
Quadro 9 – Composição da Carteira do ente analisado.....	54
Quadro 10 – Modelo ALM Adaptado para RPPS.....	58
Quadro 11 – Regras para aplicação de ALM em RPPS.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da carteira.....	54
Tabela 2 – Retorno e Desvio Padrão dos ativos da carteira.....	55
Tabela 3 – Taxa de juros real.....	64
Tabela 4 – Covariância dos ativos.....	65
Tabela 5 – Dados dos ativos.....	66
Tabela 6 – Fluxo de investimentos em R\$ 1.000,00.....	66
Tabela 7 – Projeção dos fluxos no RPPS objeto de análise em reais mil.....	68
Tabela 8 – Insuficiência ou Excedente Financeiro.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 JUSTIFICATIVA E PRESSUPOSTO.....	15
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO	19
2.1 TEORIA DE MARKOWITZ E A CARTEIRA ÓTIMA	19
2.2 PREMISSAS ATUARIAIS E FINANCEIRAS DOS RPPS	24
2.3 ADOÇÃO DE MODELOS ALM EM PLANOS DE PREVIDÊNCIA	27
3. COMPOSIÇÃO DA CARTEIRA DE INVESTIMENTOS DOS RPPS	32
4. PROVISÃO MATEMÁTICA PREVIDENCIÁRIA.....	36
5. METODOLOGIA.....	41
5.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO.....	41
5.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO DE MODELOS DE ALM IDENTIFICADOS NA LITERATURA	43
5.2.1 Procedimentos de Análise	43
5.2.2 Achados da Meta-Análise	46
5.3 ENTIDADE OBJETO DO ESTUDO.....	52
6. PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS ALM EM RPPS	57
6.1 ADAPTAÇÃO DOS MODELOS DA LITERATURA.....	57
6.2 APLICAÇÃO DO MODELO EM UM RPPS REAL	63
6.2.1 Otimização do Ativo da Entidade Objeto do Estudo no Modelo ALM.....	63
6.2.2 Casamento dos Fluxos de Ativos e Passivos a partir do ALM.....	68
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A - RESUMO DAS EQUAÇÕES GERAIS UTILIZADAS NA LITERATURA ...	90

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

Fundamentados no art. 40 da Constituição Federal do Brasil de 1988, os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) asseguram aos servidores titulares de cargo efetivo nos entes públicos brasileiros (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) e dos militares dos Estados e do Distrito Federal regime de previdência de caráter contributivo e solidário, observados critérios que preservem o equilíbrio financeiro e atuarial (BRASIL, 1988).

Em 2016, 2.092 entes federados brasileiros contavam com uma unidade gestora de RPPS, envolvendo 5.262.013 servidores ativos, 1.810.902 inativos e 635.806 pensionistas, totalizando mais de sete milhões de segurados nesse regime (MPS, 2016).

Do ponto de vista legal, os RPPS são regulamentados pela Lei nº 9.717, de 27 de novembro de 1998, que dispõe sobre as regras gerais para sua organização e funcionamento, tendo como base normas gerais de contabilidade e atuária, de modo a garantir seu equilíbrio financeiro e atuarial, estabelecendo diretrizes que devem ser seguidas quanto à sua gestão e institucionalização. As normas aplicáveis às avaliações e reavaliações atuariais dos RPPS, estão dispostas na Portaria MPS nº 403/2008 (MPS, 2008).

De acordo com a Portaria MPS nº 403/2008, que dispõe, dentre outros, sobre as normas aplicáveis às avaliações e reavaliações atuariais dos RPPS, o equilíbrio financeiro é alcançado quando há garantia de equivalência entre as receitas auferidas e as obrigações em cada exercício financeiro. No caso do equilíbrio atuarial, deve haver a garantia de equivalência, a valor presente, entre o fluxo das receitas estimadas e das obrigações projetadas, apuradas atuarialmente, a longo prazo (art. 2º). Portanto, o equilíbrio financeiro mantido na duração do RPPS possibilitará também o seu equilíbrio atuarial (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 7).

Algumas tentativas para buscar o equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS têm sido feitas pelo Governo brasileiro, a exemplo da Emenda Constitucional nº 41/2003, instituindo, entre outros, a contribuição previdenciária para inativos e pensionistas, a redução nas taxas de reposição das pensões por morte, e a alteração para o cálculo da média das remunerações de contribuição ao longo do período contributivo (ROCHA, CAETANO, 2008, p. 9).

Contudo, apesar de a Emenda Constitucional nº 41/2003 ter adicionado caráter solidário e alterado as regras de cálculo dos proventos de aposentadoria, passando a

considerar a média aritmética simples das contribuições (PORTO, CAETANO, 2015, p. 5), o desequilíbrio nos RPPS se mantém ao longo dos anos (NOGUEIRA, 2012, p. 187- 188; REIS, LIMA, WILBERT, 2015, p.11).

Diante desse cenário, o estudo se propõe a buscar alternativas que possibilitem o equilíbrio financeiro e atuarial desses regimes, trazendo para discussão a perspectiva de adoção do *Asset and Liability Management* (ALM) no âmbito dos RPPS, uma ferramenta que tem sido apontada na literatura como capaz, entre outros, de gerenciar a incerteza dos retornos sobre os ativos e os pagamentos futuros (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Considerando que dados da Secretaria da Previdência do Ministério da Fazenda apontam que os regimes próprios de previdência social (RPPS) vêm se mantendo deficitários ao longo dos anos, e que alternativas devem ser discutidas na busca do equilíbrio financeiro e atuarial desses regimes, a questão problema do presente estudo está delimitada da seguinte forma: *quais as perspectivas de adoção de modelos ALM em regimes próprios de previdência social?*

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar as perspectivas de adoção de um modelo ALM em regimes próprios de previdência social.

1.2.2 Objetivos Específicos

- i. Fundamentar a utilização da Teoria de Markowitz no estudo, apresentar as premissas financeiras e atuariais dos RPPS e demonstrar a utilização de ALM em planos de previdência;
- ii. Esclarecer como deve ser composta a carteira de investimentos dos RPPS;
- iii. Apresentar os aspectos conceituais e legais relacionados à provisão matemática previdenciária dos RPPS;
- iv. Efetuar análise de conteúdo de modelos ALM a partir da revisão de literatura;
- v. Apresentar uma adaptação dos modelos identificados na literatura para aplicação em RPPS;
- vi. Aplicar o modelo conceitual desenvolvido em um RPPS real.

1.3 JUSTIFICATIVA E PRESSUPOSTO

Em que pese o arcabouço legal e normativo dos RPPS trazer expressamente a exigência de garantir o equilíbrio financeiro e atuarial, o déficit atuarial no âmbito do RPPS do Governo brasileiro se manteve em torno de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) no período de 2004 a 2010, com pico de crescimento nos anos de 2011 (31,4%) e 2012 (33,6%) e queda em 2013 (27,1%), indicando como as insuficiências financeiras podem afetar o equilíbrio dos RPPS no longo prazo (REIS, LIMA, WILBERT, 2015, p.9).

De acordo com a literatura, entre os fatores apontados para o desequilíbrio nas contas dos RPPS está a concessão de aposentadorias sem fonte de custeio e previsão orçamentária definida (BARROSO, 2010, p. 9), o uso de taxa de desconto e hipóteses atuariais inadequadas (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 21-22; CALDART, et al., 2014, p. 283) e a ausência do registro contábil da provisão matemática previdenciária, resultando em insuficiência de informações íntegras e tempestivas (REIS, LIMA, WILBERT, 2015, p.11).

Também, a utilização de premissas atuariais que não refletem a realidade da massa de segurados do ente vindo conduzindo a custeios insuficientes, prejudicando a sustentabilidade atuarial e financeira do regime (CALDART, et al., 2014, p. 292). Porto e Caetano (2015, p.4) comentam que em razão das alterações constitucionais e legais, há a necessidade de se discutir, a partir da perspectiva da racionalidade econômica, a "sustentabilidade fiscal de longo prazo do regime próprio de previdência dos servidores públicos e, ainda, sobre a contribuição de cada uma dessas mudanças para o processo de convergência ou divergência entre o RPPS e o RGPS".

Além disso, o desvio de verbas ocorridas no sistema previdenciário por meio de concessões irregulares de benefícios (FÉLIX, RIBEIRO, TOSTES, 2008, p.7; BARROSO, 2010, p.9) e crises econômicas impulsionaram o desequilíbrio atuarial e financeiro nos RPPS (FÉLIX, RIBEIRO, TOSTES, 2008, p.2). Contudo, mesmo neste contexto, há resistência por parte dos entes para a adoção de políticas de equacionamento do déficit atuarial, uma vez que apesar de existir o desequilíbrio atuarial há superávit financeiro que garante o pagamento dos benefícios por um breve período de tempo, porém, ao longo dos anos, a situação irá gerar desequilíbrio nas contas públicas, afetando a capacidade administrativa e de pagamento dos fluxos de benefícios (NOGUEIRA, 2012, p. 187-188).

Assim, de forma geral, os autores apontam que esses problemas ao longo do tempo vêm comprometendo a sustentabilidade dos regimes próprios de previdência social (PORTO, CAETANO, 2015, p. 4; REIS, LIMA, WILBERT, 2015, p. 11; MPS, 2015, p. 9; LIMA,

OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 21-22; NOGUEIRA, 2012, p. 187-188; BARROSO, 2010, p. 9; FÉLIX, RIBEIRO, TOSTES, 2008, p. 2-7).

Diante desse cenário, alternativas devem ser discutidas na busca do equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS, como as propostas apresentadas na literatura para a gestão de ativos e passivos em outros regimes previdenciários, notadamente em fundos de pensão (BERTUCCI, FÉLIX, SOUZA, 2006, p. 2; HURTADO, 2008, p. 16). Uma dessas respostas é o uso de ferramentas que considerem adequada e integralmente as questões dinâmicas envolvidas, como modelos de *Asset and Liability Management* (ALM) (BERTUCCI, FÉLIX, SOUZA, 2004, p. 53; HURTADO, 2008, p. 17), que têm sido utilizados para gerenciar a incerteza dos retornos sobre os ativos e os pagamentos futuros (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2).

Pesquisas trazem evidências empíricas de que a utilização de modelos ALM é adequada para a gestão de ativos e passivos, visando garantir o pagamento dos benefícios no longo prazo (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2; CHEN, PELSSER, PONDS, 2014, p. 91-92; GOECKE, 2013, p. 680; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2011, p. 141; MARQUES, 2011, p. 22; MULVEY *et al.*, 2008, p. 1068; FRAUENDORFER, JACOBY, SCHWENDENER, 2007, p.2266; BERTUCCI, FÉLIX, SOUZA, 2004, p.53).

O tema também começa a ser discutido na perspectiva dos RPPS, como a citação de Lima e Guimarães (2016, p. 170), que consideram que a aplicação da técnica de ALM pode ser vista como uma medida viabilizadora para compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira a cada momento de pagamento dos benefícios a seu cargo, além de auxiliar na construção de políticas de investimentos que otimizem a relação risco e retorno da carteira de investimentos dos RPPS.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A primeira delimitação da pesquisa se dá em razão da aplicabilidade do tema de adoção do ALM em regimes próprios de previdência social, uma vez que os estudos desenvolvidos pela literatura são, em geral, aplicados, aos fundos de pensão (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011;

FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Ressalta-se, contudo, que tanto nos regimes de previdência público (regime geral e regime próprio) como nos fundos de previdência privados há uma busca por uma gestão ótima do risco e retorno da carteira de investimento, com restrições legais quanto à gestão desses recursos buscando mitigar os desequilíbrios (BERTUCCI, SOUZA, FÊLIX, 2008 p. 36-37). Assim, inferem-se, com base na literatura analisada, semelhanças em relação aos objetivos traçados nos modelos de gestão de ativos e passivos dos fundos de pensão com os objetivos que podem ser traçados para os RPPS (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Como limitação da pesquisa também há de se considerar apenas a seleção de estudos nacionais e internacionais contidos no portal da CAPES, e o próprio procedimento metodológico de busca.

Outro aspecto refere-se à aplicação do modelo conceitual desenvolvido em um Município de grande porte, com mais de um milhão de habitantes, situado na região nordeste do Brasil, com cerca de 6.500 segurados. É possível que os resultados alcançados sejam em decorrência das características da entidade objeto da análise, que, eventualmente, podem não ser passíveis de ser extrapolados para outros RPPS que apresentem características diferentes das analisadas.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Além desta Introdução, esta dissertação está estruturada em cinco Seções. A Seção 2, a seguir, foi elaborada com o objetivo de fundamentar a utilização da Teoria de Markowitz no estudo, apresentar as premissas financeiras e atuariais dos RPPS e demonstrar a utilização de ALM em planos de previdência.

Na Seção 3, foram apresentadas as peculiaridades da composição da carteira e os limites máximos para investimento dos RPPS, conforme a resolução nº 3.922/2010 do

Conselho Monetário Nacional. Também é feita uma revisão da literatura, que tratou dos perfis de investimentos mantidos pelos RPPS.

A Seção 4 tem como objetivo apresentar os aspectos conceituais e legais relacionados à constituição da provisão matemática previdenciária, os conceitos de avaliação atuarial, nota técnica atuarial e parecer atuarial, além das variáveis envolvidas no cálculo do valor do benefício de aposentadoria do RPPS e o papel da provisão matemática previdenciária da perspectiva do ALM.

A Seção 5 tem como objetivo apresentar o modelo metodológico que subsidiará a realização da pesquisa para alcançar o objetivo proposto, a análise de conteúdo de modelos ALM efetuada a partir da revisão de literatura e a identificação do RPPS que será objeto da análise do modelo adaptado.

Na Seção 6, é apresentada a adaptação do modelo de ALM a partir da revisão da literatura para aplicação em RPPS, e analisada a sua aplicabilidade em um RPPS real. Finalmente, na Seção 7, são apresentadas as considerações finais do estudo, seguidas das referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO

Esta Seção foi elaborada com o objetivo de fundamentar a utilização da Teoria de Markowitz no estudo, apresentar as premissas financeiras e atuariais dos RPPS e demonstrar a utilização de ALM em planos de previdência.

2.1 TEORIA DE MARKOWITZ E A CARTEIRA ÓTIMA

A gestão dos institutos de previdência no âmbito do Setor Público, similarmente aos fundos de pensão privados, envolve decisões sobre a formação da carteira de investimentos que implicam na dicotomia risco e retorno dos recursos (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 1-2). Desse modo, o gestor da carteira buscará uma escolha eficiente para que determinado nível de risco alcance o maior retorno possível de uma carteira, ou, ainda, para certo retorno o menor grau de risco (KATO, 2004, p.8).

De acordo com Jorion (2010, p. 3), o risco pode ser definido como "a volatilidade dos resultados inesperados, normalmente relacionada ao valor de ativos e passivos de interesse". Para Gitman (2010, p. 13-14), o retorno equivale ao ganho ou a perda sofrida pelo investimento em certo período. Os estudos encontrados sobre a otimização da carteira para RPPS utilizaram a Teoria de Markowitz (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2004, p. 45-48; FERREIRA *et al.*, 2010, p. 60; TRINTINALIA, SERRA, 2016, p. 10).

Segundo a Teoria de Markowitz (1959, p. 8-10), que define matematicamente a relação entre risco e retorno, o investidor é racional e sempre buscará maximizar o seu retorno. Essa teoria apontou a diversificação como forma de reduzir os riscos da carteira de ativos, além de evidenciar que para avaliar o risco individual é preciso considerar a covariância entre os ativos (SANTOS e TESSARI, 2012, p. 370). De acordo com esses pesquisadores, as Equações 1 e 2 são as principais fórmulas utilizadas pela Teoria de Markowitz.

Equação 1

$$ret_{port} = \sum_{i=1}^N r_i \omega_i$$

Equação 2

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \omega_i \omega_j \text{cov}_{ij}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \omega_i \omega_j \cdot \rho_{ij} \cdot \sigma_i \sigma_j}$$

Onde:

ret_{port} é a taxa de retorno do portfólio;

σ_p é o desvio padrão do portfólio;

r_i é a taxa de retorno do ativo i ;

ω_i é a proporção investida no ativo i ;

cov_{ij} é a covariância entre dois ativos individuais, i e j ;

ρ_{ij} é o coeficiente de correlação entre dois ativos individuais;

N é o número de ativos individuais.

Como se pode observar, a Teoria de Markowitz demonstra que o retorno do portfólio é a média ponderada dos retornos dos ativos individuais (Equação 1), enquanto o risco do portfólio é representado pelo desvio padrão da covariância dos ativos, dois a dois (Equação 2). Como a Teoria de Markowitz tem como objetivo maximizar o grau de satisfação do investidor, o modelo demonstra a variância de uma carteira como relação da variância e covariâncias dos ativos de acordo com proporção na carteira (CASACCIA *et al*, 2011, p. 12).

Para Jorion (2010, p. 131), o grande ensinamento da Teoria de Markowitz está em considerar que os gestores das carteiras devem diversificar os investimentos de forma a diversificar as suas fontes de riscos. Desse modo, métodos de seleção de carteira têm como objetivo determinar uma estratégia de investimento eficaz para a alocação de riqueza entre um conjunto de ativos, para atingir determinados objetivos financeiros a longo prazo (HUANG *et al.*, 2016, p. 2480).

As fórmulas utilizadas na Teoria de Markowitz levam ao conceito de fronteira eficiente, onde, para cada nível de risco, existe um ponto da curva onde a carteira é ótima (CASACCIA *et al*, 2011, p. 12). Assim, para implementar as carteiras sob a ótica de fronteira eficiente, é preciso estimar a média e a matriz de covariância dos retornos de ativos, sendo amplamente utilizada na literatura a média amostral de covariância (DEMIGUEL, NOGALES, 2009, p. 560).

A fronteira eficiente é dada a partir de um gráfico que reúne combinações infinitas de possíveis títulos que poderiam compor uma carteira, e, assim, é traçada uma curva do conjunto das combinações eficientes de carteiras a partir das combinações de ativos que maximizem a taxa de retorno do portfólio em relação a um determinado nível de risco e

retorno esperado (BAIMA, 1998, p. 34-35). Essa teoria permitiu o conhecimento de que a relação risco *versus* retorno não é totalmente correlacionada, visto que o gráfico da fronteira eficiente é dado a partir de uma função hiperbólica e não por uma reta como era imaginado antes (BRUNI, FUENTES, FAMÁ, 1998, p. 4-5).

Baseado na Teoria de Markowitz, Sharpe (1964, p. 425-428) desenvolveu o chamado Índice de Sharpe ou Razão de Sharpe, demonstrando que se o fundo estudado apresenta uma rentabilidade compatível com o risco, o investidor se expõe, conforme Equação 3.

Equação 3

$$Sh_t = \frac{R_{pt} - R_{ft}}{\sigma_{pt}}$$

Onde:

R_{pt} é a taxa de retorno observada do investimento no tempo t;

R_{ft} é a taxa livre de risco em t;

σ_{pt} é o desvio padrão dos retornos do investimento em questão.

A rentabilidade média real é calculada conforme a Equação 3, demonstrando o quanto o retorno observado superou ou não a taxa livre de risco escolhida e ponderando a rentabilidade real média pelo desvio padrão da carteira, sendo que quanto maior esse desvio padrão maior é o risco aceito pelo investidor. Assim, o índice mede o prêmio por unidade de risco: quanto mais alto for o seu valor, maior a relação entre prêmio de risco e desvio padrão (LIMA, 2008, p.67).

Registre-se, contudo, que existe uma limitação ao calcular a fronteira eficiente utilizando a média amostral de covariância, em razão de erros de estimação por conta da volatilidade da carteira. Com isso, políticas de investimentos que são construídas a partir desses estimadores tendem a ser instáveis, pois, as carteiras variarão substancialmente ao longo do tempo (DEMIGUEL, NOGALES, 2009, p. 560).

Assim, de acordo com Santos e Tessari (2012, pg. 370), a normalidade dos retornos, com base na literatura financeira nem sempre é válida e, por consequência, métricas que têm essa premissa como suporte pode levar a erros de estimação e de tomada de decisão com base nesses estimadores (SANTOS e TESSARI, 2012, p. 370). Outro ponto a ser considerado são

as projeções de fluxos de caixa que consideram somente um período, que podem levar a distorções de estimação (HUANG *et al.*, 2016, p. 2480).

Desta forma, há de se considerar que a sensibilidade envolvendo as médias dos retornos dos ativos pode levar a sucessivas alterações nas políticas de investimentos, de forma a adequar a carteira em busca da sua otimização, o que faz com que, na prática, a Teoria de Markowitz seja difícil de ser implementada (DEMIGUEL, NOGALES, 2009, p. 560).

Outro ponto a ser considerado é que os modelos de otimização de carteira utilizam diferentes definições de retorno e risco esperado, ou seja, embora o objetivo seja simular as carteiras para encontrar a melhor relação risco e retorno, as metodologias mudam de acordo com a proposta do trabalho (KATO, 2004, p. 116).

Em que pese as críticas apresentadas à Teoria de Markowitz, estudos mostram que mesmo após 50 anos a mesma continua sendo válida e usual. Cassettari (2001, p. 70-83) comparou a Teoria de Markowitz com um modelo que continha distribuições hiperbólicas e o conceito de *Value at Risk (VAR)*, demonstrando que o risco do portfólio não difere significativamente entre as duas metodologias, mesmo que a composição da carteira seja diferente em algumas situações. Outros estudos, como o de Arfux (2004, p. 55) e Bach *et al.* (2015, p. 35) confirmam que a Teoria de Markowitz continua sendo base para determinar a composição eficiente das carteiras analisadas.

Quanto a mensurar o risco por meio de instrumentos como o VaR para a gestão fundos previdenciários, pesquisadores mostram que não é suficiente para garantir uma gestão financeira adequada, havendo a necessidade de medir de forma dinâmica o retorno esperado com a meta atuarial (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2004, p. 52). Entre os modelos matemáticos que levem em consideração todas as questões dinâmicas envolvidas, estão os modelos de *Asset Liability Management (ALM)* (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2004, p. 53). Assim, na perspectiva da gestão previdenciária, o ALM pode ser utilizado como uma estratégia de gestão de riscos visando retorno adequado para garantir os ativos superavitários (CHEN, YANG, YIN, 2008, p. 456).

Modelos de ALM para projeção e gestão de ativos e passivos previdenciários são utilizados notadamente em fundos de pensão (BOENDER, 1997,; BOGENTOFT, ROMEIJN, URYASEV, 2001; SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER,

SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; OLIVEIRA, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). Embora não exista obrigação legal no Brasil, diversos estudos de previdência complementar aberta e fechada indicam a utilização de modelos ALM para os fundos de pensão (CHAIM, 2007; HURTADO, 2008; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; OLIVEIRA, 2014; SILVA, 2015). Santos, Oliveira e Lima (2015, p. 12), ao analisar informações divulgadas pelas cinco maiores entidades fechadas de previdência complementar, constataram que as instituições utilizam ALM para a alocação dos seus recursos e definição das estratégias de gestão.

Entre os fatores motivadores para a utilização de ALM estão: (i) a possibilidade de otimizar a carteira, utilizando regras de restrição diversas (MARQUES, 2011, p. 36-37; SILVA, 2015, p.70); (ii) a necessidade de projeções de fluxos de ativos e passivos, onde os passivos apresentam duração superior à duração dos títulos (MARQUES, 2011, p. 36-37; OLIVEIRA, 2014, p. 54); (iii) a possibilidade de ajustes constantes na alocação dos recursos diante de riscos, como mudança da taxa de juros (MARQUES, 2011, p. 36-37); (iv) o fato de os modelos ALM permitirem planejar os fluxos de caixa para diferentes cenários econômicos (CHAIM, 2007, p. 125-126; OLIVEIRA, p.54); e (v) o gerenciamento, de forma integrada dos fluxos de ativos e passivos (BOENDER, 1997, p. 127). Por outro lado, entre os fatores limitadores para a utilização do modelo ALM, estão: (i) a projeção de múltiplos cenários, que pode superar a capacidade computacional, adotando-se, por isso, perspectivas de simplificação dos modelos (BOGENTOFT, ROMEIJN, URYASEV, 2001, p. 61; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2); e (ii) possíveis erros de projeção inerentes às características de volatilidade das variáveis atuariais e financeiras consideradas (ZIEMBA, 2003, p. 13).

Portanto, em que pese não haver exigência legal para uso do ALM em fundos de pensão, tanto na perspectiva internacional quanto nacional, há evidências de sua utilização diante das características que permitem uma gestão dinâmica de alocação. Assim, infere-se, da mesma forma, que embora também não exista determinação legal para a utilização do ALM em RPPS, a mesma pode ser factível diante de todas as questões dinâmicas envolvidas e das perspectivas de solução para o problema de rentabilidade (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2004, p. 52-53).

2.2 PREMISSAS ATUARIAIS E FINANCEIRAS DOS RPPS

As legislações previdenciárias que regem o RPPS - Constituição Federal de 1988, a Lei nº 9.717/1998 e a Portaria MPS nº 403/2008 - estipulam o controle contábil e a salvaguarda do equilíbrio financeiro e atuarial. Um dos principais pontos da reforma previdenciária de 1998 em relação ao RPPS está a necessidade de manutenção do equilíbrio financeiro e atuarial, bem como da imposição de penalidades para o não cumprimento desse equilíbrio (CALAZANS *et al.*, 2013, p. 279).

Desse modo, o art. 7º da Lei nº 9.717/1998 dispõe que os RPPS devem ser baseados em normas gerais de contabilidade e atuária, tendo os seus respectivos entes federativos (Municípios, Estados, Distrito Federal e União) a responsabilidade em cobrir eventuais insuficiências financeiras do regime, sob pena de suspensão das transferências voluntárias de recursos pela União e impedimento para celebrar acordos, contratos, convênios e receber empréstimos, financiamentos, avais e subvenções em geral de órgãos ou entidades da Administração direta e indireta da União.

De acordo com a Portaria MPS nº 403/2008, o equilíbrio financeiro difere do equilíbrio atuarial (art. 2º), pois, enquanto o equilíbrio financeiro se refere à garantia de recurso para pagar as obrigações dos RPPS em cada exercício financeiro, o equilíbrio atuarial representa a equidade, a valor presente, entre o fluxo das receitas esperadas e as obrigações futuras apuradas atuarialmente no longo prazo.

Segundo Nogueira (2011, p. 83), ao alcançar o equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS, o Estado garante como política pública a manutenção do direito social de previdência aos servidores públicos. Contudo, os RPPS criados até 1998 foram instituídos antes da reforma previdenciária e não foram precedidos de um estudo atuarial que avaliasse o custo do plano previdenciário para estabelecer adequadamente as fontes de custeio para a cobertura do pagamento dos benefícios. Além disso, deficiências estruturais e organizacionais resultaram na formação de expressivos déficits para muitos dos RPPS (NOGUEIRA, 2012, p. 156; MPS, 2015, p. 7).

Desta forma, os pesquisadores entendem que para alcançar o equilíbrio é preciso considerar as variáveis atuariais que englobam hipóteses biométricas e financeiras para a determinação do custo previdenciário do plano (CALDART *et al.*, 2014, p. 283; (NOGUEIRA, 2012, p. 163). Por meio desse cálculo é possível identificar as insuficiências de cobertura, isto é, desequilíbrios atuariais e financeiros (CALDART *et al.*, 2014, p. 283). As

hipóteses a serem consideradas, portanto, são as expectativas de sobrevivência, estimativas de inflação, projeção das taxas de juros, rotatividade dos participantes, estimativa de crescimento de salários e benefícios, e ingresso de novos segurados (NOGUEIRA, 2012, p. 163).

O estudo atuarial previdenciário também exige conhecimentos básicos de demografia, porque envolve probabilidades decrementais que afetam as avaliações, tais como, a morte (CAPELO, 1986, p. 1). As variáveis demográficas podem influenciar os recursos garantidores da gestão previdenciária através de efeitos relacionados com a estrutura etária, e também através de efeitos associados à longevidade esperada, uma vez que uma maior expectativa de vida pode assumir um prolongamento da vida ativa ou aumento de poupança (BLOOM *et al*, 2006, p. 27).

A partir dessas variáveis atuariais, é calculada a alíquota de equilíbrio de tal forma que o valor presente dos fluxos de contribuições estimadas seja correspondente ao fluxo dos benefícios que serão pagos (GIAMBIAGI, AFONSO, 2009, p. 154). Assim, a manutenção do equilíbrio atuarial e financeiro exige uma constante avaliação das premissas que dão base às projeções futuras. Desta forma, todas as modificações na remuneração dos servidores, tais como, em planos de carreira, reclassificação, transformação de cargos, entre outros, devem ser objeto de um estudo de natureza atuarial que objetive diagnosticar os reflexos da mesma sobre o sistema previdenciário (FANTINEL, 2003, p. 37).

Destaca-se que as obrigações previdenciárias, de acordo com Mascarenhas, Oliveira e Caetano (2004, p. 9): “não apresentam valor conhecido e data certa para pagamento”. Ainda, segundo os autores, a incerteza dessas obrigações está associada à concepção de risco, uma vez que, a partir de informações conhecidas, são calculados os valores esperados e presentes das obrigações.

Registre-se que os parâmetros mínimos a serem observados na avaliação atuarial dos RPPS - como as tábuas biométricas, que expressam as probabilidades de ocorrência de eventos relacionados a sobrevivência, invalidez ou morte de determinado grupo de pessoas vinculadas ao plano - estão definidos na Portaria MPS nº 403/2008.

A legislação previdenciária também determina que as avaliações e reavaliações atuariais sejam realizadas tendo como base tábuas biométricas referenciais para a projeção dos aspectos biométricos dos segurados e de seus dependentes mais adequadas à respectiva massa populacional do ente federativo, desde que não indiquem obrigações inferiores às alcançadas pelas seguintes tábuas: (i) sobrevivência de válidos e inválidos, de acordo com a tábua atual de mortalidade elaborada para ambos os sexos pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatísticas - IBGE, como limite mínimo de taxa de sobrevivência; e (ii) Álvaro Vindas, como limite mínimo de taxa de entrada em invalidez.

Contudo, é importante considerar que o uso dessas tábuas é questionado. Para Gomes (2008, p. 61), caso a tábua não contemple as características demográficas da massa de segurados, os planos de previdência podem enfrentar problemas de gestão. Outra questão a considerar é que a utilização da tábua de mortalidade do IBGE como parâmetro para a população segurada do RPPS tem sido realizada pela ausência de informações cadastrais consistentes, o que dificulta a realização de testes de aderência para escolha da tábua de mortalidade mais adequada (CALDART *et al.*, 2014, p. 284).

Outro parâmetro refere-se à taxa de rotatividade, calculada a partir do número de participantes que saem do RPPS antes da aposentadoria (FANTINEL, 2002, p. 11). O limite máximo da taxa de rotatividade permitido pela Portaria MPS nº 403/2008, art. 7º, é de 1% ao ano. A Portaria também estabelece que a expectativa de reposição de servidores pode ser admitida desde que não resulte em aumento da massa de segurados ativos, e os critérios adotados estejam devidamente demonstrados e justificados na Nota Técnica Atuarial.

A Portaria MPS nº 403/2008 também define os parâmetros relativos à taxa de crescimento da remuneração e da taxa real de juros a serem considerados na avaliação atuarial. Enquanto a taxa real mínima de crescimento da remuneração ao longo da carreira deve estar limitada a 1% (um por cento) ao ano (art. 8º), a taxa real de juros deve ser calculada a partir da meta da política de investimento das aplicações dos recursos dos RPPS, com o limite máximo de 6% ao ano (art. 9º).

Segundo Mascarenhas, Oliveira e Caetano (2004, pg. 9), as obrigações previdenciárias apresentam informações que permitem projetar valores por meio de esperanças matemáticas e valores presentes. O Quadro 1 aponta as principais premissas financeiras e atuariais definidas pela legislação previdenciária.

Quadro 1– Premissas financeiras e Atuariais definidas na Portaria MPS nº 403/2008

Utilização	Premissa	Parâmetro de referência
Referência para a projeção dos aspectos biométricos dos segurados e de seus dependentes mais adequadas à respectiva massa.	Tábua Biométrica Referencial de Sobrevivência de Válidos e Inválidos.	Tábua atual de mortalidade elaborada para ambos os sexos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE.
	Tábua Biométrica Referencial de Entrada em Invalidez.	Álvaro Vindas.
Expectativa de saídas de servidores ativos do ente federativo.	Taxa de rotatividade.	1% a.a (um por cento ao ano).
Expectativa de reposição de servidores.	Taxa de reposição da massa.	Não poderá resultar em aumento da massa de segurados ativos. Ou seja, considera-se uma taxa de reposição de 1 para 1.
Expressa o ajuste salarial.	Taxa real mínima de	1% a.a (um por cento ao ano).

	crescimento da remuneração.	
Perspectiva de ganho real para as aplicações dos recursos do RPPS	Taxa real de juros utilizada na avaliação atuarial.	Limitada ao máximo de 6% (seis por cento) ao ano.
Cálculo dos benefícios de auxílio-doença, salário-família e salário-maternidade.	Apurados a partir dos valores efetivamente despendidos para esses benefícios.	Não pode ser inferior à média dos dispêndios dos três últimos exercícios.

Fonte: elaborado pelo autor a partir da Portaria MPS nº 403/2008

Em que pese haver a definição de parâmetros por parte da legislação, estabelecendo limites máximos e mínimos acerca das premissas financeiras e atuariais a ser observada, a recomendação é que as premissas atuariais não sejam enviesadas, para tanto, não podem nem ser imprudentes e nem excessivamente conservadoras (IPSAS 25, 2008, item 87, p. 805). No caso das premissas financeiras, devem basear-se em expectativas de mercado, na data a que se referem às demonstrações contábeis, relativamente ao período durante o qual se liquidam (pagam) as obrigações (IPSAS 25, 2008, item 90, p. 805).

2.3 ADOÇÃO DE MODELOS ALM EM PLANOS DE PREVIDÊNCIA

Inicialmente, modelos de *Asset Liability Management* (ALM) foram utilizados pelo setor bancário, contudo, com o seu aperfeiçoamento, passaram a ser utilizados para o gerenciamento de ativos e passivos de outros setores, inclusive, para a gestão de seguros e ativos previdenciários (MARQUES, 2011, p. 20-21). Desse modo, com a necessidade de se buscar estratégias de gestão que possam compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira dos recursos previdenciários, modelos de ALM possibilitariam buscar a alocação ótima dos recursos quanto há restrições impostas no gerenciamento do ativo e do passivo (MARQUES, 2011, p. 22).

De acordo com Winklevos (1982, p. 585), gerenciar recursos previdenciários leva a questões tais como tomada de decisões a respeito do nível e variedade de benefícios, bem como a forma de financiamento e investimento, todavia, muitas vezes os planos de pensão não coordenam adequadamente as políticas de concessão, investimento e financiamento. Assim, com as políticas fragmentadas à medida que aumenta o porte e a relevância dos planos de previdência, são necessárias ferramentas que integrem as decisões (WINKLEVOS, 1982, p. 585).

Por isso, é reconhecido que todos os instrumentos de política para ativos e passivos disponíveis têm de ser determinados de forma integrada, para gerir os interesses e

regulamentos de todos os interessados, o que indica o ALM como solução para esse problema de planejamento estratégico (BOENDER, 1997, p. 127).

Na perspectiva da gestão previdenciária, ao prospectar as variáveis financeiras e atuariais, o modelo ALM pode ter como objetivo fazer projeções que resultem em cenários onde o valor dos ativos seja superior ao valor dos passivos e haja o casamento de prazos. Destarte, o ALM pode ser utilizado como uma estratégia de gestão de riscos visando retorno adequado para garantir os ativos superavitários (CHEN, YANG, YIN, 2008, p. 456). Para alcançar esses objetivos, modelos de ALM partirão de parâmetros pautados na tomada de decisão, tais como taxas de juros, inflação e nível de endividamento (CHEN, YANG, YIN, 2008, p. 456). Por isso, tem sido adequada a aplicação de modelos ALM em previdência, notadamente fundos de pensão (BOGENTOFT, ROMEIJN, URYASEV, 2001, p. 57).

Desse modo, no caso dos fundos de pensão, modelos ALM têm sido utilizados para gerenciar os momentos de decisão e reequilibrar a carteira de investimento, visando manter uma alocação de recursos ótima entre diferentes classes de ativos (BOGENTOFT, ROMEIJN, URYASEV, 2001, p. 57-58). A literatura aponta que modelos ALM são dinâmicos e gerenciam decisões de longo prazo de forma contínua (YANG, XU, CAI, 2012, p.114), tendo, portanto, uma longa tradição em fundos de pensão (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p.2). De acordo com Figueiredo (2011, p. 22), a gestão do fundo pode ser analisada por meio de modelos ALM, utilizando a programação matemática, por considerar as restrições de otimização da carteira para o pagamento de benefícios futuros.

Da perspectiva internacional, fundos de previdência estadunidenses e ingleses seguiram a tendência de uso do ALM para gestão de incertezas do mercado de capitais, principalmente por conta da mudança progressiva da pirâmide etária desses países, que começava a inverter-se (HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2010, p. 47-48).

Com objetivo de testar o desempenho de regras de proporção constante, pesquisas usando modelos ALM têm se concentrado na modelagem de passivos e retorno da carteira de fundos de modo a reequilibrar os recursos entre as diferentes classes de ativos (BOGENTOFT, ROMEIJN, URYASEV, 2001, p. 57).

Na visão de Chaim (2007, p. 125-126), modelos ALM utilizam métodos determinísticos ou estocásticos para projetar, em fundos de pensão, cenários de longo prazo por meio de variáveis relativas a eventos econômicos, características biométricas e dados atuariais. Hurtado (2008, p. 55) explica que os modelos ALM focados em uma gestão estática têm seus passivos e ativos modelados individualmente para, posteriormente, ser feita a

integração dos fluxos de forma a alcançar a equivalência, neste caso, os modelos podem ser determinísticos ou estocásticos.

Já nos modelos de gestão dinâmica, as modelagens de ativos e passivos são integradas de forma que os resultados dos valores das contribuições e da carteira de investimento são alcançados ao mesmo tempo, desse modo, modelos dinâmicos utilizam abordagens estocásticas (HURTADO, 2008, p. 56).

Assim, modelos ALM têm utilizado algoritmos para cálculos numéricos, apresentando inúmeras técnicas para sistematizar a solução do problema de alocação ótima. Contudo, tem havido uma tendência para a utilização de algoritmos de programação (MARQUES, 2011, p. 38). Desta forma, modelos ALM podem utilizar tanto métodos determinísticos como métodos estocásticos para gerenciar os ativos e passivos, embora, para Chaim (2007, p. 126-127), as variáveis econômicas, biométricas e atuariais para projetar o fluxo futuro no longo prazo tenham características estocásticas.

Autores como Ziemba (2003, p. 13) preconizam que modelos de otimização baseados em cenários oferecem uma forma de sistematizar a seleção da carteira de ativo, equilibrando o risco e retorno com o objetivo de cobrir obrigações futuras. Entre as possibilidades há os modelos determinísticos, que, segundo Oliveira (2014, p. 34), calculam o valor esperado das classes de ativo com base nos valores históricos, e assumem que os valores do passivo são conhecidos.

Domenica *et al.* (2007, p. 2199) alertam, contudo, que trabalhar com modelos determinísticos, que possuem como pressupostos parâmetros previamente conhecidos, se contrasta com as aplicações práticas do modelo, uma vez que normalmente o cenário é incerto. Assim, os modelos determinísticos possuem a fragilidade de não considerar essa incerteza (DOMENICA *et al.*, 2007, p. 2199).

É preciso compreender ainda que como alocações de ativos para a gestão de fundos de pensão, por exemplo, possuem características de volatilidade devido a erros de estimação em relação aos fluxos de caixa dos benefícios e os retornos empregados na carteira, os modelos determinísticos não apresentam as condições necessárias para lidar com esse tipo de problema (HURTADO, 2008, p. 58). Outra dificuldade em aplicar a abordagem determinística nos fundos de pensão está a incerteza associada às projeções, que é difícil de simplificar (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2).

Com relação aos métodos estocásticos, a incerteza neles abordada tem como base a teoria de otimização excedente associada com a teoria da carteira eficiente de Markowitz

(TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2). Para Ziembra (2003, p. 13), os modelos estocásticos permitem que os investidores não assumam riscos extremos, uma vez que consideram situações extremas e as probabilidades envolvidas na construção dos cenários.

Há que se considerar, ainda, que modelos de gerenciamento de ativos e passivos podem induzir os tomadores de decisão a erros de projeção em razão de assumir como válidos cenários de baixa probabilidade com alto retorno e alto risco, que podem ser evitados com a modelagem estocástica (ZIEMBA, 2003, p. 13). Registre-se, também, que modelos estocásticos para ativos de fundos de pensão permitem definir simultaneamente a taxa de contribuição e a alocação ótima da carteira de ativos, uma vez que neste tipo de modelo são calculadas as contribuições suplementares do patrocinador (MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008, p. 12-13).

Portanto, a literatura mostra que os modelos estocásticos fornecem uma alternativa mais abrangente e flexível de séries financeiras comparativamente aos modelos autorregressivos, uma vez que analisa as volatilidades das observações, contemplando, desse modo, a variação dinâmica da volatilidade subjacente. (MEYER, YU, 2000, p. 198). De acordo com Figueiredo (2011, p. 22), os modelos estocásticos tendem a ser mais adequados, pois as variáveis empregadas definem possíveis cenários no fluxo futuro.

Outra observação a ser considerada é que os modelos estocásticos não exigem fórmulas com precisão ou probabilidade ao utilizar modelos de programação, permitindo, desse modo, gerenciar quaisquer mudanças no modelo de acordo com os parâmetros analisados (MEYER, YU, 2000, p. 199). Entretanto, o aumento dos possíveis cenários e resultados pode exigir uma grande capacidade de processamento, sendo o limite da máquina um fator a ser considerado na delimitação do modelo para aplicações mais detalhadas e eficientes (MEYER, YU, 2000, p. 199).

Pesquisas mostram que o tipo de modelagem e as premissas utilizadas em ALM variam entre os modelos utilizados, sendo encontrados, predominantemente, estudos que utilizam métodos estocásticos (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 2; CHEN, PELSSER, PONDS, 2014, p. 95; GOECKE, 2013, p. 685; MARQUES, 2011, p. 117; FIGUEIREDO, 2011, p. 12; MULVEY *et al.*, 2008, p. 1066; HURTADO, 2008, p. 70; FRAUENDORFER, JACOBY, SCHWENDENER, 2007, p.2266).

Destaca-se que a programação linear estocástica usada em modelos ALM leva à construção de árvores de cenários, onde cada resultado é uma decisão ótima diante das informações disponíveis na construção do modelo (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p. 4).

Para Haneveld, Streutker, Vlerk (2010, p. 60), a inclusão de restrições no modelo tem um baixo custo computacional, sendo possível escolher parâmetros adequados tendo em vista os fatores limitadores impostos por meio de experimentos numéricos.

Os estudos de modelos ALM também mostram que é preciso levar em consideração técnicas para a estimação e otimização dos parâmetros do ativo, como o modelo de Markowitz (FRAUENDORFER, JACOBY, SCHWENDENER, 2007, p. 2266) e Monte Carlo (CHEN, PELSSER, PONDS, 2014, p.81). Mas, para Dempster *et al.* (2003, p. 1), como as decisões envolvendo a carteira são de longo prazo, a mesma precisa ser testada e alocada diversas vezes, o que poderia tornar a gestão da carteira pelo modelo Markowitz ineficiente. Chen, Pelsser, Ponds (2014, p. 81) trazem, contudo, que a utilização do modelo Monte Carlo é eficiente para a gestão da carteira dado seus testes estocásticos.

No caso das carteiras com investimentos imobiliários, considerados tradicionalmente como seguros e com capacidade de cobertura de risco de inflação, a literatura mostra que são uma boa opção somente para períodos de curto prazo, por oferecem benefícios de cobertura contra as taxas de juros (BROUNEN, PRADO, VERBEEK, 2010, p. 775). Para Goecke (2013, p. 685), há vantagem em modelos de contribuição com poupança coletiva em relação à poupança individual, quando a poupança coletiva é sem garantias de taxa de participação.

Outro ponto a ser considerado é que planos de benefício definido, por terem valores de benefício previamente contratados, apresentam incerteza associada à projeção dos fluxos futuros de ativos, rendimentos mais contribuições, e passivos, compromissos atuariais concedidos e a conceder (MARQUES, 2011, p. 49-50). Por outro lado, planos de contribuição definida apresentam como característica o pagamento de benefícios proporcional ao valor acumulado (MARQUES, 2011, p. 49-50).

Assim, modelos ALM podem representar adequadamente o equilíbrio entre ativos e passivos previdenciários ao possibilitar a evidenciação do fluxo de caixa, apoiar a estruturação de planos de ação e de contingência, e possibilitar a representação das interações entre variáveis em projeções de cenários de longo prazo (CHAIM, 2007, p. 155).

3. COMPOSIÇÃO DA CARTEIRA DE INVESTIMENTOS DOS RPPS

Apesar de o RPPS apresentar características específicas quanto à composição de sua carteira de investimentos, na literatura foram encontrados poucos estudos sobre o tema (BERTUCCI, SOUZA; FÉLIX, 2004, p. 35; BERTUCCI, SOUZA; FÉLIX, 2006, p. 1; LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 13; ANDRADE, 2013, p. 84; TRINTINALIA, SERRA, 2016, p. 1; SANTOS, LIMA, p. 1).

De acordo com Lima e Guimarães (2009, p. 41), com o passar dos anos, em um regime já capitalizado, as reservas constituídas pelos RPPS "serão utilizadas para garantir o pagamento dos benefícios previdenciários sob sua responsabilidade, sem a necessidade de outros aportes de recursos pelo ente público", isto é, os entes públicos seriam autossuficientes para o pagamento de benefícios futuros no curto e no longo prazo. Durante essa condição, os recursos auferidos por meio das contribuições irão compor os recursos disponíveis para a carteira de investimentos dos RPPS (LIMA, GUIMARÃES, 2009, p. 42).

Considerando essa característica, a gestão de ativos previdenciários dos RPPS envolve gerenciar o risco nas aplicações, pois, o principal objetivo da gestão financeira dos ativos previdenciários é a garantia de que os recursos financeiros administrados serão capazes de efetuar o pagamento futuro dos benefícios (BOGONI, FERNANDES et al., 2011, p. 123).

Assim, tanto nos fundos de previdência públicos como nos fundos de pensão privados há decisões envolvendo a formação da carteira de investimentos, implicando na dicotomia risco e retorno (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 1-2). Contudo, nos RPPS há normas específicas que estabelecem restrições quanto à aplicação desses recursos (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 2). Com isso, é preciso considerar os limites estabelecidos pela Resolução CMN nº 3.922/2010 em relação à composição da carteira dos RPPS. De acordo com a norma, esses recursos devem ser aplicados em renda fixa, em renda variável e em cotas de investimentos imobiliários, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Limites máximos para investimento dos RPPS conforme a resolução CMN nº 3.922/2010

Modalidades de Aplicação		
RENDA FIXA	RENDA VARIÁVEL	COTAS DE INVESTIMENTOS IMOBILIÁRIOS
Até 100% em título do Tesouro Nacional e em Cotas de fundos de Investimento cujas carteiras sejam exclusivamente de títulos do tesouro nacional.	Até 30% em cotas de fundos de investimento constituídos sob a forma de condomínio aberto e classificados como referenciados vinculado ao índice Ibovespa, IBrX ou IBrX-50.	Admite somente os imóveis vinculados por lei ao regime próprio de previdência social, que poderão ser utilizados para a aquisição de cotas de fundos de investimento
Até 80% em cotas de fundos de investimento de renda fixa referenciados em um dos subíndices do Índice de Mercado Anbima (IMA) ou do Índice de Duração Constante		

Anbima (IDkA).		imobiliário, cujas cotas sejam negociadas em ambiente de bolsa de valores.
Até 30% em cotas de fundos de investimento classificados como renda fixa ou como referenciados em indicadores de desempenho de renda fixa.	Até 20% em cotas de fundos de índices referenciados em ações, negociadas em bolsa de valores remunerados pelos índices Ibovespa, IBrX e IBrX-50.	
Até 20% em depósitos de poupança em instituição financeira considerada como de baixo risco de crédito ou em Letras Imobiliárias Garantidas.	Até 15% em cotas de fundos de investimento em ações, constituídos sob a forma de condomínio aberto referenciados aos índices Ibovespa, IBrX e IBrX-50.	
Até 15% em cotas de classe sênior de fundos de investimento em direitos creditórios constituídos sob a forma de condomínio aberto.	Até 5% em cotas de fundos de investimento classificados como multimercado, condomínio aberto, sem alavancagem; fundo de investimento em participações, constituídos sob a forma de condomínio fechado; ou fundos de investimento imobiliário, com cotas negociadas em bolsa de valores.	
Até 5% em cotas de classe sênior de fundos de investimento em direitos creditórios, constituídos sob a forma de condomínio fechado ou cotas de fundos de investimento classificados como renda fixa ou como referenciados que sejam referentes a crédito privado.		

Fonte: Santos e Lima (2016).

É importante considerar que a possibilidade de concentrar os fundos em até 100% em um mesmo tipo de título de renda fixa aumenta a sensibilidade da carteira ao risco de liquidez, pois, segundo Hurtado (2008, p. 24), esse risco está associado com o risco financeiro oriundo de uma possível perda de liquidez de mercado ou produto em relação ao seu preço normal no mercado, tendo que se reconhecer o prejuízo não esperado. Adicionalmente, segundo o pesquisador, há o risco de crédito associado a títulos de renda fixa ou ações por mudança na qualidade do crédito, resultando em perda ou *default* da carteira de investimentos.

Contudo, essa restrição aos títulos de renda variável pode ser em decorrência do risco de mercado, que está associado com a perda de valor da carteira de investimentos em decorrência dos retornos abaixo do esperado devido a flutuações nos preços de taxas de juros, câmbio, commodities, ações entre outros (HURTADO, 2008, p. 24).

Para mercados como o brasileiro, porém, com altas taxas de juros, como é possível perceber historicamente pela taxa SELIC e a taxa das operações interbancárias (CDI), o mercado de renda fixa passaria a garantir o cumprimento das metas atuariais (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 8-9). Mas, para a gestão de carteira de fundos de previdência, que envolve o longo prazo em um cenário de acentuada queda da taxa de juros, faz-se necessária a alocação para a imunização da carteira, caso contrário, os choques na taxa de juros podem acarretar grandes perdas (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 10).

Essa preocupação é constatada na pesquisa de Lima, Oliveira e Silva (2012, p. 9-10), a partir do levantamento nos exercícios de 2005 a 2009 dos Demonstrativos de Resultados de

Avaliação Atuarial (DRAA) em 208 municípios detentores de RPPS. Segundo os autores, em que pese o cenário de alta taxa de juros da época, houve indícios de que os RPPS não alcançaram as metas atuariais. No estudo, foi verificado que a totalidade dos RPPS utilizou em sua avaliação atuarial a taxa de juros real em 6% ao ano para trazer os passivos a valor presente, exatamente no limite permitido pela legislação previdenciária, apesar de esse não ter sido o efetivo retorno da carteira. Com isso, a taxa de desconto utilizada acabou não guardando consonância com a taxa de rentabilidade da carteira de investimentos, o que, segundo os pesquisadores, "pode comprometer a sustentabilidade do sistema ao longo dos anos" (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 4).

McCarthy e Miles (2011, p. 5) entendem que a exposição ao risco e sua avaliação na gestão da carteira de fundos de previdência em relação ao benefício aberto é complexo, e poucos gestores têm o conhecimento ou capacidade para avaliar e programar a sua exposição ideal para riscos de taxa de juros. De acordo com os pesquisadores, ao estudar os fundos de pensão, não existem respostas amplamente aceitas para questões de alocação de ativos, tais como, o impacto da estrutura institucional do regime em relação à decisão de alocação de ativos do sistema, a relação entre risco da taxa de juros e risco do patrimônio e a sensibilidade do patrocinador corporativo em relação à alocação de ativos.

Nesse sentido, Cairns (1995, p. 20) evidencia que, primordialmente, o que deve ser alcançado na gestão financeira é o pagamento mínimo dos fluxos de benefícios, com baixa exposição ao risco, contudo, acima do mínimo os recursos podem ser mais expostos ao risco, aumentando assim a possibilidade de ganhos. Desse modo, embora existam diferenças entre o regime de previdência complementar e os RPPS, ambos precisam gerenciar os ativos para atingir a meta atuarial, visando o equilíbrio entre a arrecadação e os fluxos de benefícios presentes e futuros do fundo, considerando também a rentabilidade financeira para alcançar a meta (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2006, p. 2).

Andrade (2013, p. 84-85) aponta que os RPPS apresentam uma baixa diversificação dos investimentos, e que somente a partir de 2010 houve evidências de uma política mais consistente de alocação dos recursos. Contudo, de acordo com o pesquisador, todas as aplicações identificadas foram no segmento de renda fixa.

O estudo de Trintinalia e Serra (2016, p. 18-19) analisou 23 fundos no período de 30 de junho de 2013 a 30 de junho de 2015 e constatou que, para esse período, a carteira ótima não conseguiu alcançar a meta atuarial tendo em vista as limitações legais impostas aos

investimentos dos RPPS. Para os autores, para alcançar rendimentos mais altos seria preciso assumir títulos com maior volatilidade e, portanto, maior risco.

Ao analisar o perfil de alocação da carteira dos RPPS, a partir de dados disponíveis no Sistema de Informações dos Regimes Públicos de Previdência Social (CADPREV), no período de 2013 e 2014, Santos e Lima (2016, p. 12-13) constaram que existem diferenças significantes estatisticamente na alocação de investimentos entre os entes públicos de grande e pequeno porte. Para os entes de pequeno porte, boa parte dos seus recursos está alocada em disponibilidades financeiras, enquanto que nos entes de grande porte há uma maior distribuição dos recursos, ainda que concentrada em títulos de renda fixa.

O estudo também aponta que a composição média da carteira de investimento dos RPPS está concentrada nas seguintes modalidades de investimento: Fundos de investimentos composto só por títulos de tesouro nacional (71,51%); Fundo de investimento de Renda Fixa Referenciados (18,46%) e Ativos Vinculados por Lei ao RPPS (13,92%) (SANTOS, LIMA, 2016, p. 6-7). Desse modo, é possível inferir que há carência de profissionalização da gestão dos fundos (BERTUCCI, SOUZA; FÉLIX, 2004, p. 35; BERTUCCI, SOUZA; FÉLIX, 2006, p. 1; LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p. 13; ANDRADE, 2013, p. 84; TRINTINALIA, SERRA, 2016, p. 1; SANTOS, LIMA, 2016, p. 1).

Assim, dada a sua característica, a aplicação do ALM em RPPS pode se apresentar como uma medida viabilizadora para compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira a cada momento de pagamento dos benefícios a seu cargo, além de auxiliar na construção de políticas de investimentos que aperfeiçoem a relação risco e retorno da carteira de investimentos dos RPPS (TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015, p.2; CASTRO, 2014, p.14).

Destaca-se que a gestão dos recursos dos RPPS envolve gerenciar o risco nas aplicações e a legislação vigente apresenta práticas que devem ser consideradas pelos gestores quanto à elaboração da política de investimento (BOGONI, FERNANDES et al., 2011, p. 123). Diante da perspectiva de adoção de estratégias para a gestão dos RPPS, a Resolução CMN nº 3.922/2010, art. 4º, define que os responsáveis pela gestão deverão definir a política anual de aplicação de recursos considerando parâmetros de rentabilidade que deverão buscar compatibilidade com o perfil das obrigações, considerando os limites de diversificação e concentração conforme previsto na resolução. Assim, existe uma preocupação da norma em relação à gestão integrada de ativos e passivos, uma vez que erros na gestão podem afetar o equilíbrio financeiro e atuarial (CASTRO, 2014, p.14).

4. PROVISÃO MATEMÁTICA PREVIDENCIÁRIA

De acordo com Reis, Lima e Wilbert (2015, p. 1), a provisão matemática previdenciária (PMP) ou reserva matemática é o valor monetário que designa os compromissos do RPPS em relação aos seus participantes em determinada data, ou seja, representa a “reserva garantidora” necessária para honrar os compromissos assumidos pelo RPPS ao criar e manter o regime.

Lima e Guimarães (2009, p. 74) preconizam que é possível que ao longo dos anos haja necessidade de ajustes contábeis a serem efetuados nas provisões constituídas, pois se trata de valores projetados, seja em função de resultado superavitário (quando os valores capitalizados superarem a necessidade da provisão), seja em função de contribuições complementares ou de mudanças nas hipóteses biométricas. Esses ajustes compõem as atualizações da PMP e serão feitos sobre os valores já provisionados.

Com relação ao critério de mensuração, Reis, Lima e Wilbert (2015, p.5) esclarecem que para a contabilização da PMP deve haver um estudo técnico desenvolvido com base nas características biométricas, demográficas e econômicas da população analisada, denominado avaliação atuarial, com o objetivo de estabelecer, de forma suficiente e adequada, os recursos necessários para a garantia dos pagamentos dos benefícios previstos no plano. Torres e Almeida (2011, p. 163) explicam que as avaliações atuariais partem de dados pesquisados sobre a população estudada para calcular as projeções probabilísticas de eventos determinando, entre outros objetivos, o montante e a temporariedade das contribuições.

Assim, para calcular os benefícios previstos no RPPS, é realizado um estudo técnico atuarial, baseado nas características demográficas e econômicas da população analisada, previsto na Portaria MPS nº 403/2008 (art. 2º, inciso VI). Decorrentes dessa avaliação atuarial, por exigência da portaria, são produzidos os seguintes documentos: nota técnica atuarial, demonstrativo de resultado da avaliação atuarial (DRAA) e parecer atuarial.

A nota técnica atuarial elenca as características gerais dos planos de benefícios, as bases técnicas e premissas para o cálculo do custeio e das reservas matemáticas previdenciárias (Portaria MPS nº 403/2008, art. 2º, inciso VII). O DRAA, por sua vez, é um resumo das características dos planos e os resultados da avaliação atuarial do plano (art. 2º, inciso VIII). O parecer atuarial aponta as conclusões acerca da situação financeira e atuarial do plano, indicando medidas para a manutenção do equilíbrio financeiro e atuarial (art. 2º, inciso IX).

A avaliação atuarial é prevista no começo da implantação do RPPS e as reavaliações são anuais (Portaria MPS nº 403/2008, art. 16). Na avaliação atuarial, é apresentado o valor presente dos compromissos futuros do plano de benefícios dos RPPS, suas necessidades de custeio e o resultado atuarial, sendo o passivo atuarial representado pela provisão matemática previdenciária que corresponde aos compromissos líquidos do plano de benefícios (Portaria MPS nº 403/2008, art. 17, §1º ao 5º).

Destaca-se, ainda que a Portaria MPS nº 403/2008 determina que as avaliações e reavaliações atuariais sigam os parâmetros estabelecidos na nota técnica atuarial e no relatório de avaliação atuarial (LIMA, GUIMARÃES, 2016, p. 105). De acordo com a legislação previdenciária, os seguintes elementos mínimos devem constar na nota técnica atuarial:

- i. Objetivo;
- ii. Hipóteses biométricas, demográficas, financeiras e econômicas, tais como, tábuas biométricas, expectativa de reposição dos servidores ativos, composição familiar, taxa real de juros, taxa de crescimento do salário por mérito, projeção de crescimento real do salário por produtividade, projeção de crescimento real dos benefícios do plano, fator de determinação do valor real ao longo do tempo dos salários, e fator de determinação do valor real ao longo do tempo dos benefícios;
- iii. Modalidade dos benefícios assegurados pelo RPPS;
- iv. Regimes financeiros e métodos de financiamento por benefício assegurado pelo RPPS;
- v. Metodologia de cálculo para cada benefício assegurado pelo RPPS e suas evoluções dos benefícios assegurados pelo RPPS, contribuições e reservas de natureza atuarial;
- vi. Metodologia de cálculo da compensação previdenciária a receber e a pagar;
- vii. Parâmetros da segregação da massa, quando for o caso.

Para efeito de cálculos do benefício, é preciso considerar as exigências definidas na legislação, dispostas no art. 40 e no art. 201 da Constituição Federal de 1988, sobre os critérios para os benefícios de aposentadoria integral, invalidez e pensões aos dependentes dos segurados.

De acordo com Fontoura *et al.* (2006, p. 44), a mensuração das obrigações previdenciárias para os RPPS segue duas etapas: o cálculo do fluxo de caixa e o cálculo do valor presente. De acordo com os autores, o fluxo de caixa representa as projeções dos

benefícios a serem pagas no futuro e as receitas provenientes das contribuições e compensações por meio dos valores esperados (equivalentes certos). Já o valor presente, é calculado a partir do fluxo de caixa e esse procedimento é característico do regime financeiro de capitalização, embora possa ser adotado no regime de repartição simples (FONTOURA et al., 2006, p. 44).

De maneira geral, para o cálculo do benefício de aposentadoria do RPPS pode-se adotar o seguinte modelo (MASCARENHAS, OLIVEIRA, CAETANO, 2004, p.41) representado pela Equação 4.

Equação 4

$$(VEAPC_{i,t}) = (VAPC_{i,t}) * ({}_tP_x)$$

Onde:

$VEAPC_{i,t}$: valor esperado da aposentadoria do servidor i, no momento t;

$VAPC_{i,t}$: valor da aposentadoria do servidor i, no momento t;

${}_tP_x$: probabilidade de sobrevivência do servidor i, entre as idades x e x + t.

Segundo Mascarenhas, Oliveiras e Caetano (2004, p. 42), a Equação 4 avalia o valor médio despendido no momento t dada a probabilidade de o servidor i estar vivo, sendo, nesse caso, uma esperança matemática. Assim, de acordo com os autores, o valor esperado da aposentadoria do servidor no momento t depende de duas expressões matemáticas: $VAPC_{i,t}$, que representa a expressão financeira da equação (valor que será pago da aposentadoria no momento t, calculado por meio dos proventos atuais e taxa de crescimento por produtividade) e ${}_tP_x$, que expressa a probabilidade de o aposentado estar vivo no instante t, representando, assim, o componente biométrico calculado por meio das tábuas.

Para o cálculo das pensões, é preciso considerar a probabilidade de o grupo familiar estar vivo e estar dentro dos critérios definidos na legislação para receber os benefícios (MASCARENHAS, OLIVEIRA, CAETANO, 2004, p. 44). Dentro dessas perspectivas, entram no estudo as probabilidades de o servidor ativo estar vivo e não ter desligado do sistema até o momento t em que ele terá o direito de receber a aposentadoria. Para os cenários de morte e desligamento, há os desdobramentos de probabilidades de os pensionistas receberem o benefício ou de o servidor ser aposentado por invalidez (MASCARENHAS, OLIVEIRA, CAETANO, 2004, p. 46-62).

Assim, as provisões matemáticas previdenciárias dos RPPS são calculadas com base nas provisões dos benefícios concedidos (servidores inativos e pensionistas), provisões de

benefícios a conceder (servidores ativos), plano de amortização para equacionamento do déficit, e provisões atuariais para ajuste do plano correspondente ao superávit técnico do plano (LIMA, GUIMARÃES, 2016, p. 112). Com base nas provisões matemáticas previdenciárias e no ativo líquido por meio da avaliação atuarial, é possível analisar o resultado do RPPS (Portaria MPS nº 403/2008, art. 17).

Desta forma, o resultado atuarial poderá ser de superávit, equilíbrio ou déficit (LIMA, GUIMARÃES, 2016, p. 127) conforme Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 – Situação Patrimonial do RPPS

Situação Patrimonial Superavitária		Situação Patrimonial Equilibrada		Situação Patrimonial Deficitária	
Ativo líquido	Provisão Matemática	Ativo líquido	Provisão Matemática	Ativo líquido	Provisão Matemática
	Superávit				Déficit

Fonte: adaptado de Lima e Guimarães (2016, p.127).

Assim, os riscos de solvência dos RPPS, associados com a não garantia de um equilíbrio atuarial e financeiro, estão relacionados com a gestão e com a avaliação atuarial, uma vez que as projeções do fluxo de caixa dos benefícios dependem de utilização adequada de hipóteses biométricas, taxa de rotatividade e prospecção do crescimento dos salários e dos benefícios (MYRRHA, OJIMA, 2016, p. 68). Se o RPPS não obtiver a rentabilidade utilizada na avaliação, a meta atuarial, os ativos não iram seguir as estimativas, podendo acarretar em déficit atuarial e financeiro (BOGONI, FERNANDES, 2011, p.123-124; MYRRHA, OJIMA, 2016, p. 68).

Ainda que haja relevância na gestão dos recursos financeiros para manter os equilíbrios, os RPPS nem sempre dispõem de gestores com conhecimento técnico adequado e, portanto, a gestão se limita a cumprir prerrogativas legais (BOGONI, FERNANDES, 2011, p. 130-131). Sobre esse aspecto, Bogoni e Fernandes (2011, 140-142) comentam que há que se atentar que a preocupação do gestor está em cumprir as determinações legais quanto aos requisitos de enquadramento e limites estabelecidos, uma vez que muitas vezes não há um corpo técnico adequado diretamente envolvido na gestão dos RPPS.

De acordo com Bogoni e Fernandes (2011, p. 142), apesar de a legislação prever diretrizes para a política de investimentos, os gestores não utilizam todo potencial dentro da discricionariedade permitida na norma para acompanhar o desempenho da carteira e salvaguardar o equilíbrio atuarial e financeiro. Por isso, os pesquisadores entendem que é fundamental que os órgãos reguladores promovam normatização e efetiva fiscalização em relação às práticas de gestão da carteira de investimento dos RPPS.

Chen, Yang e Yin (2008, p. 456) comentam que com relação à gestão, o modelo ALM pode garantir a administração dos ativos integrada com a dos passivos, com ênfase no casamento de prazos e como estratégia de gestão de riscos, visando retorno adequado para garantir os ativos que sustentam no longo prazo o equilíbrio do regime. Assim, da perspectiva do ALM, a variabilidade da provisão matemática do RPPS deve ser monitorada, de modo a assegurar o "casamento" dos fluxos de ativos e passivos do RPPS, e possibilitar o equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS.

5. METODOLOGIA

Esta seção tem como objetivo apresentar o enquadramento metodológico que subsidiará a realização da pesquisa para alcançar o objetivo proposto, a análise de conteúdo de modelos ALM efetuada a partir da revisão de literatura e a identificação da entidade de RPPS que será objeto da análise do modelo adaptado.

5.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

O delineamento ou enquadramento metodológico da pesquisa refere-se ao planejamento das etapas de coleta de dados até a análise dos dados necessária para o desenvolvimento da pesquisa (GIL, 2012, p. 49). Considerando que o objetivo deste trabalho é analisar as perspectivas de adoção de um modelo ALM em um RPPS, quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa. Da perspectiva qualitativa, buscou-se empregar diferentes estratégias de coleta, análise e interpretação dos dados (CRESWELL, 2010, p. 206). Da perspectiva quantitativa, buscaram-se modelos de equações estruturais com a análise das relações entre múltiplas variáveis (CRESWELL, 2010, p. 36).

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa explicativa, que, segundo Gil (2012, p.28) preocupa-se em “identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos”.

Com relação aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, uma vez que é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas (bibliográfica) e recorrendo a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, relatórios, documentos oficiais, entre outros (documental) (MARTINS, THEÓPHILO, 2009, p. 53-54).

Ao final, também foi utilizada como modalidade de pesquisa o estudo de caso em um RPPS já constituído, verificando a aderência e a aplicabilidade do modelo conceitual decorrente do estudo em um RPPS real, a partir da carteira de investimentos e das obrigações sob sua responsabilidade. A síntese do delineamento metodológico desta dissertação está no Quadro 4.

Quadro 4 – Delineamento Metodológico da pesquisa

Classificação	Enquadramento
Abordagem	Qualitativa e Quantitativa
Objetivos	Explicativa
Procedimentos	Documental, bibliográfica e estudo de caso.

Fonte: elaborado pelo autor

Em termos procedimentais, com relação ao cálculo dos ativos, foi necessário observar as premissas de risco e retorno da carteira, que, pela a teoria de otimização, considera a média ponderada dos retornos dos ativos individuais e o risco da carteira representado pelo desvio padrão da covariância dos ativos. Desse modo, foi utilizada a distribuição de probabilidade normal por meio da média e desvio-padrão (SILVA, 2015, p. 78).

Com base em metodologias de alocação de ativos e passivos utilizando modelos ALM para fundos de pensão, foram desenvolvidas as estratégias do trabalho, considerando, contudo, a particularidades do RPPS (SILVA, 2015, p.70-77, MARQUES, 2011, p.95, FIGUEIREDO, 2011, p. 44). Assim, foram distribuídos e projetados os recursos garantidores do RPPS em classes de ativo de acordo com o estabelecido na Resolução CMN nº 3.922/2010, atribuindo expectativas de retorno normal para a classe de ativo. A carteira e os retornos foram analisados de acordo com a composição real do RPPS estudado. Desta forma, foram criadas as árvores de cenários para o modelo ALM para o período projetado de 75 anos, a partir do instante zero da avaliação. A utilização desse período foi para compatibilizar o fluxo do passivo projeto com o fluxo do ativo projeto, pois a legislação exige projeções dos benefícios a serem pagos de 75 anos.

Para a construção dos cenários do modelo ALM, foi preciso calcular a matriz de correlação das classes de ativo, construída através das correlações entre cada par de classes de ativo. De acordo com Silva (2015, p. 82), trata-se de uma matriz simétrica que permite calcular a matriz de variâncias-covariâncias.

Para rodar o modelo desenvolvido a partir da análise de conteúdo, foi preciso estabelecer a função objetivo – conforme Seção 6.1 - Adaptação dos Modelos da Literatura. Essa função foi aplicada no software estatístico R, pois, este programa possibilita criar as funções e inclui além das variáveis escalares, vetores e matrizes, a partir da seguinte lógica:

- Parâmetros de restrição legais definidos na Resolução CMN nº 3.922/2010 e Portaria MPS nº 403/2008;
- Simulação de rentabilidade e inflação, conforme os parâmetros definidos na Seção 5.2 - Entidade objeto de análise; análise conjunta dos fluxos de ativos e passivos.

Com isso, o problema passou a ser a programação estocástica multiperíodo, do mesmo modo que os trabalhos analisados (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008;

HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). Dado os ajustes por conta das possíveis insuficiências calculadas, foi preciso analisar a contribuição suplementar ao longo dos períodos.

Diante do exposto, o processo de estruturação da modelagem utilizada para o RPPS consistiu, em síntese, nas seguintes etapas:

- a. Análise de conteúdo de modelos ALM a partir da revisão de literatura decorrente de artigos, teses e dissertações nacionais e internacionais, no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);
- b. Modelagem estocástica das rentabilidades dos ativos e inflação;
- c. Seleção de ativos que supram com seus rendimentos a meta atuarial;
- d. Desenvolvimento da função objetivo, visando atender às restrições regulamentares;
- e. Implementação de um modelo de ALM via programação estocástica multiperíodo em um RPPS real.

5.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO DE MODELOS DE ALM IDENTIFICADOS NA LITERATURA

5.2.1 Procedimentos de Análise

Para analisar os modelos de ALM disponíveis e sintetizar uma equação capaz de ser aplicada em RPPS, utilizou-se análise de conteúdo (BARDIN, 2011), buscando inferir conhecimentos relativos às condições de produção por meio de indicadores lógicos fornecidos por meio da fase descritiva. A análise de conteúdo foi desenvolvida nas seguintes etapas: (a) pré-análise; (b) exploração do material; e (c) interpretação dos resultados (BARDIN, 2011, p. 95).

Para a etapa de pré-análise, foram selecionados periódicos por meio da revisão de literatura decorrente de artigos, teses e dissertações nacionais e internacionais, no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os periódicos selecionados que compuseram a amostra da pesquisa foram coletados por meio do link: <http://www.capes.gov.br/>, do Ministério da Educação (MEC), sendo selecionados

periódicos nacionais e internacionais publicados entre 01/01/2006 e 30/01/2016. Esse período foi escolhido objetivando buscar modelos recentes aplicados no contexto previdenciário.

Para selecionar os estudos, utilizou-se a pesquisa avançada do Portal de Periódicos, no campo assunto, buscando, em qualquer local do artigo, a combinação das palavras "ALM", "*Asset and Liability Management*" ou "gestão de ativos e passivos", relacionados com os termos "*pensionfund*", "*social security*", "*social insurance*", "previdência", "fundos de pensão", "regime próprio de previdência social" ou "RPPS".

Ao final, 17 estudos foram selecionados, sendo analisados seus elementos pré-textuais e o desenvolvimento do trabalho para verificar se o artigo realmente utilizou o modelo ALM no contexto de previdência (Pública ou Privada). Também foram analisados os tipos de modelagem utilizada, o tipo de plano (contribuição ou benefício definido), os principais achados da pesquisa, as hipóteses biométricas consideradas, a carteira de ativos adotada no modelo e hipóteses econômicas e financeiras, bem como as principais variáveis utilizadas no modelo, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Artigos selecionados para a análise dos modelos

Ano	Autores	Título	Tipo
2006	Saad e Ribeiro	Um Modelo de Gestão de Ativo/Passivo: Aplicação para Fundos de Benefício Definido com Ativos de Fluxo Incerto	Artigo
2007	Haneveld, Streutker e Vlerk	<i>Implementation of New Regulatory Rules in a Multistage ALM Model for Dutch Pension Funds.</i>	Artigo
2007	Siegmann	<i>Optimal investment policies for defined benefit pension funds</i>	Artigo
2008	Mulvey, Simsek, Zhang, Fabozzi, Pauling	<i>Assisting Defined-Benefit Pension Plans</i>	Artigo
2008	Hoevenaars e Ponds	<i>Valuation of intergenerational transfers in funded collective pension schemes.</i>	Artigo
2008	Dupacová e Polívka	<i>Asset-liability management for Czech pension funds using stochastic programming</i>	Artigo
2008	Mitchell, Piggott e Kumru	<i>Managing public investment funds: best practices and new questions</i>	Artigo
2008	Haneveld, Streutker e Vlerk	<i>Indexation of Dutch Pension Rights in Multistage Recourse ALM</i>	Artigo
2008	Hurtado	Análise de Metodologias de Gestão de Ativos e Passivos de Planos de Benefício Definido em Fundos de Pensão: Uma Abordagem Financeiro-Atuarial	Tese
2011	Ferstl e Weissensteiner	<i>Asset-liability management under time-varying investment opportunities</i>	Artigo
2011	Pézier e Scheller	<i>Optimal investment strategies and performance sharing rules for pension schemes with minimum guarantee</i>	Artigo

2011	Marques	<i>Asset and Liability Management (ALM) para entidades fechadas de previdência complementar no Brasil: validação de um modelo de otimização com a aplicação a um caso prático</i>	Dissertação
2011	Figueiredo	Tomada de Decisão de investimento em um fundo de pensão com plano de benefícios do tipo benefício definido: uma abordagem via programação estocástica multiestágio linear.	Dissertação
2012	Aglietta, Brièrec, Rigotf, Signorig	<i>Rehabilitating the role of active management for pension funds</i>	Artigo
2013	Goecke	<i>Pension saving schemes with return smoothing mechanism</i>	Artigo
2014	Bovenberg e Mehlkopf	<i>Optimal Design of Funded Pension Schemes</i>	Artigo
2015	Toukourou e Dufresne	<i>On Integrated Chance Constraints in ALM for Pension Funds</i>	Artigo

Fonte: Elaborado pelo autor

Já na fase de pré-análise, foi observado que os estudos se voltavam para os fundos de pensão, não sendo observados periódicos que abordassem o tema de ALM da perspectiva dos RPPS. A etapa seguinte da análise foi a exploração do material (operações de codificação), promovendo a sua organização em torno de pontos específicos para serem analisados (BARDIN, 2011 p. 101-102). Desse modo, o procedimento consistiu na identificação da relação entre as variáveis adotadas nos modelos selecionados no estudo, sendo, para tanto, elencadas as equações gerais dos modelos e decodificadas as equações de acordo com os símbolos adotados. Assim, foi possível observar as relações entre as variáveis de ativo e de passivo apresentados nos modelos. Destaca-se, ainda, que os modelos teóricos não apresentaram necessariamente as *proxies* a serem adotadas.

A última etapa de análise foi a descrição e a interpretação dos resultados. A descrição buscou elencar os pontos em comum entre os diversos modelos analisados, com a expectativa de que, a partir dos resultados, as variáveis do modelo ALM pudessem se adequar à realidade dos RPPS, considerando o ambiente legal e normativo em que esse regime se encontra. A etapa de interpretação - Seção 6.1 - Adaptação dos Modelos da Literatura - teve como proposta analisar a modelagem de ALM sob a perspectiva de sua adoção no âmbito dos RPPS, visando ao seu equilíbrio financeiro e atuarial.

Como limitação da pesquisa, destaca-se a seleção apenas dos trabalhos nacionais e internacionais contidos no portal da CAPES, e o próprio procedimento metodológico de busca.

5.2.2 Achados da Meta-Análise

Como primeiro achado, a pesquisa mostra que não foram identificados na literatura modelos ALM desenvolvidos para aplicações específicas em previdência pública (Regimes Próprios de Previdência ou Regime Geral de Previdência). Assim, no presente estudo, foi considerada a experiência aplicada aos fundos de pensão. O Quadro 6 apresenta uma síntese das equações coletadas na amostra, que denotam as "funções objetivas" analisadas em cada artigo/trabalho. Salienta-se que os estudos analisados apresentaram várias equações, que foram desdobradas para se chegar às equações que foram apresentadas nesse trabalho.

Na análise das equações, verificou-se que, dependendo do objetivo do modelo ALM, a função muda em cada estudo analisado. Embora existam diferenças de notação entre as equações, percebe-se que há variáveis que se repetem, tais como: ativos, passivos e contribuições (HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Da amostra previamente analisada, os trabalhos de Hurtado (2008, p. 181) e Marques (2011, p. 109) detalharam as variáveis de referência para quase todos os parâmetros. O trabalho de Aglietta et al. (2012, p. 2566) se focou apenas no gerenciamento de ativos e por isso não fez referência às variáveis demográficas e atuariais. Já os demais trabalhos da amostra (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015) definiram os parâmetros do modelo ALM teórico, mas não detalharam os parâmetros operacionais, tais como a tábua a ser utilizada.

Nota-se, também, uma evolução das equações ao longo dos anos, como a inclusão do risco assumido devido a modelos com poupanças coletivas em relação à intergeracional (BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014). Outro ponto é que alguns modelos objetivam o equilíbrio entre os fluxos de caixa do ativo e do passivo no decorrer dos períodos (HOEVENAARS, PONDS, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERKDA, 2008; MULVEY ET AL., 2008), e outros buscam o superávit como meta da gestão dos recursos dos ativos em contrapartida das projeções dos fluxos de benefícios a serem pagos no decorrer dos

anos projetados (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; HURTADO, 2008; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

As equações gerais utilizadas na literatura encontram-se disponíveis no Apêndice A. O Quadro 6 apresenta um resumo das variáveis relacionadas na literatura.

Quadro 6 - Resumo das variáveis coletadas na meta análise

Variáveis	Autores
Proporção investida nas classes i de ativo Taxa de retorno das classes de ativo i	SAAD, RIBEIRO, 2006; MULVEY <i>et al.</i> , 2008; HURTADO, 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; MARQUES, 2011.
Valor dos ativos no momento $t+1$	HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; MULVEY <i>et al.</i> , 2008; FIGUEIREDO, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015.
Parâmetro de risco ou retorno do ativo livre de risco	SIEGMANN, 2007; PÉZIER, SCHELLER, 2011; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015.
Taxa de desconto do passivo	HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; HURTADO, 2008.
Valor total do passivo $t+1$	SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; MARQUES, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015.
Taxa de contribuição no período t	HOEVENAARS, PONDS, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY <i>et al.</i> , 2008; PÉZIER, SCHELLER, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015.
Inflação	HURTADO, 2008.
Restrição das classes de ativo	HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; HURTADO, 2008; MARQUES, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015.

Fonte: Elaborado pelo autor

No estudo de Haneveld, Streutker e Vlerk (2007), o modelo iguala a diferença entre os ativos projetados menos os passivos projetados pelo passivo do período anterior, multiplicado pelo parâmetro de restrição. Já o modelo de Mitchell, Piggott e Kumru (2008), possui uma função de maximização dada em relação à preferência por atividade. Outro modelo com função de maximização é o de Dupacová e Polívka (2008), havendo neste maior nível de detalhamento e preocupação estocástica com cenários e probabilidades.

É possível observar nos modelos da amostra uma tendência em utilizar abordagens estocásticas, pois, há parâmetros relacionados à construção de cenários e probabilidades (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Também foram verificados modelos que abordam a volatilidade do risco em relação ao retorno esperado da carteira de ativos (SIEGMANN, 2007; PÉZIER, SCHELLERGOECKE, 2011; 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014). Adicionalmente, Goecke (2013) expõe a preocupação com a maturidade do título que compõe a carteira de investimento dos fundos.

É importante destacar a aplicação desses modelos para planos de benefício definido em razão da preocupação em ajustar as taxas de contribuições, bem como aplicar taxa de contribuição corretiva para o patrocinador (SAAD, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; HURTADO, 2008, MARQUES, 2011; FIGUEIREDO, 2011, PÉZIER, SCHELLER, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

De maneira geral, os modelos analisados apontam que há parâmetros determinísticos (que precisam ser fornecidos no modelo), como, por exemplo, o número de cenários e o período de tempo a ser considerado (HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; PÉZIER, SCHELLER, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). Também, há variáveis estocásticas a serem calculadas no modelo como, por exemplo, a proporção ideal de ativo em cada classe, a taxa de contribuição, a taxa de desconto a ser utilizada nos ativos e as contribuições corretivas (SAAD, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS E PONDS, 2008; DUPACOVÁ E POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE 2015).

Os modelos coletados, portanto, permitem trabalhar simultaneamente com equações que representam os ativos e passivos, com objetivo de otimizar a carteira de investimentos e também permitir a equivalência entre os fluxos de caixa no decorrer do tempo (HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS E PONDS, 2008; DUPACOVÁ E POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE 2015).

Os modelos da amostra ainda evidenciam a necessidade de se preocupar com parâmetros que restringem as classes, seja por imposição legal ou limitações, tais como a alta volatilidade da carteira, para evitar assumir distribuições extremas que levam a elevados riscos ou que não sejam possíveis do ponto de vista legal (SAAD, RIBEIRO, 2006;

HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). Outro ponto a ser considerado é a taxa de desconto do passivo para trazer a avaliação atuarial a valor presente (HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; HURTADO, 2008).

O trabalho de Toukourou e Dufresne (2015, p. 25) segregou as variáveis que devem compor o modelo ALM para a gestão de ativos e passivos previdenciários em três categorias: variáveis de decisão, parâmetros aleatórios e parâmetros determinísticos, conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Variáveis propostas por Toukourou e Dufresne

Variáveis	Grupo
Contribuições do patrocinador no momento t	Decisão
Dinheiro inicial em cada cenário	Decisão
Valor dos ativos distribuídos em cada classe no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Valor da classe de ativos adquirida e vendida no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Taxa de Contribuição no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Valor total do ativo no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Valor total do ativo antes da alocação e contribuição no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Variação da taxa de contribuição no período t e nos possíveis cenários	Decisão
Taxa de retorno sobre a classe de ativos no período t e nos possíveis cenários	Aleatórios
Total dos benefícios pagos no período t e nos possíveis cenários	Aleatórios
Valor total dos passivos no período t e nos possíveis cenários	Aleatórios
Total dos benefícios pagos aos participantes ativos no período t e nos possíveis cenários	Aleatórios
Horizonte Temporal	Determinísticos
Número de Cenários a serem testados	Determinísticos
Número da Classe de ativos a serem testadas	Determinísticos
Parâmetro de risco definido no modelo	Determinísticos
Custos da transação para aquisição de uma determinada classe de ativo	Determinísticos
Limites máximo e mínimo para cada classe de ativo	Determinísticos
Limites máximo e mínimo de recursos investidos na carteira	Determinísticos
Limites máximo e mínimo da taxa de contribuição	Determinísticos
Limites máximo e mínimo da variação da taxa de contribuição	Determinísticos
Limite máximo e mínimo do nível de endividamento	Determinísticos
Taxa de juros livre de risco	Determinísticos
Parâmetros de penalidade para as contribuições corretivas aportadas pelo patrocinador e para a variação da taxa de contribuição	Determinísticos
Proporção inicial para classe de ativo	Determinísticos
Quantidade de dinheiro inicial	Determinísticos

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do trabalho de Toukourou e Dufresne, (2015, p. 25)

Os achados do Quadro 7 mostram que há parâmetros que são definidos pelo pesquisador (determinísticos), há variáveis que dependem de um contexto legal e da política de concessão de benefícios (decisão) e há parâmetros que são o resultado de todo o cenário

desenvolvido no modelo (aleatórios). Já Mulvey *et al.* (2008, p. 1069) dividiram as variáveis do modelo ALM em parâmetros e variáveis de decisão, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Variáveis propostas por Mulvey *et al.*

Variáveis	Grupo
Taxa de retorno sobre a classe de ativos no período t e nos possíveis cenários	Parâmetros
Taxa de crescimento da empresa no período t e nos possíveis cenários	Parâmetros
Benefícios pagos no período t e nos possíveis cenários	Parâmetros
Probabilidade de ocorrência do cenário S	Parâmetros
Valor inicial das classes de ativos nos possíveis cenários	Parâmetros
Valor inicial da empresa	Parâmetros
Custos dos empréstimos para o período t, no cenário s.	Parâmetros
Custos de transação para o reequilíbrio de ativos no período t	Parâmetros
Montante da classe de ativo i, no início do período t, no cenário s, depois do reequilíbrio.	Variáveis de decisão
Montante da classe de ativo i, no final de período t, no cenário s, antes de reequilíbrio.	Variáveis de decisão
Quantidade de classes de ativos comprados para reequilíbrio no período t, no cenário s.	Variáveis de decisão
Quantidade de classe de ativos i vendidos para o reequilíbrio no período t, no cenário s.	Variáveis de decisão
Montante total dos ativos no plano de pensões no início do período t, no cenário s.	Variáveis de decisão
Valor da empresa após contribuição no período t-1	Variáveis de decisão
Valor da empresa no final do período t, antes de contribuição no período t, no cenário s.	Variáveis de decisão
Nível de endividamento da empresa no final do período t no cenário s.	Variáveis de decisão

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do trabalho de Mulvey *et al.* (2008, p. 1069)

No trabalho de Mulvey *et al.* (2008, p. 1069), foi considerado que as variáveis de decisão dependem de diretrizes gerenciais e normativas, como a alocação dos ativos na classe e o nível de endividamento da empresa. Já as variáveis classificadas como parâmetros por esses pesquisadores (MULVEY *et al.*; 2008, p. 1069), já foram consideradas na pesquisa de Toukourou e Dufresne (2015, p. 25) como aleatórias e determinísticas. Assim, há uma similaridade nas classificações das variáveis apresentadas nos modelos de Mulvey *et al.* (2008, p. 1069) e Toukourou e Dufresne, (2015, p. 25).

Os demais trabalhos não apontam uma forma de segregar as variáveis, embora seja possível observar as variáveis determinísticas, tais como cenários, em todos os modelos analisados. Quanto mais cenários são utilizados no modelo, mais resultados serão gerados. As variáveis determinísticas, conforme estudo de Toukourou e Dufresne (2015, p. 25), são também limitações ao modelo, que busca ajustar a modelagem de ALM a fatores, tais como, proporção dos ativos na carteira, taxa de contribuição e nível de endividamento. Foi possível identificar essas limitações nos demais modelos analisados também.

Assim, os achados da literatura mostram que os modelos ALM são adequados para gerenciar ativos e passivos previdenciários em razão da sua ampla possibilidade de fatores, variáveis e riscos que podem ser agregadas aos modelos, e, assim, gerenciar ativos e passivos considerando todo o ambiente financeiro, econômico, atuarial e normativo que rege fundos de pensão e previdências públicas (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER,

VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

A análise dos dados mostrou que modelos ALM podem utilizar tanto métodos determinísticos como métodos estocásticos para gerenciar os ativos e passivos, mas, estes últimos tendem a ser mais adequados, uma vez que as variáveis nele empregadas definem possíveis cenários no fluxo futuro, além de não exigirem fórmulas com precisão ou probabilidade ao utilizar modelos de programação, permitindo gerenciar quaisquer mudanças no modelo de acordo com os parâmetros analisados.

Com relação à utilização de modelos ALM em planos de previdência, verificou-se que entre os princípios que dão base ao sistema previdenciário brasileiro está o Princípio do Equilíbrio Financeiro e Atuarial, que visa garantir os benefícios atuais e futuros do regime previdenciário. Contudo, não foram identificados na literatura modelos ALM desenvolvidos para aplicações específicas em previdência pública (Regimes Próprios de Previdência ou Regime Geral de Previdência), estando a experiência mais concentrada nos fundos de pensão.

Na análise das equações, o estudo mostra que, dependendo do objetivo do modelo ALM, a função muda em cada estudo analisado, e que, embora existam diferenças de notação entre as equações, percebe-se que há variáveis que se repetem, tais como: ativos, passivos e contribuições. A análise de conteúdo dos periódicos na etapa descritiva mostrou que a maioria dos modelos analisados na amostra teve como objetivo foi igualar a diferença entre os ativos projetados menos os passivos projetados, sendo o ativo adaptado pelos parâmetros de restrição.

Também é possível observar nos modelos da amostra uma tendência em utilizar abordagens estocásticas, e modelos focados na volatilidade-risco-retorno da carteira de ativos. Destaca-se, também, a aplicação de modelos ALM em planos de benefício definido, em razão da preocupação em ajustar as taxas de contribuições, bem como aplicar taxa de contribuição corretiva para o patrocinador.

5.3 ENTIDADE OBJETO DO ESTUDO

A entidade objeto da análise é um RPPS constituído sob a forma de fundo em um Município situado na região nordeste do Brasil, com cerca de 6.500 segurados. Foi criado através de Lei, em 1966, com a finalidade de conceder benefícios previdenciários aos servidores, e, em 1999, passou a ser de natureza autárquica, vinculada ao Poder Executivo local.

Além dos benefícios de aposentadoria, o referido instituto concede os seguintes benefícios previdenciários: auxílio-doença; salário-família; salário-maternidade; e auxílio-reclusão. Para fins deste estudo, contudo, foram projetados os valores relativos dos benefícios concedidos pelo ente para projeção dos fluxos de caixa. O estudo também considerou as premissas financeiras e atuariais definidas na Portaria MPS nº 403/2008, apresentadas anteriormente no Quadro 1 deste estudo.

Para obter as informações das premissas necessárias para a análise dos fluxos de benefícios do ente selecionado, foram coletadas, junto ao site da Secretaria de Previdência do Ministério da Fazenda¹, as informações disponíveis no Demonstrativo de Resultados da Avaliação Actuarial - DRAA do RPPS objeto de análise, documento no qual se apresenta um resumo dos dados da avaliação atuarial, disponíveis no ambiente virtual.

Isto posto, a análise da perspectiva de adoção do ALM na entidade objeto do estudo teve como base as hipóteses atuariais divulgadas na avaliação atuarial da entidade relativa ao mês de dezembro de 2015, disponível no site Secretaria de Previdência do Ministério da Fazenda (http://www1.previdencia.gov.br/sps/app/draa/draa_default.asp?tipo=1), a saber:

1. Taxa anual de juros real a ser utilizada na determinação dos valores presentes atuariais das obrigações e receitas futuras do regime próprio, bem como nas projeções de ganhos financeiros futuros do patrimônio do regime próprio: 6% a.a.;
2. Tábuas biométricas que serão aplicadas para refletir a expectativa de ocorrência de eventos de mortalidade, sobrevivência e entrada em invalidez;
3. Sobrevivência de válidos: IBGE-2013, obtida no site do Ministério do Trabalho e da Previdência Social - MTPS;
4. Mortalidade de válidos: IBGE-2013;
5. Sobrevivência de inválidos: IBGE-2013;

¹ http://www1.previdencia.gov.br/sps/app/draa/draa_default.asp?tipo=1

6. Mortalidade de inválidos: IBGE-2013;
7. Entrada em Invalidez: Álvaro Vindas;
8. Hipótese de família-padrão para o pagamento de pensão: foram utilizadas as informações dos dependentes de cada servidor e, para aqueles sem essa informação considerou-se que cada servidor, ativo ou aposentado, possui um grupo familiar constituído de um cônjuge 3 anos mais novo (para servidores do sexo masculino) ou mais velho (para servidores do sexo feminino) e de dois filhos válidos, sendo um do sexo masculino com diferença de 22 anos de idade para a mãe e outro do sexo feminino com diferença de idade de 24 anos para a mãe;
9. Crescimento Salarial por Mérito: 3,47% ao ano;
10. Crescimento Salarial por Produtividade: 0,00% a.a.;
11. Crescimento Real dos Benefícios: sem crescimento anual;
12. Fator de Capacidade Salarial: 0,980, que equivale a uma inflação anual de 4,50%;
13. Fator de Capacidade de Benefícios: 0,980, que equivale a uma inflação anual de 4,50%;
14. Indexador do sistema de previdência: INPC;
15. Rotatividade (turnover): 0% ao ano;
16. Reposição do Contingente de Servidores Ativos: reposição de todo servidor que se aposenta, falece ou se desvincula do ente público;
17. Idade de início da fase de contribuição ao regime previdenciário, para efeito de cálculo do tempo passado de cada servidor e da compensação previdenciária: 25 anos;
18. Custo Administrativo: considerou-se o limite de 2,00% sobre a folha de salários, proventos e pensões;
19. Cálculo da data de entrada em aposentadoria programada: para os servidores que não possuem direito a aposentadoria especial foi utilizada a idade de aposentadoria como: a idade média entre a idade de aposentadoria com proventos integrais (60 anos mulheres e 65 anos homens) e a idade de aposentadoria com proventos proporcionais nos casos em que o servidor adquirir o direito de aposentadoria integral com uma idade menor que 60 anos para as mulheres e 65 anos para os homens. Para os professores, além das

regras normais de elegibilidade, adotaram-se as idades mínimas de 57,5 anos para homens e 52,5 anos para mulheres, de forma a ajustar a idade de aposentadoria desse grupo de segurados às efetivas idades de aposentadoria que vêm sendo registradas pelo ente público.

Registre-se que para avaliar a carteira ótima do RPPS objeto de análise, foram coletados os dados disponíveis no CADPREV, relativos ao período de dezembro de 2015, por meio do *link* Consultas Públicas das Aplicações e Investimentos, sendo identificados os ativos apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Composição da Carteira do ente analisado

Resolução CMN nº 3.922/2010	Tipo de Ativo	Limite legal
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	BB Previdenciário Renda Fixa IMA-B Títulos Públicos FI	100%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	BB Previdenciário Renda Fixa IRF-M Títulos Públicos FI	100%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	BB Previdenciário Renda Fixa IRF-M1 Títulos Públicos FIC DE FI	100%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	BB Previdenciário Renda Fixa IDKA2 Títulos Públicos FI	100%
FI de Renda Fixa - Art. 7º, IV, a	BB Previdenciário Renda Fixa Títulos Públicos IPCA I FI	30%
FI de Renda Fixa - Art. 7º, IV, a	BB Previdenciário Renda Fixa Fluxo FIC de FI	30%
FI Multimercado - aberto - Art. 8º, IV	BB Previdenciário Multimercado FI LP	5%

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme constatado no estudo de Santos e Lima (2016, p. 9), a entidade objeto de análise, a exemplo de outros RPPS, concentra grande parte de seus investimentos em títulos de renda fixa, entre eles, os fundos de investimentos compostos em 100% de títulos de Tesouro Nacional, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Composição da carteira

Resolução CMN nº 3.922/2010	Tipo de Ativo: BB previdenciário	Recursos	Percentual da Carteira
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	RF IMA-B TP FI	4.475.110,35	2,98%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	RF IRF-M TP FI	2.677.905,54	1,78%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	RF IRF-M1 TP FIC DE FI	111.096.081,81	74,01%
FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, "b"	RF IDKA2 TP FI	5.137.018,35	3,42%
FI de Renda Fixa - Art. 7º, IV, a	RF TP IPCA I FI	2.370.782,61	1,58%
FI de Renda Fixa - Art. 7º, IV, a	RF Fluxo FIC de FI	21.812.455,65	14,53%
FI Multimercado - aberto - Art. 8º, IV	Multimercado FI LP	2.530.460,10	1,69%
	Total	150.099.814,41	100,00%

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados coletados

Para a análise da escolha da carteira ótima, com base nos ativos previamente disponíveis, foi necessário coletar informações referentes à taxa de juros dos ativos

financeiros. A partir das informações disponibilizadas no site do Banco do Brasil, foram identificados os rendimentos dos fundos de investimento realizados pela entidade, considerando ao todo 46 períodos (de 01.09.2016 até o dia 04.11.2016). Desse modo, foi possível calcular a média e o desvio padrão dos rendimentos de cada ativo financeiro, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Retorno e Desvio Padrão dos ativos da carteira

Tipo de Ativo: BB previdenciário	Média (Retorno Esperado)	Desvio Padrão
RF IMA-B TP FI	3,87% a.m	0,05%
RF IRF-M TP FI	3,94% a.m	0,04%
RF IRF-M1 TP FIC DE FI	2,03% a.m	0,01%
RF IDKA2 TP FI	1,92% a.m	0,01%
RF TP IPCA I FI	1,49% a.m	0,01%
RF Fluxo FIC de FI	1,68% a.m	0,01%
Multimercado FI LP	2,15% a.m	0,02%

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados coletados

Registre-se que em que pese o ganho da carteira ultrapassar, no conjunto de 12 meses, o percentual de 6% para trazer os passivos a valor presente, as projeções atuariais devem considerar esse limite para fins de taxa de desconto. Todavia, as projeções do ativo seguem a avaliação a mercado de forma a refletir o valor real, conforme portaria MPS nº 402/2008 art. 16. Desse modo, a perspectiva do legislador é adotar critérios conservadores em relação às projeções atuariais e às políticas de investimento (BOGONI, FERNANDES, 2011, p.141). Existem, contudo, evidências empíricas de que os RPPS não têm alcançado em suas políticas de investimento a meta atuarial de 6%aa (LIMA, OLIVEIRA, SILVA, 2012, p.21-22).

É importante registrar que as informações coletadas são referentes às rentabilidades mensais dos fundos, sendo ainda preciso considerar dois pontos: o cálculo da taxa anual, para comparar com a premissa da meta atuarial utilizada, e o cálculo da taxa de juros real. Para o cálculo da taxa anual, foi utilizado o conceito de taxa equivalente, de forma que para transformar a taxa mensal em anual foi preciso capitalizar o período para atingir o prazo da taxa anual (SANDRINI, 2007, p. 27). Nesse caso, é necessário converter o período de doze meses em um ano, conforme Equação 5.

Equação 5

$$i_a = (1 + i_m)^{12} - 1$$

Com relação ao cálculo da taxa de juros real, foi preciso considerar o efeito da inflação, utilizando como *proxy* de inflação o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), efetuando o deflacionamento pelo índice médio anual. A utilização dessa *proxy* teve como intuito deflacionar pelo índice médio anual os valores relativos a todo período analisado, a exemplo de estudo de Lima (2013, p.53). Como limitação do cálculo e com o objetivo de simplificar o modelo, não foram considerados os custos de transação, comissão de corretagem e impostos (HURTADO, 2008, p. 124).

Registre-se que o índice INPC abrange famílias com rendimentos mensais compreendidos entre um e cinco salários-mínimos, cuja pessoa de referência é residente nas áreas urbanas das regiões (IBGE, 2016). O INPC é o índice base oficial para cálculo de reajuste dos benefícios previdenciários, por expressar justamente os efeitos finais da inflação sobre os trabalhadores e segurados da Previdência Social (ANSILIEIRO, 2010, p. 4).

Como os estudos encontrados sobre a otimização da carteira para RPPS utilizaram a Teoria de Markowitz e como ativo livre de risco a poupança (BERTUCCI, SOUZA, FÉLIX, 2004; FERREIRA ET AL., 2010; TRINTINALIA, SERRA, 2016), foram considerados os dados dos rendimentos da poupança mensal, disponíveis por dia base de rendimento: 28 rendimentos diferentes por mês, do período de setembro até novembro de 2016, totalizando 84 observações, sendo a média de rendimento da poupança mensal de 0,67% e desvio-padrão de 0,03%.

6. PERSPECTIVAS DE ADOÇÃO DE MODELOS ALM EM RPPS

Nessa Seção é apresentada a adaptação do modelo de ALM a partir da revisão da literatura para aplicação em um RPPS real.

6.1 ADAPTAÇÃO DOS MODELOS DA LITERATURA

Objetivando analisar as perspectivas de adoção de um modelo ALM em regimes próprios de previdência social, o estudo partiu dos modelos de ALM apresentados na literatura, conforme análise na seção 5.2 - Análise de conteúdo de modelos de ALM identificados na literatura. A análise de conteúdo foi realizada em três etapas: pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados. Esta seção apresenta a etapa três da pesquisa (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Como resposta, observaram-se preliminarmente os seguintes pontos em relação aos modelos ALM: (i) utilização de abordagens estocásticas do ativo e do passivo, pois, há parâmetros relacionados à construção de cenários e probabilidades; (ii) análise da volatilidade de risco retorno da carteira de ativos; (iii) para otimizar a carteira de investimentos e permitir a equivalência entre os fluxos de caixa no decorrer do tempo, foi efetuado o casamento dos fluxos, mediante equações que representam simultaneamente os ativos e passivos (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; SIEGMANN, 2007; HOEVENAARS, PONDS, 2008; DUPACOVÁ, POLÍVKA, 2008; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2008; MULVEY *et al.* 2008; FERSTL, WEISSENSTEINER, 2011; PÉZIER, SCHELLER, 2011; FIGUEIREDO, 2011; MARQUES, 2011; AGLIETTA *et al.*, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). Ainda, com base nos periódicos analisados, destaca-se que a aplicação dos modelos ALM exige definir parâmetros que restringem as classes de ativo e passivo, seja por imposição legal ou limitações.

O Quadro 10 é a síntese de todas as informações coletadas na análise de conteúdo, e, por meio de inferência, foram acrescentadas as observações e adaptações ao modelo em relação ao RPPS. Assim, entre os pontos a serem observados estão as premissas adotadas para o cálculo do passivo de acordo com a Portaria MPS nº 403/2008, conforme elencado nos procedimentos metodológicos.

Quadro 10 – Modelo ALM Adaptado para RPPS

Equação 6 - Geral

$$\sum_{i=1}^N A_{i,t}^S - \sum_{j=1}^M P_{j,t}^S \geq 0$$

Onde:

$A_{i,t}^s$: é o valor dos ativos das classes i considerando as projeções da carteira disponível para o cenário S no tempo t;

$P_{j,t}^s$: valor dos benefícios i (aposentadoria, pensão) considerando as projeções atuariais para o cenário S no tempo t, são as provisões matemáticas trazidas a valor presente;

N: número de classes de ativo i;

M: número de benefícios a serem concedidos j;

Equação 6.1 – Valor presente

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \frac{1}{(1+r_t)^t} A_{i,t}^S - \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^M \frac{1}{(1+\phi)^t} P_{j,t}^S \geq 0$$

Onde:

$A_{i,t}^s$: é o valor dos ativos das classes i considerando as projeções da carteira disponível para o cenário S no tempo t;

$P_{j,t}^s$: valor dos benefícios i (aposentadoria, pensão) considerando as projeções atuariais para o cenário S no tempo t, são as provisões matemáticas trazidas a valor presente;

ϕ : taxa de desconto das projeções do passivo, limitada a 6%aa, conforme legislação;

r_t : taxa de rendimento da carteira marcada a mercado;

N: número de classes de ativo i;

M: número de benefícios a serem concedidos j;

Equação 7 - Carteira de Investimentos

$$\sum_{i=1}^N A_{i,t+1}^S = E(r_c) + \sum_{i=1}^N A_{i,t}^S$$

Onde:

$E(r_c)$: retorno esperado da carteira ótima;

$A_{i,t}^s$: é o valor dos ativos das classes i considerando as projeções da carteira disponível para o cenário S no tempo t;

$A_{i,t+1}^s$: é o valor dos ativos das classes i considerando as projeções da carteira disponível para o cenário S no tempo t+1;

$\sum_{i=1}^N A_{i,t+1}^s$: somatório dos ativos i no instante t;

$\sum_{i=1}^N A_{i,t}^s$: somatório dos ativos no instante t + 1;

N: número de classes de ativo i;

Equação 8 - Retorno da Carteira

$$E(r_c) = \sum_{i=1}^N (p_i \times E(r_i))$$

Onde:

$E(r_c)$: retorno esperado da carteira ótima

N : número de títulos componentes da carteira

p_i : peso do título i na carteira, isto é, a proporção desse título na carteira.

$E(r_i)$: retorno esperado do título i

Para o cálculo da fronteira de eficiência (b), assim é possível selecionar o portfólio ótimo.

Equação 8.1 - Índice de Sharpe

$$b = \frac{E[r_c] - r_f}{dpc}$$

Onde:

$E[r_c]$: retorno do ativo

r_f : retorno do ativo livre de risco

dpc = desvio padrão da carteira

1. Para o cálculo é preciso o histórico dos retornos disponíveis para os ativos que compõem a carteira
2. Poupança como ativo livre de risco
3. Restrições para a otimização da carteira os limites legais por classe e fundo

Equação 9 - Evolução dos Ativos

$$\sum_{i=1}^N A_{i,0}^s = \sum (c_0^s + f_{z,0}^s) + \sum_{i=1}^N (a_{i,0}^s)$$

Onde:

$\sum_{i=1}^N A_{i,0}^s$: composição inicial dos ativos

c_0^s : contribuições do RPPS na data inicial da avaliação

$a_{i,0}^s$: valor dos ativos distribuídos em cada classe de ativo i no período da data de avaliação

$f_{z,0}^s$: valor das contribuições dos servidores, calculado a partir da taxa de contribuição vezes o percentual a remuneração dos servidores, que pode ser dividida em faixas (z).

Para tanto é preciso considerar:

1. Os limites máximos e mínimos para cada classe de ativo;
2. Limites máximo e mínimo dos recursos investidos na carteira.

Fonte: elaborado pelo autor a partir da análise dos modelos da literatura.

Para considerar a Equação 6 como superávit ou ponto de equilíbrio calculado a partir da diferença entre o total dos ativos disponíveis e da provisão matemática, foram usadas as expressões de fluxo contidas nos modelos analisados (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; HOEVENAARS E PONDS, 2008; FERTSL, WEISSENSTEINER, 2011; MARQUES, 2011; FIGUEIREDO, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015). A Equação 6 representa o equilíbrio financeiro e atuarial a cada instante, no curto prazo, em que o somatório dos ativos a cada instante deve ser maior ou igual ao somatório dos passivos a cada instante. A Equação 6.1 apresenta o equilíbrio atuarial avaliado a valor presente, no longo prazo, em que o somatório a valor presente de todos ativos ao longo do tempo deve ser maior ou igual ao somatório a valor presente de todos os passivos ao longo do tempo. Assim, o objetivo é alcançar uma equivalência entre o valor do ativo e os benefícios a serem pagos ao longo do fluxo.

Na Equação 6, também foram considerados os limites mínimos e máximos para cada classe da carteira de ativo, visando atender as determinações legais e adequar o modelo de ALM para os RPPS. Assim, para a projeção dos ativos (Equação 6) considerou-se a proporção ótima das classes de ativo e as restrições da Resolução CMN nº 3.922/2010, que fixa limites de até 100% em títulos do tesouro nacional e fundos de investimento composto somente por títulos do tesouro nacional, enquanto as limitações da renda variável chegam ao máximo de 30% da carteira. Desse modo, as Equações 7, 8 e 9, criadas para calcular o retorno da carteira, utilizaram os limites estipulados na Resolução, otimizando a carteira conforme pressuposto pela Teoria de Markowitz.

A Equação 7 representa a carteira de investimentos, estabelece que o somatório dos ativos no instante $t+1$ é função do somatório dos ativos no instante t , acrescido do retorno esperado da carteira ótima. A Equação 8, retorno da carteira, estabelece que o retorno esperado da carteira ótima é função do somatório dos retornos esperados de cada título pertencente à carteira, ponderados pelo peso do título na carteira. A Equação 8.1, o Índice de Sharpe, estabelece o critério a ser utilizado para a escolha da carteira ótima.

Destaca-se, também, que de acordo com a função definida no Quadro 10, o objetivo é o equilíbrio ou o superávit dos fluxos ao longo dos prazos, conforme se pode observar nos

modelos (HOEVENAARS, PONDS, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERKDA, 2008; MULVEY ET AL., 2008). Além disso, é preciso considerar que o modelo ALM proposto calcula a volatilidade do risco em relação ao retorno esperado da carteira de ativos (SIEGMANN, 2007; PÉZIER, SCHELLERGOECKE, 2011; 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014), conforme exposto nas Equações 7 e 8.

As Equações 7 e 8, que calculam a evolução dos ativos em função dos recursos acumulados do ativo anterior à avaliação mais a rentabilidade esperada da carteira, teve como base estudos que detalharam essa projeção dentro da função de otimização nos modelos de ALM (SIEGMANN, 2007; MITCHELL, PIGGOTT, KUMRU, 2008; HURTADO, 2008; AGLIETTA, BRIEREC, RIGOTF, SIGNORIG, 2012; GOECKE, 2013; BOVENBERG, MEHLKOPF, 2014). Para a Equação 7, foi considerada ainda a Teoria de Markowitz em relação à otimização da carteira para transformar as variáveis teóricas de risco em empíricas, e possibilitar o cálculo e aplicação conforme Seção 6.2.1 Otimização do Ativo da Entidade Objeto do Estudo no Modelo ALM.

Destaca-se que a carteira ótima, calculada por seguir os limites legais da Resolução CMN nº 3.922/2010, pode ter alcançado resultado tido como conservador, embora exista a possibilidade de um portfólio mais rentável utilizando outros investimentos acima dos limites para renda fixa e variável. Outro ponto a ser considerado é que a taxa de desconto utilizada para trazer a valor presente a projeção dos benefícios a serem pagos está limitada até 6% a.a para fins de divulgação atuarial, enquanto os ativos são registrados a valor de mercado, conforme estabelecido nas Portarias MPS nº 402/2008 e 403/2008.

A Equação 9, que detalhou os passos para o cálculo do ativo anterior, foi desenvolvida com base nos estudos que detalharam os valores dos ativos em relação às contribuições dos servidores, do ente e as suplementares, bem como os termos de ajuste ao risco projetado (SAAD, RIBEIRO, 2006; HANEVELD, STREUTKER, VLERK, 2007; HOEVENAARS E PONDS, 2008; FERTSL, WEISSENSTEINER, 2011; MARQUES, 2011; FIGUEIREDO, 2011; TOUKOUROU, DUFRESNE, 2015).

Em relação aos fluxos de caixa dos benefícios, definidos na Equação 6.1, foram consideradas as projeções estimadas na avaliação atuarial em conformidade com Portaria MPS nº 403/2008, conforme dados disponíveis no RPPS objeto de análise. Desse modo, tomou-se a base de cálculo da provisão matemática das unidades gestoras dos RPPS trazidas a valor presente com base na taxa de desconto (ϕ) até no máximo de 6% a.a, conforme meta atuarial divulgada.

Registre-se que, nesse aspecto, a legislação dos RPPS e as características demográficas e econômicas do fundo influenciam os valores da projeção para o cálculo do passivo esperado ($P_{j,t}^s$). É importante destacar que conforme observado nos modelos ALM, existe a necessidade de fazer testes de adequação quanto às premissas atuariais utilizadas nas projeções (HOEVENAARS, PONDS, 2008; HANEVELD, STREUTKER, VLERKDA, 2008; MULVEY ET AL., 2008).

Por limitação dos dados disponíveis, não foi possível testar se as premissas utilizadas pelo RPPS objeto da análise estão adequadas ao comportamento da massa de segurados. O teste de adequação ou aderência consiste em comparar as probabilidades de sobrevivência da tábua utilizada para os cálculos dos benefícios com o número de óbitos ocorridos na massa assistida ao longo dos anos (CALDART *et al.*, 2014, p. 284-285). Assim, antes de aplicar o modelo de ALM proposto no RPPS, devem ser feitos testes de adequação de forma a minimizar os erros nas projeções relativas aos fluxos de caixa dos benefícios.

Em relação ao ativo, Equação 9, é preciso ainda considerar que o fluxo de caixa das contribuições engloba todas as contribuições incluindo a contribuição suplementar. A contribuição suplementar, conforme Portaria MPS nº 403/2008, é o valor destinado à cobertura dos déficits gerados que ocasionaram a insuficiência de ativos necessários às coberturas das reservas matemáticas previdenciárias. Dessa forma, além das contribuições dos servidores e das contribuições normais do ente de RPPS, é preciso considerar no fluxo as possíveis contribuições suplementares e de quanto será o valor para promover o equacionamento do equilíbrio.

As considerações do modelo ALM em relação às especificidades dos RPPS foram resumidas no Quadro 11.

Quadro 11 – Regras para aplicação do ALM em RPPS

Regras Específicas	Fluxo
Premissas - Portaria MPS nº 403/2008: rotatividade, tábua, taxa de desconto etc.	Passivo
Teste de Adequação de Tábuas e demais premissas atuariais	Passivo
Taxa de desconto de até 6% a.a	Passivo
Limitações na política de investimento - Resolução CMN nº 3.922/2010.	Ativo
Contribuição suplementar para equacionamento	Ativo
Regras Gerais	Fluxo
Volatilidade da carteira – relação risco e retorno	Ativo
Cálculo da carteira ótima	Ativo
Cálculo do passivo com base nas projeções atuariais dos benefícios a serem concedidos	Passivo
Casamento de ativos e passivos nos fluxos	Ambos
Objetivo de equilíbrio ou o superávit dos fluxos ao longo dos prazos	Ambos

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a Portaria MPS nº 403/2008, o plano de custeio realizado por meio da avaliação atuarial indicará os parâmetros para o custo normal e suplementar do plano de benefícios dos RPPS (art. 17, § 7º). De acordo com a legislação, somente com cinco exercícios superavitários seguidos é que é possível rever o plano de custeio de forma que implique em redução das alíquotas ou aportes destinados ao RPPS (Portaria MPS nº 403/2008, art. 25).

Como se pode observar, as adequações se deram basicamente em razão da necessidade de atender a legislação previdenciária, que impôs restrições ao modelo desenvolvido a partir da revisão da literatura.

6.2 APLICAÇÃO DO MODELO EM UM RPPS REAL

Com base nos dados coletados no RPPS objeto de análise, foi possível aplicar o modelo apresentado na Seção 6.1, de forma a viabilizar a projeção dos fluxos de caixa dos ativos e benefícios buscando otimizar os fluxos e alcançar os equilíbrios. A primeira etapa foi dada a partir das limitações da legislação e mercado brasileiros, visando construir uma carteira ótima de ativos que atinja o objetivo de realizar o ALM. O segundo passo foi projetar os fluxos em conjunto e apresentar a composição obtida para os horizontes de tempo do ano inicial (2016) e 75 anos (2090), correspondente ao prazo da duração do passivo. O passivo foi estimado com base nas informações disponíveis no DRAA do ente pesquisado. Destaca-se que o ativo no modelo ALM é projetado em busca de uma função ótima, mas, com o objetivo de casar os fluxos de passivo, determinando assim, o passivo, de forma crucial, a gestão e, por conseguinte, a política de investimento dos RPPS.

6.2.1 Otimização do Ativo da Entidade Objeto do Estudo no Modelo ALM

Considerando que a cada ano as contribuições serão pagas por servidores e pelo ente, incluindo as contribuições suplementares, foi apurado ao final de cada ano o valor do ativo, partindo do cenário inicial com os dados de 2015 para projetar os anos seguintes do fluxo. Foram calculados, também, os valores do passivo.

Assim, indica-se a composição ótima da carteira de investimento da unidade gestora utilizando-se da projeção dos ativos realizada anteriormente, por segmento e pelo portfólio ótimo, calcula-se o valor da carteira de investimentos com base na taxa de juros encontrada, e, de posse do passivo atuarial, apura-se o saldo entre ativo menos passivo.

Tendo em vista a importância da gestão do ativo para viabilizar o equilíbrio ou o superávit do RPPS, esta Seção destaca as etapas consideradas no modelo ALM para otimizar a carteira.

Dado o cálculo da taxa de juros real, é possível que os valores calculados sejam negativos. É preciso considerar que ter uma taxa de juros reais negativa significa que os títulos têm rentabilidade menor do que a inflação no curto prazo. Isso significa que o gestor financeiro deve buscar investir em outras aplicações, que terão uma rentabilidade maior, dentro dos limites estabelecidos pela resolução CMN nº 3.922/2010. Para o cálculo dos juros reais, se considerou a fórmula apresentada na Equação 10.

$$\text{Equação 10}$$

$$JR = \frac{(1 + JN)}{(1 + \text{Inflação})} - 1$$

Onde:

JR: é juros reais

JN: é juros nominais

Considerando o efeito da inflação nota-se, conforme Tabela 3, que os títulos individuais renderam no cenário inflacionário, considerado como *proxy* o INPC médio, suficiente para ter uma taxa real efetiva acima do valor da inflação. Dessa forma, conforme avaliação atuarial disponível no CADPREV, foi utilizada a taxa de desconto de juros real de 6 a.a%, com a expectativa de que, ao rodar o modelo adaptado, haja diferença em relação às projeções do ativo no horizonte de tempo.

Tabela 3 – Taxa de juros real

Tipo de Ativo: BB previdenciário	Taxa Real
RF IMA-B TP FI	3,22%
RF IRF-M TP FI	3,29%
RF IRF-M1 TP FIC DE FI	1,39%
RF IDKA2 TP FI	1,28%
RF TP IPCA I FI	0,85%
RF Fluxo FIC de FI	1,05%
Multimercado FI LP	1,51%

Fonte: elaborado pelo autor

Para implementar o modelo ALM, foi preciso analisar a composição ótima do portfólio do RPPS analisado, utilizando-se da projeção dos ativos que compõem a carteira, por segmento, respeitando-se as restrições impostas pela Resolução nº 3.922/2010. Desse modo, o software buscou a melhor combinação possível dado o nível de risco: foram utilizados como dados o retorno esperado e o desvio padrão, para, desse modo, gerar a matriz de covariância dos ativos que compõem a carteira, conforme Tabela 4.

O software para apurar a variância utilizou as médias móveis exponencialmente ponderadas que atribui maiores pesos para observações mais recentes (SILVA, 2015, p.80). Assim, foram calculadas as correlações entre cada par de classes de ativos, para, com base nas variâncias individuais de cada classe de ativos, calcular a matriz de covariâncias. Desse modo a matriz de covariância foi utilizada para estimar o risco da carteira.

Tabela 4 – Covariância dos ativos

Títulos	RF IMA-B TP FI	RF IRF-M TP FI	RF IRF-M1 TP FIC DE FI	RF IDKA2 TP FI	RF TP IPCA I FI	RF Fluxo FIC de FI	Multimerca do FI LP
RF IMA-B TP FI	0,00000022	0,00000020	0,00000005	0,00000004	0,00000005	0,00000004	0,00000007
RF IRF-M TP FI	0,00000020	0,00000020	0,00000006	0,00000004	0,00000005	0,00000004	0,00000007
RF IRF-M1 TP FIC DE FI	0,00000005	0,00000006	0,00000002	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000002
RF IDKA2 TP FI	0,00000004	0,00000004	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000001
RF TP IPCA I FI	0,00000005	0,00000005	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000002
RF Fluxo FIC de FI	0,00000004	0,00000004	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000001	0,00000002
Multimerca do FI LP	0,00000007	0,00000007	0,00000002	0,00000001	0,00000002	0,00000002	0,00000003

Fonte: elaborado pelo autor

Uma vez que a covariância visa identificar como os valores dos ativos se inter-relacionam, essa medida ao se apresentar positiva indica que as taxas de retorno apresentam comportamento de mesma tendência (Tabela 4). Isso indica que há uma expectativa que os títulos apresentem as mesmas tendências de retorno, isto é, valorizações ou desvalorizações conjuntas. Registre-se que isso não é um bom indicador para a diversificação da carteira, uma vez que ativos com covariâncias inversas é que possibilitam reduzir um risco.

Assim, foi otimizada a carteira, conforme fórmula apresentada no Quadro 10, considerando como pressupostos: (i) poupança como ativo livre de risco; (ii) restrições legais no limite de 100% para os fundos de investimento de títulos do tesouro nacional, 30% para os fundos de renda fixa referenciado e 5% para o fundo de renda variável multimercado (Quadro

9); (iii) rendimentos esperados e desvios padrões (Tabela 5); (iv) tabela de covariância (Tabela 4) e carteira que obteve o maior índice Sharpe , conforme equação 8.1 (Tabela 5).

Tabela 5 – Dados dos ativos

Títulos	Retorno Esperado E (R)	Desvio Padrão	Índice Sharpe
RF IMA-B TP FI	3,87%	0,05%	8235,45%
RF IRF-M TP FI	3,94%	0,04%	8870,97%
RF IRF-M1 TP FIC DE FI	2,03%	0,01%	15454,18%
RF IDKA2 TP FI	1,92%	0,01%	19437,91%
RF TP IPCA I FI	1,49%	0,01%	13325,55%
RF Fluxo FIC de FI	1,68%	0,01%	15998,24%
Multimercado FI LP	2,15%	0,02%	13195,22%

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim o programa retornou que dado esses ativos e as informações disponíveis, a carteira ótima seria investir 100% dos recursos no título BB Previdenciário Renda Fixa IDKA Títulos Públicos FI (100,00%), desse modo, o rendimento esperado da carteira seria de 1,92% a.m. Calculando a taxa real, conforme Tabela 3, o rendimento da carteira passa ser de 1,28%a.m ou 16,49% a.a.

Assim, após a apuração da carteira com os percentuais de alocação, foi calculado o valor monetário para cada portfólio, por época e utilizando as duas taxas a da carteira ótima (16,49% a.a), e do máximo permitido pela avaliação atuarial (6,00% a.a), conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Fluxo de investimentos em R\$ 1.000,00

Ano	Investimentos - 6%a.a	Investimentos - 16,49%aa	Ano	Investimentos - 6%a.a	Investimentos - 16,49%aa
2015	150.099,81	150.099,81	2053	-	47.274.757,03
2016	183.172,64	201.299,82	2054	-	54.890.767,00
2017	216.925,55	259.509,35	2055	-	63.767.793,86
2018	250.214,70	324.582,37	2056	-	74.114.375,34
2019	282.521,21	397.111,06	2057	-	86.173.200,76
2020	313.056,30	477.522,77	2058	-	100.227.231,60
2021	342.038,92	567.474,86	2059	-	116.605.898,41
2022	367.408,35	666.378,23	2060	-	135.692.699,72
2023	390.619,02	777.545,58	2061	-	157.934.280,36
2024	410.720,60	902.097,20	2062	-	183.850.974,56
2025	426.115,02	1.040.688,92	2063	-	214.048.835,25
2026	436.933,55	1.196.090,62	2064	-	249.233.821,18
2027	440.674,96	1.368.627,22	2065	-	290.228.270,57
2028	438.706,27	1.563.093,22	2066	-	337.990.091,52
2029	430.300,49	1.782.682,36	2067	-	393.635.116,89
2030	414.659,35	2.031.084,62	2068	-	458.463.147,19
2031	391.497,59	2.313.214,88	2069	-	533.988.287,10

2032	358.671,41	2.632.774,82	2070	-	621.974.284,94
2033	310.020,79	2.989.804,20	2071	-	724.475.700,80
2034	247.908,64	3.394.121,94	2072	-	843.885.862,14
2035	174.075,44	3.856.326,21	2073	-	982.992.728,51
2036	83.413,44	4.381.122,15	2074	-	1.145.043.969,13
2037	-	4.984.544,96	2075	-	1.333.822.772,22
2038	-	5.677.231,25	2076	-	1.553.736.155,96
2039	-	6.476.078,02	2077	-	1.809.917.841,99
2040	-	7.399.017,42	2078	-	2.108.348.093,24
2041	-	8.468.151,08	2079	-	2.455.993.313,27
2042	-	9.706.044,84	2080	-	2.860.968.665,98
2043	-	11.141.593,05	2081	-	3.332.727.511,38
2044	-	12.806.546,45	2082	-	3.882.282.078,94
2045	-	14.740.091,35	2083	-	4.522.460.530,09
2046	-	16.987.811,39	2084	-	5.268.206.410,21
2047	-	19.603.265,28	2085	-	6.136.927.479,12
2048	-	22.647.476,75	2086	-	7.148.902.062,66
2049	-	26.193.410,07	2087	-	8.327.752.411,20
2050	-	30.323.037,79	2088	-	9.700.996.113,49
2051	-	35.134.648,22	2089	-	11.300.688.437,60
2052	-	40.740.907,34	2090	-	13.164.170.593,61

Fonte: elaborado pelos autores

No modelo de ALM esse fluxo foi projetado conforme as premissas já estabelecidas, considerando que para fins de divulgação da avaliação atuarial o limite legal estabelecido é de 6% a.a, mas, o gestor pode ter como meta para fins de gestão do fluxo taxas mais altas, gerando expectativas de fluxos maiores. O fluxo do ativo foi gerado com base no modelo apresentado no Quadro 10, considerando, desse modo, também, as saídas de recurso do fluxo decorrentes do pagamento dos benefícios esperados.

É possível observar pela Tabela 6 que os fluxos dos ativos utilizando a taxa da carteira ótima começa a aumentar significativamente em relação ao fluxo dos ativos utilizando a taxa da meta atuarial de 6% a.a. Em 2016, a diferença estava em 10% de uma projeção para outra, chegando em 2020 a 50% de diferença e, a partir de 2024, de mais de 100% em relação ao fluxo de ativos projetados pela meta atuarial e os fluxos de ativos da carteira ótima. Pela meta atuarial, a partir de 2037, não haveria recursos suficientes para cobrir os fluxos dos ativos, chegando a zero os valores projetados. Já com a taxa da carteira ótima, o fluxo continua crescendo com tempo.

Também, buscou-se confrontar o fluxo da carteira de investimentos apresentado com o fluxo do pagamento de benefícios, calculados conforme premissas atuariais apresentadas anteriormente, para constatar o atendimento da condição de liquidez, imputada aos planos pela legislação.

6.2.2 Casamento dos Fluxos de Ativos e Passivos a partir do ALM

Conforme apresentado nas Seções anteriores, o presente estudo teve como objetivo analisar as perspectivas de adoção de modelos ALM em RPPS, buscando o casamento de fluxos de ativos e passivos. Com base nas informações apresentadas, estimando os fluxos de ativos e passivos, o RPPS analisado adotou as seguintes taxas de contribuições incidente sobre a remuneração: 13,28% do ente; 11% dos servidores ativos; 11% dos inativos e pensionistas. Assim, para este RPPS, com base nos dados disponíveis, o custo total foi de 24,28%, sendo inserida a parcela relativa ao custeio administrativo.

Tendo em vista que os prazos das obrigações precisam “casar” com os prazos dos títulos da carteira, considerando os títulos disponíveis para o RPPS analisado, não houve disponibilidade de ativos em todos os períodos, e, nas estimações realizadas, optou-se pelo ativo com taxa mais próxima da obrigação a ser coberta. Pressupôs-se a liquidação dos títulos no vencimento e carregou-se tal taxa até a data de interesse.

A projeção adotada no estudo foi de 75 anos e, por conseguinte, a meta estipulada foi calculada por esse período. Assim, após a apuração da carteira ótima por período com os percentuais de alocação para cada segmento, calculou-se o valor monetário para cada portfólio, por época, conforme Tabelas 7 e 8.

A tabela 7 mostra a projeção das contribuições e do total dos benefícios e despesas. Assim, é possível observar que o fluxo dos benefícios a serem pagos crescem gradativamente com o passar dos anos, tendo o pico de crescimento a partir do ano de 2018; a partir de 2048, o fluxo dos benefícios a serem pagos passa a ter taxas decrescentes, diminuindo os valores a serem pagos. Essa redução dos valores dos benefícios aos longos dos anos decorre das características da massa de segurado, cuja probabilidade de sobrevivência diminui com o tempo, impactando, portanto, nos cálculos das provisões atuariais.

Tabela 7 – Projeção dos fluxos no RPPS objeto de análise em reais mil.

Ano	Evolução das Contribuições	Total dos benefícios e despesas
2016	46.290,30	23.585,74
2017	47.443,93	25.969,83
2018	48.524,92	29.398,87
2019	49.526,56	33.211,81

2020	50.471,71	37.656,79
2021	51.380,48	41.758,56
2022	51.871,99	47.299,26
2023	52.616,88	51.516,73
2024	53.122,11	56.268,86
2025	53.350,26	62.075,57
2026	53.673,60	67.587,15
2027	53.240,95	74.443,41
2028	53.247,19	80.048,32
2029	53.046,00	85.808,41
2030	52.675,51	91.787,93
2031	52.173,21	97.495,21
2032	51.251,51	104.379,83
2033	48.850,83	115.049,80
2034	46.982,71	123.127,43
2035	45.633,51	129.320,04
2036	43.125,44	138.508,95
2037	41.625,09	143.800,58
2038	39.435,14	150.401,89
2039	37.648,89	155.537,69
2040	35.764,60	160.209,50
2041	34.073,57	163.667,79
2042	31.804,70	167.871,62
2043	29.685,45	171.310,12
2044	27.205,72	175.111,38
2045	24.907,11	177.928,50
2046	22.710,09	179.737,32
2047	20.814,35	180.344,10
2048	18.815,69	180.517,96
2049	17.203,01	179.135,88
2050	15.252,58	178.069,65
2051	13.690,58	175.643,10
2052	12.103,93	173.014,20
2053	10.878,05	169.111,30
2054	9.966,50	164.140,65
2055	9.084,46	158.848,92
2056	8.302,48	153.145,58
2057	7.562,67	147.175,57
2058	6.950,89	140.807,85
2059	6.411,91	134.151,35
2060	5.898,09	127.377,49
2061	5.396,07	120.552,34
2062	4.922,91	113.660,67
2063	4.469,04	106.765,39

2064	4.036,24	99.895,98
2065	3.625,99	93.082,36
2066	3.239,52	86.354,70
2067	2.877,71	79.743,29
2068	2.541,05	73.277,15
2069	2.229,72	66.984,68
2070	1.943,61	60.893,48
2071	1.682,37	55.029,20
2072	1.445,45	49.416,72
2073	1.232,13	44.078,98
2074	1.041,51	39.036,46
2075	872,54	34.306,67
2076	724,06	29.903,73
2077	594,80	25.838,24
2078	483,37	22.116,90
2079	388,32	18.742,30
2080	308,16	15.712,61
2081	241,33	13.021,50
2082	186,35	10.658,55
2083	141,75	8.609,15
2084	106,09	6.854,56
2085	78,01	5.373,00
2086	56,27	4.140,54
2087	39,75	3.131,51
2088	27,44	2.319,75
2089	18,48	1.679,57
2090	12,13	1.185,92

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 8 mostra a evolução dos ativos e dos benefícios, bem como se há excedente ou insuficiência financeira ao longo do período analisado. Desse modo, verificou-se que a os recursos garantidores, os ativos, segue uma tendência crescente especialmente de 2030 até 2089, assim, a taxa média de crescimento dos ativos fica em torno de 16%. Tendo em vista o cruzamento dos fluxos, foi possível manter excedente financeiro ao longo de todo período analisado

Tabela 8 – Insuficiência ou Excedente Financeiro

Ano	Evolução das Contribuições	Total dos benefícios e despesas	Evolução dos Recursos Garantidores	Insuficiência ou Excedente Financeiro
2016	46.290,30	23.585,74	201.299,82	177.714,08
2017	47.443,93	25.969,83	259.509,35	233.539,52
2018	48.524,92	29.398,87	324.582,37	295.183,50
2019	49.526,56	33.211,81	397.111,06	363.899,25

2020	50.471,71	37.656,79	477.522,77	439.865,98
2021	51.380,48	41.758,56	567.474,86	525.716,30
2022	51.871,99	47.299,26	666.378,23	619.078,97
2023	52.616,88	51.516,73	777.545,58	726.028,85
2024	53.122,11	56.268,86	902.097,20	845.828,34
2025	53.350,26	62.075,57	1.040.688,92	978.613,35
2026	53.673,60	67.587,15	1.196.090,62	1.128.503,47
2027	53.240,95	74.443,41	1.368.627,22	1.294.183,81
2028	53.247,19	80.048,32	1.563.093,22	1.483.044,90
2029	53.046,00	85.808,41	1.782.682,36	1.696.873,95
2030	52.675,51	91.787,93	2.031.084,62	1.939.296,69
2031	52.173,21	97.495,21	2.313.214,88	2.215.719,67
2032	51.251,51	104.379,83	2.632.774,82	2.528.394,99
2033	48.850,83	115.049,80	2.989.804,20	2.874.754,40
2034	46.982,71	123.127,43	3.394.121,94	3.270.994,51
2035	45.633,51	129.320,04	3.856.326,21	3.727.006,17
2036	43.125,44	138.508,95	4.381.122,15	4.242.613,20
2037	41.625,09	143.800,58	4.984.544,96	4.840.744,38
2038	39.435,14	150.401,89	5.677.231,25	5.526.829,36
2039	37.648,89	155.537,69	6.476.078,02	6.320.540,33
2040	35.764,60	160.209,50	7.399.017,42	7.238.807,92
2041	34.073,57	163.667,79	8.468.151,08	8.304.483,29
2042	31.804,70	167.871,62	9.706.044,84	9.538.173,22
2043	29.685,45	171.310,12	11.141.593,05	10.970.282,93
2044	27.205,72	175.111,38	12.806.546,45	12.631.435,07
2045	24.907,11	177.928,50	14.740.091,35	14.562.162,85
2046	22.710,09	179.737,32	16.987.811,39	16.808.074,07
2047	20.814,35	180.344,10	19.603.265,28	19.422.921,18
2048	18.815,69	180.517,96	22.647.476,75	22.466.958,79
2049	17.203,01	179.135,88	26.193.410,07	26.014.274,19
2050	15.252,58	178.069,65	30.323.037,79	30.144.968,14
2051	13.690,58	175.643,10	35.134.648,22	34.959.005,12
2052	12.103,93	173.014,20	40.740.907,34	40.567.893,14
2053	10.878,05	169.111,30	47.274.757,03	47.105.645,73
2054	9.966,50	164.140,65	54.890.767,00	54.726.626,35
2055	9.084,46	158.848,92	63.767.793,86	63.608.944,94
2056	8.302,48	153.145,58	74.114.375,34	73.961.229,76
2057	7.562,67	147.175,57	86.173.200,76	86.026.025,19
2058	6.950,89	140.807,85	100.227.231,60	100.086.423,75
2059	6.411,91	134.151,35	116.605.898,41	116.471.747,06
2060	5.898,09	127.377,49	135.692.699,72	135.565.322,23
2061	5.396,07	120.552,34	157.934.280,36	157.813.728,02

2062	4.922,91	113.660,67	183.850.974,56	183.737.313,89
2063	4.469,04	106.765,39	214.048.835,25	213.942.069,86
2064	4.036,24	99.895,98	249.233.821,18	249.133.925,20
2065	3.625,99	93.082,36	290.228.270,57	290.135.188,21
2066	3.239,52	86.354,70	337.990.091,52	337.903.736,82
2067	2.877,71	79.743,29	393.635.116,89	393.555.373,60
2068	2.541,05	73.277,15	458.463.147,19	458.389.870,04
2069	2.229,72	66.984,68	533.988.287,10	533.921.302,42
2070	1.943,61	60.893,48	621.974.284,94	621.913.391,46
2071	1.682,37	55.029,20	724.475.700,80	724.420.671,60
2072	1.445,45	49.416,72	843.885.862,14	843.836.445,42
2073	1.232,13	44.078,98	982.992.728,51	982.948.649,53
2074	1.041,51	39.036,46	1.145.043.969,13	1.145.004.932,67
2075	872,54	34.306,67	1.333.822.772,22	1.333.788.465,55
2076	724,06	29.903,73	1.553.736.155,96	1.553.706.252,23
2077	594,8	25.838,24	1.809.917.841,99	1.809.892.003,75
2078	483,37	22.116,90	2.108.348.093,24	2.108.325.976,34
2079	388,32	18.742,30	2.455.993.313,27	2.455.974.570,97
2080	308,16	15.712,61	2.860.968.665,98	2.860.952.953,37
2081	241,33	13.021,50	3.332.727.511,38	3.332.714.489,88
2082	186,35	10.658,55	3.882.282.078,94	3.882.271.420,39
2083	141,75	8.609,15	4.522.460.530,09	4.522.451.920,94
2084	106,09	6.854,56	5.268.206.410,21	5.268.199.555,65
2085	78,01	5.373,00	6.136.927.479,12	6.136.922.106,12
2086	56,27	4.140,54	7.148.902.062,66	7.148.897.922,12
2087	39,75	3.131,51	8.327.752.411,20	8.327.749.279,69
2088	27,44	2.319,75	9.700.996.113,49	9.700.993.793,74
2089	18,48	1.679,57	11.300.688.437,60	11.300.686.758,03
2090	12,13	1.185,92	13.164.170.593,61	13.164.169.407,69

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se tanto pelas Tabela 7 e 8 que, ao longo dos anos, chegará o ponto em que o RPPS terá excedentes dado o aumento constante dos ativos e a diminuição dos benefícios projetados. Destaca-se, contudo, que se as premissas atuariais não representarem adequadamente o comportamento da massa de servidores segurados, o modelo terá viés e a projeção será destoante da realidade.

Assim, é necessário o monitoramento constante dos fluxos para capturar alterações nas condições analisadas, necessitando realocar a política de investimento e buscar medidas de equacionamento, como contribuições suplementares.

Com a otimização da carteira para o período analisado, foi possível encontrar uma situação positiva, proporcionando uma gestão dos fluxos de ativos e passivos. Assim, as contribuições vertidas pelos servidores e pelo ente, acrescidas do retorno das aplicações, devem fluir para o fundo em ritmo suficiente para pagar benefícios no curto prazo e para honrar as obrigações de longo prazo do RPPS.

Em 2016, os benefícios projetados representaram 12% do total do ativo, alcançando um excedente de 88%. Ou seja, mais de 88% dos recursos dos ativos excediam os valores a serem pagos dos benefícios projetados para o ano. Essa proporção de excedente acima de 80% se mantém ao longo do fluxo.

Até 2026, os fluxos das contribuições aumentam em uma taxa média de 1% a.a, mas de 2027 até o final do fluxo os fluxos das projeções decrescem, devido às características das regras de concessão de aposentadoria e a transição dos servidores ativos para inativos ou saídas do sistema previdenciário do ente. Os fluxos dos benefícios crescem em uma taxa de 9% até 2037, a partir daí os fluxos de benefício decrescem.

A aplicação do modelo ALM, portanto, permitiu garantir, dada as características do RPPS analisado e das informações consideradas, o equilíbrio atuarial e financeiro, se apresentando como uma medida viabilizadora para compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira a cada momento de pagamento dos benefícios a seu cargo, além de auxiliar na construção de políticas de investimentos que aperfeiçoem a relação risco e retorno da carteira de investimentos do RPPS objeto da análise.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo geral analisar as perspectivas de adoção de um modelo de *Asset and Liability Management* (ALM) em regimes próprios de previdência social (RPPS), sendo realizada análise de conteúdo de modelos ALM a partir da revisão da literatura, efetuada a modelagem estocástica das rentabilidades dos ativos e inflação, selecionados ativos que supram com seus rendimentos a meta atuarial e desenvolvida uma função objetivo, visando atender às restrições regulamentares dos RPPS.

Apesar de a literatura trazer que estudos para adoção do ALM basicamente têm sido desenvolvidos para fundos de pensão, verifica-se que nos RPPS também há a busca por uma gestão ótima do risco e retorno da carteira de investimento, inferindo-se, portanto, com base na literatura analisada, semelhanças em relação aos objetivos traçados nos modelos de gestão de ativos e passivos dos fundos de pensão com os objetivos que podem ser traçados para os RPPS.

Registre-se também que apesar de não haver exigência legal para o uso do ALM em fundos de pensão, evidências na literatura e nos relatórios disponíveis no mundo virtual mostram a sua utilização diante das características que permitem uma gestão dinâmica de alocação. Assim, infere-se, da mesma forma, que embora também não exista determinação legal para a utilização do ALM em RPPS, a mesma pode ser factível diante de todas as questões dinâmicas envolvidas e das perspectivas de solução para o problema de rentabilidade.

Há que se considerar que a gestão dos RPPS, similarmente aos fundos de pensão privados, envolve decisões sobre a formação da carteira de investimentos que implicam na dicotomia risco e retorno dos recursos, e que o gestor da carteira buscará uma escolha eficiente para que determinado nível de risco alcance o maior retorno possível de uma carteira, ou, ainda, para certo retorno o menor grau de risco. Estudos encontrados sobre a otimização da carteira para Regimes Próprios de Previdência Social utilizaram a Teoria de Markowitz.

Quanto às premissas a serem observadas pelos RPPS, a legislação previdenciária estabelece que os mesmos devem ser baseados em normas gerais de contabilidade e atuária, tendo os seus respectivos entes federativos (Municípios, Estados, Distrito Federal e União) a responsabilidade em cobrir eventuais insuficiências financeiras do regime. Também verificou-se que a gestão de ativos previdenciários dos RPPS envolve gerenciar o risco nas aplicações,

pois, o principal objetivo de sua gestão financeira é a garantia de que os recursos administrados são capazes de efetuar o pagamento futuro dos benefícios.

Sobre a provisão matemática previdenciária, para calcular os benefícios previstos no RPPS, é realizado um estudo técnico atuarial baseado nas características demográficas e econômicas da população analisada, e que, decorrentes dessa avaliação atuarial, por exigência da portaria, são produzidos os seguintes documentos: nota técnica atuarial, demonstrativo de resultado da avaliação atuarial (DRAA) e parecer atuarial.

Quanto aos modelos de ALM produzidos pela literatura, observou-se a utilização de abordagens estocásticas do ativo e do passivo, em razão dos parâmetros relacionados à construção de cenários e probabilidades, e, ainda, a necessidade de análise da volatilidade de risco retorno da carteira de ativos e o casamento dos fluxos, utilizando equações que representam simultaneamente os ativos e passivos. Com base nos periódicos analisados, destaca-se que na aplicação dos modelos ALM é necessário definir parâmetros que restringem as classes de ativo e passivo por imposição legal ou limitações.

Entre os principais achados da análise de conteúdo dos modelos, estão que os métodos estocásticos para gerenciar os ativos e passivos são adequados, permitindo gerenciar quaisquer mudanças no modelo de acordo com os parâmetros analisados, e, que, dependendo do objetivo do modelo ALM, a função muda em cada estudo analisado. Embora existam diferenças de notação entre as equações, percebe-se que há variáveis que se repetem, tais como: ativos, passivos e contribuições. Registre-se que a maioria dos modelos analisados tem como objetivo zerar a diferença entre os ativos projetados menos os passivos projetados, sendo o ativo adaptado pelos parâmetros de restrição.

Assim, na adaptação do modelo ALM para RPPS, foram consideradas as restrições impostas pela legislação previdenciária, como os limites estabelecidos pela Resolução CMN nº 3.922/2010 em relação à composição da carteira dos RPPS e as premissas financeiras e atuariais definidas na Portaria MPS nº 403/2008, com destaque para a taxa de desconto utilizada para trazer os passivos dos RPPS a valor presente, limita a 6% ao ano.

Ao aplicar o modelo de ALM desenvolvido via programação estocástica multiperíodo em um RPPS real, com base nos dados coletados na entidade objeto de análise, verificou-se que é factível a adoção da técnica de ALM em RPPS, e que a sua aplicação permite viabilizar a projeção dos fluxos de caixa dos ativos e benefícios com o objetivo de otimizar os fluxos e alcançar o equilíbrio financeiro e atuarial.

Em termos práticos, a aplicação do modelo de ALM adaptado para os RPPS em uma unidade gestora real mostrou que a ferramenta otimizou os resultados da carteira de investimentos no período analisado. Como resultado, a adoção do ALM na unidade gestora proporcionou uma melhoria no casamento dos fluxos de ativos e passivos do RPPS, maximizando os resultados anteriormente obtidos sem o seu uso, mostrando que a ferramenta pode ser um importante instrumento para a sustentabilidade das contas previdenciárias.

Os achados do estudo também apontam para a necessidade de ampliar a política de investimento e alterar buscar medidas de equacionamento do déficit na unidade gestora de RPPS analisada, confirmando os achados da literatura que considera que a adoção do ALM pode se apresentar como uma medida viabilizadora para compatibilizar o fluxo da disponibilidade financeira a cada momento de pagamento dos benefícios a seu cargo, além de auxiliar na construção de políticas de investimentos que aperfeiçoem a relação risco e retorno da carteira de investimentos dos RPPS.

Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação de modelos ALM em outros RPPS, com características diferentes; aplicação de testes de adequação nas premissas atuariais analisadas; projeção de períodos mais longos, de modo a verificar se as afirmações apresentadas neste estudo podem ser extrapoladas para os demais RPPS.

REFERÊNCIAS

AGLIETTA, M. *et al.* Rehabilitating the role of active management for pension funds.

Journal of banking & finance, v. 36, n. 9, p. 2565-2574, 2012. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426612001458>>. Acesso em: 9 abr. 2015.

ANSILIEIRO, G. Regras de Indexação dos Benefícios Previdenciários: Evolução Recente e Implicações para o Regime Geral de Previdência Social. **Informe da Previdência Social**,

Ministério da Previdência Social, v. 22, n. 6, p.1-24, 2010. Disponível em: <

http://www.previdencia.gov.br/arquivos/office/3_100917-174822-012.pdf>. Acesso em: 30 set. 2016.

ARFUX, G. A. B. **Gerenciamento de riscos na comercialização de energia elétrica com uso de instrumentos derivativos: uma abordagem via teoria de portfólios de Markowitz.**

2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível

em:<

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86923/228653.pdf?sequence=1&isAll>
owed=y>. Acesso em: 10 mar. 2015.

BACH, T. M. *et al.* Eficiência das Companhias Abertas e o Risco versus Retorno das

Carteiras de Ações a partir do Modelo de Markowitz. **Revista Evidenciação Contábil &**

Finanças, v. 3, n. 1, p. 34-53, 2015. Disponível em:

<<http://www.okara.ufpb.br/ojs2/index.php/recfin/article/view/21312> >. Acesso em: 06 jan. 2016.

BAIMA, F. de R. **Análise de desempenho dos investimentos dos fundos de pensão no**

Brasil. 1998. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina,

Florianópolis, 1998. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/77615/147025.pdf?sequence=1&isAll>
lowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2015.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** São Paulo: Edições 70 – Brasil, 2011, p. 280.

BARROSO, L. R. Constitucionalidade e legitimidade da Reforma da Previdência (ascensão e queda de um regime de erros e privilégios). **Rev. Eletrônica sobre a Reforma do Estado**,

Rio de Janeiro, n. 20, p. 49-107, 2010. Disponível em: <

<http://www.direitodoestado.com/revista/rere-20-dezembro-2009-luis-roberto-barroso.pdf>>.

Acesso em: 1 jan. 2016.

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, Belo Horizonte, v. 6, n. 13, 2006. Disponível em:

<<http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/viewArticle/25>>. Acesso em: 15 set. 2015.

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. **Revista Economia & Gestão**, Belo Horizonte, v. 4, n. 7, 2004. Disponível em: <<http://200.229.32.55/index.php/economiaegestao/article/view/85>>. Acesso em: 15 set. 2015.

BOENDER, G. C. E. A hybrid simulation/optimisation scenario model for asset/liability management. **European Journal of Operational Research**, v. 99, n. 1, p. 126-135, 1997.

Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221796003876>>.

Acesso em: 05 fev. 2015.

BOGENTOFT, E.; ROMEIJN, E. H.; URYASEV, S. Asset/liability management for pension funds using CVaR constraints. **The Journal of Risk Finance**, v. 3, n. 1, p. 57-71, 2001.

Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/eb043483>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

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. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 17, n. 1, p. 117-148, 2011. Disponível em

<<http://www.seer.ufrgs.br/read/article/view/38704>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

BOVENBERG, L.; MEHLKOP, R. Optimal design of funded Pension schemes. **Annu. Rev. Econ**, v.6, p. 445 –474, 2014. Disponível em:

<<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-economics-080213-040918>>.

Acesso em: 9 abr. 2015.

BRASIL. CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução CMN nº 3.922/2010, de 25 de novembro de 2010**. Dispõe sobre as aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social instituídos pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios. Brasília, DF: Banco Central do Brasil, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil:**

promulgada em 5 de outubro de 1988, atualizada até a Emenda Constitucional nº 90, de 15 de setembro de 2015. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/quadro_emc.htm>. Acesso em: 15 set. 2015.

BRASIL. **Lei 9.717, de 27 de novembro de 1998.** Dispõe sobre as 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 do Estados e do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de julho de 2003, Seção 1.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (MPS). **Estáticas da Previdência no Serviço Público, 2015.** Disponível em: “<http://www.previdencia.gov.br/regimes-proprios/estatisticas-2/>”. Acessado em: 04 de abril de 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (MPS). **Nota Técnica DRPSP/SPPS/MPS nº 03/2015.** Considerações sobre a possibilidade e os efeitos da revisão ou desfazimento da segregação da Massa dos Segurados, adotada como alternativa para Equacionamento do déficit atuarial. Brasília, março de 2015. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/NOTA-T%C3%89CNICA-DRPSP-N%C2%BA-03-2015-REVIS%C3%83O-DA-SEGREGA%C3%87%C3%83O-DA-MASSA.pdf>>. Acesso em 09 dez. 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (MPS). **Portaria Ministerial 403, de 10 de dezembro de 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 de dezembro de 2008, Seção 1.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (MPS). **Portaria Ministerial 402, de 10 de dezembro de 2008.** Disciplina os parâmetros e as diretrizes gerais para organização e funcionamento dos regimes próprios de previdência social dos servidores públicos ocupantes de cargos efetivos da união, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, em cumprimento das Leis 9.717, de 1998, e 10.887, de 2004. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 de dezembro de 2008, Seção 1.

BROUNEN, D.; PRADO, M. P.; VERBEEK, M. Real estate in an ALM framework: The case of fair value accounting. **Real Estate Economics**, v. 38, n. 4, p. 775-804, 2010. Disponível em: <<http://repub.eur.nl/pub/12674/>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

BRUNI, A. L.; FUENTES, J.; FAMÁ, R. A moderna teoria de portfólios e a Contribuição dos mercados latinos na Otimização da relação risco versus Retorno de carteiras internacionais: Evidências empíricas recentes (1996-1997). **III Semead**, 1998. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a9905_Semead_Cart_Intern.pdf>. Acesso em: 20 de jul. 2015.

CAIRNS, A. J. **Pension funding in a stochastic environment: the role of objectives in selecting an asset-allocation strategy**. In: Proceedings of the Fifth AFIR International Symposium, Brussels. 1995. p. 845-870. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.65.3773&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2015.

CALAZANS, F. F. *et al.* A importância da unidade gestora nos regimes próprios de Previdência Social: análise da situação dos estados e do Distrito Federal. **RAP: Revista Brasileira de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v47n2/v47n2a01.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

CALDART, P. R. *et al.* Adequação das Hipóteses Atuariais e Modelo Alternativo de Capitalização para o Regime Básico do RPPS: o Caso do Rio Grande do Sul. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 25, n. 66, p. 281-293, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rcf/v25n66/pt_1519-7077-rcf-25-66-0281.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

CAPELO, E. R. **Fundos Privados de Pensão: uma introdução ao estudo atuarial**. 1986. 403 f. Tese (Doutorado em Administração) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1986. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/10531>>. Acesso em: 5 fev. 15.

CASACCIA, M. C. *et al.* Análise do desempenho de fundos de investimentos: um estudo em ações brasileiras no período de janeiro de 2004 a agosto de 2009. **Revista Organizações em Contexto-online**, v. 7, n. 13, p. 1-30, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/read/article/view/39045/0>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

CASSETTARI, A. Uma forma alternativa para alocação ótima de capital em carteiras de risco. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 36, n. 3, 2001.

Disponível em: < <http://spell.org.br/documentos/ver/16576/uma-forma-alternativa-para-alocacao-otima-de-ca---> >. Acesso em: 06 fev. 2016.

CASTRO, L. F. de. **Estratégia de Composição de Carteira Ótima de Fundos de Investimento para os Regimes Próprios de Previdência Social com Base na Seleção de Portfólio de Markowitz**. 2014. 65 f. Mestre (Mestrado em Economia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: < http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15243/1/2014_dissert_lfcastro.pdf >. Acesso em: 05 mai. 2015.

CHAIM, R. M. Associação entre a Dinâmica de Sistemas e o *Asset and Liability Management* em Fundos de Pensão: utilização da técnica delphi para produção de diagramas causais. **Revista de dinâmica de sistemas**, v. 3, n. 2, p. 117-167, 2007. Disponível em: <http://dinamicasistemas.utsalca.cl/Revista/Vol3Num2/Matos_2007_2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

CHEN, P.; YANG, H.; YIN, George. MR2479605 (2010b: 91167) 91G10. **Insurance Math. Econom**, v. 43, n. 3, p. 456-465, 2008. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016766870800108X>>. Acesso em: 05 fev. 2015.

CHEN, Z.; PELSSER, A.; PONDS, E. Evaluating the UK and Dutch defined-benefit pension policies using the holistic balance sheet framework. **Insurance: Mathematics and Economics**, v. 58, p. 89-102, 2014. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/article/eeeinsuma/v_3a58_3ay_3a2014_3ai_3ac_3ap_3a89-102.htm>. Acesso em: 05 mai. 2015.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto alegre: Artmed, 3ª edição, 2010, p. 296.

DEMIGUEL, V.; NOGALES, F. J. Portfolio selection with robust estimation. **Operations Research**, v. 57, n. 3, p. 560-577, 2009. Disponível em: < <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/opre.1080.0566> >. Acesso em: 04 jul. 2015.

DEMPSTER, M. A. H. et al. Global asset liability management. **British Actuarial Journal**, v. 9, n. 01, p. 137-195, 2003. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=8248985&fileId=S1357321700004153>>. Acesso em: 15 nov. 15.

DINIZ, V. S.; LIMA, D. V. de. A Fragmentação da Gestão do RPPS da União e a necessidade de Criação de uma Entidade Gestora Única. **Revista Eletrônica do Departamento de**

Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA), v. 3, n. 1, p. 35-48, 2016. Disponível em:
<<http://revistas.pucsp.br/index.php/redeca/article/view/28993>>. Acesso em: 10 ab. 2016.

DOMENICA, N. D. *et al.* Stochastic programming and scenario generation within a simulation framework: an information systems perspective. **Decision Support Systems**, v. 42, n. 4, p. 2197-2218, 2007. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923606000911> >. Acesso em: 10 jan. 2016.

DUPACOVÁ, Jitka; POLÍVKA, Jan. Asset-liability management for Czech pension funds using stochastic programming. **Annals of Operations Research**, v. 165, n. 1, p. 5-28, 2009. Disponível em<<http://link.springer.com/article/10.1007/s10479-008-0358-6#page-1>>. Acesso em: 30 jan. 16.

Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUBD-9ZSHW7> >. Acesso em: 10 out. 2016.

FANTINEL, R. S. O papel dos sistemas integrados de informações nos regimes próprios de previdência social. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, 2002. Disponível em: < <http://seer.ufrgs.br/index.php/ConTexto/article/view/11600/6811>>. Acesso em 10 jan. 16.

FANTINEL, R. S. **Regimes próprios de previdência social: o papel do controle na manutenção do equilíbrio financeiro e atuarial do sistema.** 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Controladoria) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3576>>. Acesso em: 5 jan. 16.

FÉLIX, C. L.; RIBEIRO, H. J.; TOSTES, F. P. Uma contribuição à análise de fatores que influenciam o equilíbrio do sistema previdenciário. **Pensar Contábil**, v. 10, n. 39, 2008. Disponível em: <<http://www.atena.org.br/revista/ojs-2.2.3-06/index.php/pensarcontabil/article/view/107> >. Acesso em: 10 nov. 15.

FERREIRA, A. H. B. et al. A alocação de recursos dos regimes próprios de previdência social tem sido eficiente? **Revista Economia & Gestão**, v. 10, n. 24, p. 48-73, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/viewArticle/1784>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

FERSTL, R.; WEISSENSTEINER, A. *Asset-liability management under time-varying investment opportunities.* **Journal of Banking & Finance**, v. 35, n. 1, p. 182-192, 2011.

.Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426610002943>>.

Acesso em: 05 jan. 16.

FIGUEIREDO, D. Z.. **Tomada de decisão de investimento em um fundo de pensão com plano de benefícios do tipo benefício definido**: uma abordagem via programação estocástica multiestágio linear. 2011. 66 f. Mestre (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-09122011-103516/en.php> >. Acesso em: 05 mai. 2015.

FONTOURA, Francisco Robson et al. UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE OBRIGAÇÕES PREVIDENCIAIS DE REGIMES CAPITALIZADOS DE PREVIDÊNCIA NO SERVIÇO PÚBLICO. **Revista Contabilidade & Finanças-USP**, 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-70772006000500004&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 08 jan. 2016.

FRAUENDORFER, K.; JACOBY, U.; SCHWENDENER, A. Regime switching based portfolio selection for pension funds. **Journal of Banking & Finance**, v. 31, n. 8, p. 2265-2280, 2007. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426607000660> >. Acesso em: 05 mai. 2015.

GIAMBIAGI, F.; AFONSO, L. E. Cálculo da alíquota de contribuição previdenciária atuarialmente equilibrada: uma aplicação ao caso brasileiro. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro v. 63, n. 2, p. 153-179, 2009. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-71402009000200006&script=sci_arttext&tlng=es >. Acesso em: 05 jan. 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 6ª edição, 2012, p. 200.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson Education, 12ª Ed, 2010, p. 775.

GOECKE, O. Pension saving schemes with return smoothing mechanism. **Insurance: Mathematics and Economics**, v. 53, n. 3, p. 678-689, 2013. Disponível em

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668713001431> >. Acesso em 05 mai. 15.

GOMES, M. M. F. (2008). **Da atividade à invalidez permanente**: um estudo utilizando dados do Regime Geral da Previdência Social (RGPS) do Brasil no período 1999-2002. 122f. Dissertação (Mestrado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento

Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. Disponível em: <https://www.cedeplar.ufmg.br/demografia/dissertacoes/2008/marilia_miranda.pdf>.

HANEVELD, W. K. K.; STREUTKER, M. H.; VLERK, M. H. V. D. Collective adjustment of pension rights in ALM models. **Computational Management Science**, v. 8, n. 1-2, p. 137-156, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10287-009-0111-x>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

HANEVELD, W. K. K.; STREUTKER, M. H.; VLERK, M. H. VAN DER. **Implementation of new regulatory rules in a multistage ALM model for Dutch pension funds**. University of Groningen, Research Institute SOM (Systems, Organisations and Management), 2007. Disponível em <<https://pure.rug.nl/ws/files/2786224/FTKrevisedNew.pdf>>. Acesso em 30: jan. 16.

HANEVELD, Willem K. Klein; STREUTKER, Matthijs H.; VAN DER VLERK, Maarten H. Indexation of Dutch pension rights in multistage recourse ALM models. **IMA Journal of Management Mathematics**, p. dpp010, 2008. Disponível em: <<http://imaman.oxfordjournals.org/content/early/2009/06/17/imaman.dpp010.short>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

HANEVELD, Willem K. Klein; STREUTKER, Matthijs H.; VLERK, M. H. V. D. An ALM model for pension funds using integrated chance constraints. **Annals of Operations Research**, v. 177, n. 1, p. 47-62, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10479-009-0594-4>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

HOEVENAARS, R. P.; PONDS, E. H. Valuation of intergenerational transfers in funded collective pension schemes. **Insurance: Mathematics and Economics**, v. 42, n. 2, p. 578-593, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668707000753>>. Acesso em: 30 jan. 16.

HUANG, D. et al. Robust Median Reversion Strategy for Online Portfolio Selection. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, Vol. 28, n.º. 9, p. 2480-2493, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7465840/>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

HURTADO, N. H. **Análise de Metodologias de Gestão de Ativos e Passivos de Planos de Benefício Definido em Fundos de Pensão: uma Abordagem Financeiro-Atuarial**. 2008. 190 f. Tese (Doutorado em Administração) - Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (COPPEAD), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em

<http://www.coppead.ufrj.br/upload/publicacoes/Tese_Natalie_Hurtado.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor. Disponível em: <

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtm>.

Acesso em: 10 jan. 2016.

Ipsas – International Public Sector Accounting Standard. **IPSAS 25 – Employee Benefits.**

Disponível em: <<https://www.ifac.org/system/files/publications/files/ipsas-25-employee.pdf>>.

Acesso em: 12 jan. 2016.

ISAKSSON, Lars E.; WOODSIDE, Arch G. Modeling firm heterogeneity in corporate social performance and financial performance. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 9, p. 3285-3314, 2016. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296316000928>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

JORION, P. **Value at Risk**: A nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro. São Paulo: BM&FBovespa, 2010, p. 487.

KATO, Fernando H. **Análise de carteiras em tempo discreto**. 2004. 144 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração,

Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2004. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-24022005-005812/pt-br.php>>.

Acesso em: 10 de jan. 2016.

LIMA, A. C. de. Desempenho dos fundos de investimento do tipo previdência privada e sua sensibilidade à variação da taxa de juros. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 7, n. 2, 2008. Disponível em:< <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/RAM/article/view/97>>.

Acesso em: 20 fev. 2016.

LIMA, D. V. de. **A Dinâmica Demográfica e a Sustentabilidade do Modelo de Financiamento do Regime Geral de Previdência Social**. 2013. 164f. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) - Programa Multiinstitucional e Inter-Regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis (UnB/UFPB/UFRN), Brasília, 2013. Disponível em:<

http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/13596/1/2013_DianaVazdeLima.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

LIMA, D. V. de; GUIMARÃES, O. Contabilidade Aplicada aos Regimes Próprios de Previdência Social. **Coleção Previdência Social**, Ministério da Previdência Social, Brasília, v.29, 2009.

LIMA, D. V. de; GUIMARÃES, O. G. **A Contabilidade na Gestão dos Regimes Próprios de Previdência Social**. São Paulo: Atlas, 2016, p. 292.

LIMA, D. V. de; OLIVEIRA, F. V. de; SILVA, C. A. T. Efeito da taxa de desconto na sustentabilidade dos Regimes Próprios de Previdência social. **Informe da Previdência Social**, Ministério da Previdência Social, Brasília, v. 24, n. 5, p. 4 - 24, 2012. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/arquivos/office/3_120706-111340-287.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2015.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments**. 1959. Yale University. Disponível em: <<http://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/mon/m16-all.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

MARQUES, D. **Asset and Liability Manager (ALM) para Entidades Fechadas de Previdência Complementar no Brasil**: Validação de um Modelo de Otimização com Aplicação a um Caso Prático. 2011. 150f. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios), Centro de Estudos de Regulação de Mercados, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9822/1/2011_DemosthenesMarques.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. São Paulo: Atlas, 2ª edição, 2009, p. 247.

MASCARENHAS, R. de A. C.; OLIVEIRA, A. M. R. de; CAETANO, M. A. Análise Atuarial da Reforma da Previdência do Funcionalismo Público da União. **Coleção Previdência Social**, Ministério da Previdência Social, v. 21, Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/arquivos/office/3_081014-111402-720.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2015.

MCCARTHY, D.; MILES, D. Optimal portfolio allocation for corporate pension funds. **European Financial Management**, 2011, doi: 10.1111/j.1468-036X.2011.00594.x, p1-35. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-036X.2011.00594.x/full>>. Acesso em: 10 nov. 15.

MEYER, R.; YU, J. BUGS for a Bayesian analysis of stochastic volatility models. **The Econometrics Journal**, v. 3, n. 2, p. 198-215, 2000. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1368-423X.00046/abstract>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MITCHELL, Olivia S.; PIGGOTT, John; KUMRU, Cagri. **Managing public investment funds: Best practices and new challenges**. National Bureau of Economic Research, 2008. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w14078>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

MULVEY, J. M. *et al.* OR PRACTICE-Assisting Defined-Benefit Pension Plans. **Operations research**, v. 56, n. 5, p. 1066-1078, 2008. Disponível em: <<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/opre.1080.0526>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

MYRRHA, Luana Junqueira Dias; OJIMA, Ricardo. Dinâmica demográfica, gestão pública e regimes próprios de previdência social: oportunidades e desafios para os servidores e municípios. **Gestão & Planejamento-G&P**, v. 17, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/3002>>. Acesso em: 15 out. 2016.

NOGUEIRA, N. G. O equilíbrio financeiro e atuarial dos RPPS: de princípio constitucional a política pública de estado. **Coleção Previdência Social**, Ministério da Previdência Social, v. 34, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/arquivos/office/1_120808-172335-916.pdf>. Acesso em: 10 dez. 15.

OLIVEIRA, A. D. de. **Modelo de administração de ativos e passivos: uma abordagem de otimização estocástica**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/111802>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

PÉZIER, Jacques; SCHELLER, Johanna. Optimal investment strategies and performance sharing rules for pension schemes with minimum guarantee. **Journal of Pension Economics and Finance**, v. 10, n. 01, p. 119-145, 2011. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7947378&fileId=S1474747210000077>>. Acesso em: 05 mai. 15.

PORTO, V.; CAETANO, M. A. A previdência dos servidores públicos federais: um regime sustentável? In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, VIII, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Estado da Administração, 2015. Disponível em:

<<http://banco.consad.org.br/bitstream/123456789/1196/1/A%20PREVID%C3%8ANCIA%20DOS%20SERVIDORES%20P%C3%9ABLICOS.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

REIS, C. E. dos; LIMA, D. Vaz de; WILBERT, M. D. Impacto do Registro Contábil da Provisão Matemática Previdenciária dos Servidores Públicos Federais no Balanço Geral da União. IN: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 15º, 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2015. Disponível em:

<<http://www.congress USP.fipecafi.org/web/artigos152015/28.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

ROCHA, R. de R.; CAETANO, M. A. O sistema previdenciário brasileiro: uma avaliação de desempenho comparada. **Texto para discussão, IPEA**, nº 1331, 2008. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4887>. Acesso em: 05 mai. 2015.

SAAD, N. S; RIBEIRO, C. de O. Um modelo de gestão de ativo/passivo: aplicação para fundos de benefício definido com ativos de fluxo incerto. **Revista de Contabilidade e Finanças**, 2006. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_Saad/publication/262617991_Assetliability_management_model_application_to_defined_benefit_pension_funds_with_uncertain_asset_flows/links/54119da40cf29e4a232970dd.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2015.

SANDRINI, J. C. **Sistemas de amortização de empréstimos e a capitalização de juros:** análise dos aspectos financeiros e patrimoniais. 2007. 290f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) - Setor de Ciências Sociais Aplicadas - Curso de Pós-graduação em Contabilidade, UFP, Curitiba, 2007. Disponível em:

<<http://www.ppgcontabilidade.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/05/D003.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

SANTOS, A. A. P.; TESSARI, C. Técnicas Quantitativas de Otimização de Carteiras Aplicadas ao Mercado de Ações Brasileiro (Quantitative Portfolio Optimization Techniques Applied to the Brazilian Stock Market). **Revista Brasileira de Finanças**, v. 10, n. 3, p. 369, 2012. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/8612/tecnicas-quantitativas-de-otimizacao-de-carteir--->>. Acesso em: 06 jan. 2016.

SANTOS, S. I. F. dos; LIMA, D. V. de. Análise da Composição da Carteira de Investimentos dos Entes Federados que Possuem Unidade Gestora de RPPS. IN: Seminários em Administração (SEMEAD), 19º, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2016. Disponível em: <<http://login.semead.com.br/19semead/arquivos/342.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SANTOS, S. I. F. dos; OLIVEIRA, J. B. de; LIMA, D. V. de. Aplicação de Modelos de *Asset and Liability Management (ALM)* em Planos de Previdência. IN: 1º Congresso UnB de Contabilidade e Governança, 1º, 2015. **Anais...** Brasília: Unb, 2015: Disponível em: <<http://soac.unb.br/index.php/ccgunb/ccgunb1/paper/viewFile/5557/1380>>. Acesso em: 30 dez. 2015.

SHARPE, William F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk*. **The journal of finance**, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x/full>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

SIEGMANN, Arjen. Optimal investment policies for defined benefit pension funds. **Journal of Pension Economics and Finance**, v. 6, n. 01, p. 1-20, 2007. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=717060&fileId=S1474747205002398>>. Acesso em 30 jan. 16.

SILVA, S. A. de L. e. **Avaliação da Eficácia dos Modelos de *Asset Liability Management e Liability Driven Investment* para um Fundo de Pensão Brasileiro**. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração da TORRES, S. B.; ALMEIDA, J. M. de A. Importância do cálculo atuarial na fiscalização das autarquias de previdência própria pelos Tribunais de Contas. **Revista do TCE-PE**, v. 18, n. 18, p. 158-169, 2011. Disponível em: <https://periodicos.tce.pe.gov.br/seer/ojs-2.3.6/index.php/Revista_TCE-PE/article/view/34>. Acesso em: 08 jan. 2016.

TOUKOUROU, Y AF; DUFRESNE, F. *On Integrated Chance Constraints in ALM for Pension Funds*. **ArxivPreprint**:1503.05343, 2015. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/1503.05343.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

TRINTINALIA, C.; SERRA, R. G. Estudo sobre a otimização de uma carteira de fundos de investimentos destinados aos regimes próprios de previdência social (RPPS). In: Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, 16º, 2016, São Paulo. **Anais...**São Paulo: USP, 2016. Disponível em: <<http://www.congressousp.fipecafi.org/anais/artigos162016/52.pdf>>. Acesso em 30 ago. 2016.

ZIEMBA, William T. **The stochastic programming approach to asset, liability, and wealth management**. The Research Foundation of AIMR, University of British Columbia and Oxford University, United States of America, f.192, 2003. Disponível em: <<http://www.cfapubs.org/doi/abs/10.2470/rf.v2003.n3.3924>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

APÊNDICE A - RESUMO DAS EQUAÇÕES GERAIS UTILIZADAS NA LITERATURA

Ano	Autores	Modelos ALM utilizados
2006	Saad, Ribeiro	$D_{it} = \sum_{t \in [\tau-1, \tau]} C_{it} x (1 + \rho^{\tau-1})$ $\text{Data } \tau : S_{\tau} = \sum_i D_{it} X_i + (1 + \rho)^{\Delta \tau} - L_{\tau}$ <p>i: índice dos ativos t: índice das datas nas quais há fluxos de caixa de ativos τ : índice das datas nas quais há fluxos de caixa de passivos X_i: quantidade de ativo i na carteira (variáveis de decisão) P_i: preço de mercado do ativo i $\Delta \tau$: intervalo de tempo entre as datas τ e $\tau - 1$ L_{τ}: desembolso projetado para o passivo na data τ S_{τ}: superávit da data τ ρ : taxa de reinvestimento, que varia ao longo do tempo $C_{i,t}$: fluxo de caixa do ativo i na data t $D_{i,\tau}$: fluxo de caixa do ativo i na data t, reinvestido na data t e τ</p>
2007	Haneveld, Streutker e Vlerk	$E[A_{t+1} - \alpha \bar{L}_{t+1}] \leq \phi L_t$ <p>A_{t+1} : Valor dos ativos no momento t+1. \bar{L}_{t+1} : Valor dos passivos indexados no tempo t+1. α: classes de parâmetros do tipo de financiamento ϕL_t : parâmetro de restrição</p>
2007	Siegmann	$\max_{X_0} = E[W_T] - \lambda \cdot E[(W^B - W_T)^+]$ $W_T = (W_0 - X_0) r_f^T + X_0 \cdot \prod_{t=1}^T u_t$ <p>W^B : benefícios que precisam de cobertura W_T : valor total dos ativos do fundo no tempo T W_0 : recursos no período zero X_0 : riqueza disponível para investir em um ativo de risco r_f^T : retorno do ativo livre de risco u_t : retorno do ativo com risco</p>
2008	Hoevenaars e Ponds	$A_t + V_t [C_{t+1}] - V_t [PP_{t+1}] = V_t [L_{t+1}] - V_t [R_{t+1}]$ <p>A_t : valor total dos ativos dos fundos de pensão no tempo t L_{t+1} : valor total dos passivos nominais dos fundos de pensão no tempo t+1 R_{t+1} : resíduo da função em relação ao valor total do fundo no tempo t+1 $V_t [C_{t+1}]$: valor econômico das contribuições em t desembolsadas em t+1 $V_t [PP_{t+1}]$: valor econômico dos pagamentos das pensões em t desembolsados em t+1 $V_t [L_{t+1}]$: valor dos passivos acumulados no final do período t + 1, obtido por meio da soma dos passivos acumulados no final do período t menos os passivos pagos em t + 1 mais os novos passivos acumulados em t + 1</p> <p>A equação pode ser reescrita assim:</p> $V_t [L_{t+1}] - L_t + V_t [PP_{t+1}] - V_t [C_{t+1}] + (V_t [R_{t+1}] - R_t) = 0$
2008	Dupacová Polívka	$\max \{ \mu \phi(Q) + (1 - \mu) \sum_S p_s u^S(x^*(Q)), (1 - \mu) \phi(P) + \mu \sum_{\sigma} q_{\sigma} u^{\sigma}(x^*(P)) \} \leq \phi(P_{\mu})$ <p>x: Conjunto fixo de cenários independentes com soluções viáveis e com medidas de desempenho μ dependentes de cada cenário P: distribuição de probabilidade, sendo $\phi(P_{\mu})$ o valor ótimo do modelo ALM e</p>

		<p>assume que existe um conjunto de soluções ótimas</p> <p>$x^*(P)$: uma das soluções ótimas</p> <p>Q: Inclusão de cenários adicionais significa considerar outra distribuição de probabilidade discreta (Q) por meio do estresse de cenários, indexados por σ com probabilidades q_σ</p> <p>S: Cenários</p> <p>μ : Convexidade</p>
2008	Mitchell, Piggott e Kumru	$Max E_0[\int_0^\infty (Q_1, \dots, Q_m, t) dt]$ <p>Q: é a preferência por determinada atividade</p> <p>$Max E_0$: é a função utilidade</p>
2008	Haneveld, Streutker e Vlerk	$\sum_{\xi \in \Xi, t=0}^T d_0(t) (\gamma c_{t-1}(\xi) W_t(\xi) + C_t^{rem}(\xi))$ <p>$c_{t-1}(\xi)$: taxa de contribuição no instante t em ξ cenário para o ano t + 1</p> <p>$W_t(\xi)$: salários totais aleatórios no ano t + 1 no cenário ξ observado no tempo t</p> <p>$C_t^{rem}(\xi)$ contribuições corretivas imediatas do patrocinador</p> <p>γ : parte patrocinadora das contribuições imediatas</p> <p>$d_0(t)$: taxa de desconto da contribuição</p>
2008	Mulvey, Simsek, Zhang, Fabozzi, Pauling	$\sum_{i \in A} x_{i,t,s} = x_{t,s}^{TA} \forall s \in S, t = 1, \dots, \tau + 1$ $x_{i,t,s}^{\mapsto} = r_{i,t,s} x_{i,t-1,s} \forall s \in S, t = 1, \dots, \tau, i \in A$ $y_{t,s}^{\mapsto} = g_{t,s} y_{t-1,s} \forall s \in S, t = 1, \dots, \tau + 1$ $y_{t,s} = y_{t-1,s}^{\mapsto} - y_{t-1,s}^{CONT} - \theta_{t-1,s} (x_{t-2,s}^{Borr}) \forall s \in S, t = 1, \dots, \tau + 1$ $x_{i,t,s} = x_{i,t-1,s}^{\mapsto} - x_{i,t-1,s}^{BUY} - (1 - \sigma_{i,t-1}) - (x_{i,t-1,s}^{SELL}) \forall s \in S, i \neq 1, t = 1, \dots, \tau + 1$ $x_{i,t,s} = x_{1,t-1,s}^{\mapsto} + \sum_{i \neq 1} x_{i,t-1,s}^{SELL} - (1 - \sigma_{i,t-1}) - \sum_{i \neq 1} x_{i,t-1,s}^{BUY} - b_{t-1,s} + y_{t-1,s}^{CONT} + X_{t-1,s}^{Borr} \forall s \in S, t = 1, \dots, \tau + 1$ $x_{i,t,s} = x_{i,t,s'}, y_{t,s}^{CONT} = y_{t-1,s'}^{CONT}, x_{t,s}^{Borr} = x_{t,s'}^{Borr}$ <p>$\forall s$ e s' com o passado idêntico até o momento t</p> <p>$Risco\{Z_1, Z_2, \dots, Z_k\} \leq Risco_{max}$</p> <p>$r_{i,t,s} = 1 + \rho_{i,t,s}$: onde $\rho_{i,t,s}$ x é a taxa de retorno para o ativo i, no período t, no cenário s</p> <p>$g_{t,s} = 1 + y_{t,s}$: onde $y_{t,s}$ é a taxa de crescimento por cento da empresa no período t, sob cenários</p> <p>$b_{t,s}$: os pagamentos aos beneficiários no período t no cenário</p> <p>π_s: probabilidade de que cenário s ocorra</p> <p>$e_{t,s}$: os custos de empréstimos para o período t no cenário s</p> <p>$\sigma_{i,t}$: custos de transação para o reequilíbrio de ativos no, período t</p> <p>$x_{i,t,s}$: montante destinado à classe de ativo i, no início do período t, no cenário s, depois de reequilíbrio</p> <p>$x_{i,t,s}^{\mapsto}$: montante destinado à classe de ativo i, no final do período t, no cenário s, antes de reequilíbrio</p> <p>$x_{i,t,s}^{BUY}$: quantidade de classes de ativos adquiridos para reequilíbrio no período t, no cenário s</p> <p>$x_{i,t,s}^{SELL}$: quantidade de classe de ativos i vendido para o reequilíbrio no período t, no cenário s</p> <p>$x_{t,s}^{TA}$: montante total de ativos no plano de pensão no início do período de tempo t, no cenário s</p> <p>$y_{t,s}$: valor da empresa depois de uma contribuição é feita no período t - 1, no</p>

		<p>cenário s</p> <p>$y_{t,s}^{\rightarrow}$: valor da empresa no final do período t, antes de contribuição é feita no período t, no cenário s</p> <p>$y_{t,s}^{CONT}$: quantidade de contribuições em dinheiro feitas no final do período t, no cenário s</p> <p>$x_{t,s}^{BORR}$: quantidade de empréstimos pela empresa no final do período t para utilização em plano de pensão, no cenário s</p>
2008	Hurtado	$PA = (1 + i) \cdot (PA + CN - B) - 1]$ $ou B = d \cdot PA + CN$ <p><i>PA</i>: total das obrigações atuariais <i>B</i>: total de pagamento de benefícios <i>CN</i>: custo normal do plano <i>d</i>: taxa de desconto</p> $RN_t = [(1 + RR_t) \cdot (1 + E(I_t)) - 1] + e_t^{CA}, t = 1, \dots, 15$ <p><i>RN_t</i>: retorno nominal no ano t <i>RR_t</i>: retorno real no ano t <i>E(I_t)</i>: inflação esperada no ano t <i>e_t^{CA}</i>: termo do erro para a classe do ativo (CA) no ano t</p> $VP_{ativok} \cdot (\sum_{i=1}^n x_i \cdot D_{ativoi}) = (\sum_{i=1}^n VP_{ativoi} x_i D_{ativoi}) = VP_{passivo} \cdot D_{passivo}$ <p><i>x_j</i>: classe de ativos <i>D_{ativoi}</i>: <i>duration</i> das classes de ativos i <i>D_{passivo}</i>: <i>duration</i> dos passivos <i>VP_{ativok}</i>: valor presente da parcela k da carteira total investida em título público <i>VP_{ativoi}</i>: somatório dos valores presentes de cada diferente título i (i = 1, ..., n) <i>VP_{passivo}</i>: valor presente do fluxo de pagamento de benefícios futuros</p>
2011	Ferstl Weissensteiner e	$\theta = [\sum_{i=1}^N w_0^i + \sum_{\tau=0}^{T-1} L_{\tau} \delta(\beta_0, m_{\tau})] \delta(\beta_0, m_T)^{-1} e^{vm_T} + L_T + E[\ell_T^S]$ <p><i>w₀ⁱ</i>: valor do ativo na classe i no tempo t; <i>L_t</i>: fluxo de caixa determinístico no tempo t; $\delta(\beta_0, m_t)$: corresponde a taxa de desconto, indicando o tempo t e o vencimento da classe de ativo; ℓ_T^S: valor presente no cenário S e no tempo t de todos os fluxos de caixa futuros, que é calculado dentro do horizonte de planejamento</p>
2011	Pézier e Scheller	$D_s = (F_t + c_t) (1 + \alpha)^{(T-t)} \frac{1}{(1+r)^{(T-s)}}$ $u(V_T) = \lambda (1 - \exp(-\frac{V_T}{\lambda}))$ <p><i>D_s</i>: é o valor descontado do mínimo garantido para os investidores na maturidade T a partir de contribuições já feitas no tempo t. λ: coeficiente de tolerância ao risco α: parâmetro que maximiza a carteira de investimento; <i>V_T</i>: valor do fundo no início do período t <i>c_t</i>: contribuição anual <i>F_t</i>: valor mínimo para garantido para o pensionista</p>
2011	Marques	<p><i>P_i</i>: preço da classe de ativos i no período t <i>L_t</i>: passivo no período t <i>H₀</i>: composição inicial do portfólio <i>F_t</i>: entrada de recursos no período t <i>g</i>: custo de transação como % do valor transacionado</p>

		<p>U: classes de ativos $I = 1, 2, \dots, U$ T: períodos de tempo $t = 1, 2, \dots, T$ H_{it}: quantidade de quotas mantidas da classe de ativos i, no período t S_{it}: quantidade de quotas vendidas da classe de ativos i, no período t B_{it}: quantidade de quotas compradas da classe de ativos i, no período t</p>
2011	Figueiredo	$RT(\omega_T) = V(\omega_T) - \psi(\omega_T) = \sum_{i=0}^n a_i(\omega_T) - \psi(\omega_T)$ <p>$\psi(\omega_T)$: reserva matemática $V(\omega_T)$: total dos ativos disponíveis $RT(\omega_T)$: valor esperado do resultado técnico do fundo a_i : ativo da classe i</p>
2012	Aglietta, Brièrec, Rigotf e Signorig	$R_{it} = M_t + (P_{it} - M_t) + (R_{it} + P_{it})$ <p>R_{it} : retorno total na data t M_t : retorno total do mercado (retorno médio sobre todos os fundos) na data t P_{it} : o retorno total da política de investimento do fundo i no momento t</p>
2013	Goecke	$STD(\bar{\eta}(T)) = \hat{\sigma} \sqrt{1 - \frac{(1 - e^{-\theta T})(3 - e^{-\theta T})}{2\theta T}}$ <p>$\hat{\sigma}$: exposição ao risco constante T: o rendimento anual da variável aleatória na maturidade $STD(\bar{\eta}(T))$: desvio padrão como medida de risco relevante θ : parâmetro para garantir que a probabilidade de insucesso não exceda um determinado nível.</p>
2014	Bovenberg e Mehlkopf	$f_t - \{f_t\}_{\tau}^{\sim} = 0 = \eta \frac{\mu}{\gamma \sigma^2}$ <p>f_t : risco ótimo assumido na carteira de investimento partilhado pelas gerações $\{f_t\}_{\tau}^{\sim}$: risco ótima tendo na ausência de partilha de riscos entre gerações η : aumento relativo da exposição ao risco por conta da partilha entre as gerações.</p>
2015	Toukourou e Dufresne	<p>Modelo OICC:</p> $E_{t,s}(A_{t+1}^{*s} - \gamma L_{t+1}^s) = \sum_{s' \in S} p_{t,s}^{s'} (A_{t+1}^{*s'} - \gamma L_{t+1}^{s'}) \leq \alpha L_t^s$ <p>Modelo MICC:</p> $E_{h-1,s}(A_h^{*s} - \gamma L_h^s) = \sum_{s' \in S} p_{h-1,s}^{s'} (A_h^{*s'} - \gamma L_h^{s'}) \leq \alpha L_t^s$ <p>A_{t+1}^{*s} : valor total de ativos antes da realocação dos ativos e a contribuição de reparação no tempo $t+1$ no cenário s L_{t+1}^s : valor aleatório do passivo no tempo $t+1$ no cenário s γ : restrição do limite de financiamento α : parâmetro de risco definido pelo patrocinador ou regulador $p_{t,s}^{s'}$: probabilidade condicional de atingir o cenário s' na interseção entre t e s, denominada de nó</p>

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da análise textual