



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA – DECON – SEDE
BACHAREL EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

GUTEMBERG PEIXOTO CALAZANS FILHO

MODELO DE OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIO PARA GESTÃO DE ATIVOS NO BRASIL

Avaliação da aplicabilidade do modelo de Markowitz no Brasil com foco em Regimes

Próprios de Previdência Social

RECIFE

2025

GUTEMBERG PEIXOTO CALAZANS FILHO

MODELO DE OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIO PARA GESTÃO DE ATIVOS NO BRASIL
Avaliação da aplicabilidade do modelo de Markowitz no Brasil com foco em Regimes
Próprios de Previdência Social

TCC apresentado pelo (a) aluno (a) **Gutemberg Peixoto Calazans Filho** ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como pré-requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas sob a orientação do (a) professor (a) Doutor em Economia **Luís Eduardo Barbosa Carazza**

RECIFE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

C142m Calazans Filho, Gutemberg Peixoto.

Modelo de otimização de portfólio para gestão de ativos no Brasil: avaliação da aplicabilidade do modelo de Markowitz no Brasil com foco em regimes próprios de Previdência social / Gutemberg Peixoto Calazans Filho. – Recife, 2025. 33 f.; il.

Orientador(a): Luís Eduardo Barbosa Carazza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Econômicas, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Previdência social. 2. Meta atuarial. 3. Alocação de ativos. 4. Portfólios 5. Resolução do Conselho Monetário Nacional. I. Carazza, Luís Eduardo Barbosa, orient. II. Título

CDD 330

GUTEMBERG PEIXOTO CALAZANS FILHO

MODELO DE OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIO PARA GESTÃO DE ATIVOS NO BRASIL

Avaliação da aplicabilidade do modelo de Markowitz no Brasil com foco em Regimes
Próprios de Previdência Social

TCC apresentado ao Curso de Graduação em Economia da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Aprovado em: 22/09/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. LUIS EDUARDO BARBOSA CARAZZA – UFRPE (Orientador) Universidade
Federal Rural de Pernambuco

Prof^ª. Dra. ANA CRISTINA GUIMARÃES CARNEIRO – UFRPE (Examinadora
Interna) Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^ª. Dra. SÓNIA MARIA FONSECA PEREIRA OLIVEIRA GOMES – UFRPE
(Examinadora Interna) Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças, sabedoria e a oportunidade de chegar até aqui. À minha família, pelo apoio incondicional, carinho e incentivo em todos os momentos dessa jornada. Aos amigos, pela compreensão, companheirismo e palavras de motivação que tornaram este percurso mais leve e possível.

RESUMO

A sustentabilidade dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) depende diretamente de uma gestão eficiente dos recursos previdenciários, especialmente no que se refere ao atingimento da meta atuarial. Este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade do modelo de alocação de ativos proposto por Harry Markowitz (1952) na gestão das carteiras dos RPPS, respeitando as restrições estabelecidas pela Resolução CMN nº 4.963/2021. A pesquisa propõe a construção de portfólios otimizados que busquem superar a meta atuarial teórica, representada pela taxa de juros real proposta pela Secretaria de Previdência para RPPS com passivos atuariais de 20 anos, com acréscimo da expectativa de inflação par ao ano de 2025, publicada através do Boletim Focus. A metodologia considera diferentes classes de ativos permitidos pela regulamentação vigente, com base em proxies de mercado, além de utilizar indicadores de desempenho ajustados ao risco. Os resultados demonstram que a diversificação eficiente, aliada ao uso de técnicas quantitativas, pode oferecer alternativas mais vantajosas frente à alocação tradicional concentrada em títulos públicos. O estudo contribui para o debate sobre a adoção de modelos quantitativos na gestão previdenciária, com foco na maximização do retorno ajustado ao risco e no cumprimento das obrigações atuariais dos regimes.

Palavras-chave: RPPS. Meta atuarial. Alocação de ativos. Markowitz. Resolução CMN nº 4.963/2021.

ABSTRACT

The sustainability of Brazil's *Regimes Próprios de Previdência Social* (RPPS) is directly linked to the efficient management of pension resources, particularly regarding the achievement of the actuarial target. This study aims to assess the applicability of Harry Markowitz's (1952) asset allocation model in managing RPPS investment portfolios, while complying with the restrictions imposed by Resolution CMN nº 4.963/2021. The research proposes the construction of optimized portfolios designed to exceed the theoretical actuarial target, represented by the real interest rate defined by the Secretariat of Social Security for RPPS with 20-year actuarial liabilities, combined with the inflation expectation for 2025 reported in the *Boletim Focus*. The methodology incorporates different asset classes permitted under current regulation, based on market proxies, and applies risk-adjusted performance indicators. The expected results seek to demonstrate whether efficient diversification, supported by quantitative techniques, can provide more advantageous alternatives compared to the traditional allocation concentrated in government bonds. This study contributes to the debate on the adoption of quantitative models in pension fund management, with an emphasis on maximizing risk-adjusted returns and meeting actuarial obligations.

Keywords: RPPS. Actuarial target. Asset allocation. Markowitz. CMN Resolution No. 4,963/2021.

Lista de Tabelas

TABELA 1: SEGMENTOS DA LEGISLAÇÃO.....	9
TABELA 2: ÍNDICES DE REFERÊNCIA.....	15
TABELA 3: PORTFÓLIO ÓTIMO.....	17
TABELA 4: PORTFÓLIO DE MÍNIMA VARIÂNCIA	18
TABELA 6: ÍNDICE DE DESEMPENHO.....	19

Lista de Figuras

FIGURA 1: GRÁFICO DE ALOCAÇÃO ÓTIMA.....	20
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERÊNCIAL TEORICO	4
2.1 Regime Próprio de Previdência Social	4
2.2 Meta atuarial	4
2.3 Metodologia de Markowitz	5
2.4 Aplicação do Modelo na Gestão de Recursos para RPPS	7
2.5 Limites Utilizados	9
3. METODOLOGIA	11
3.1 Carteira Eficiente de Markowitz	11
3.2 Definição dos Ativos	13
3.3 Índice de Desempenho	15
4. RESULTADOS	17
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

1. INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988 instituiu a seguridade social como um sistema integrado, composto pelos direitos à saúde, à previdência e à assistência social. Essa estrutura foi regulamentada pela Lei nº 8.212, de 24 de julho de 1991, que estabeleceu a organização e o financiamento da seguridade social no Brasil, incluindo os regimes previdenciários voltados aos servidores públicos. Nesse contexto, os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) foram formalmente instituídos por meio da Lei nº 9.717, de 27 de novembro de 1998, autorizando os entes federativos (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) a estruturarem seus próprios sistemas previdenciários para assegurar os benefícios aos servidores efetivos (Quixadá e Carvalho, 2024).

Os RPPS funcionam de forma semelhante aos fundos de pensão, na qual apresentam uma fase de acumulação e outra de pagamento de benefícios. Entretanto, a legislação permite a segregação das massas em fundos superavitários e deficitários, sendo que o fundo superavitário deve atingir uma meta de retorno estimada com base na duração dos passivos atuariais. Caso essa meta não seja alcançada, a solvência do regime pode ser comprometida (BOGONI, 2008). Para disciplinar a aplicação dos recursos, a Resolução CMN nº 4.963/2021 estabelece as diretrizes, priorizando princípios como segurança, rentabilidade, solvência, liquidez e adequação ao passivo.

Nesse cenário, a gestão de risco torna-se uma prática essencial na condução dos investimentos dos RPPS. Conforme destacam Lima e Guimarães (2016), a gestão dos fundos previdenciários deve priorizar mecanismos que assegurem sua proteção e sustentabilidade, garantindo a transparência na administração dos recursos, sem perder de vista os princípios de segurança e rentabilidade. A meta atuarial, geralmente expressa como uma taxa real acima da inflação, é uma referência estratégica que orienta a política de investimentos dos fundos previdenciários (Oliveira, 2022). Ferreira (2006) destaca que essa meta representa a taxa mínima de capitalização necessária para que os investimentos do fundo gerem retornos suficientes para cobrir o passivo atuarial, estimado com base em variáveis como expectativa de vida, perfil demográfico e taxa de desconto.

Para uma carteira sustentável no longo prazo, torna-se necessário considerar a diversificação como mecanismo de proteção e eficiência, respeitando os limites legais de alocação estabelecidos pela Resolução CMN nº 4.963/2021. Nesse contexto, modelos quantitativos de alocação, como o proposto por Harry Markowitz (1952), ganham

relevância por permitirem a construção de portfólios eficientes em termos de risco e retorno.

Harry Markowitz propôs um modelo de alocação de ativos que prioriza a diversificação em vez da análise isolada de cada ativo. Suas principais contribuições incluem o conceito de portfólio eficiente — além do portfólio de mínima variância — e a formulação da fronteira eficiente, que representa o conjunto de carteiras com a melhor relação entre risco e retorno. Ambos os resultados são obtidos por meio da simulação de diversas composições de portfólios, até se alcançar aquela que apresenta a otimização desejada. Fonseca (2011), ao aplicar a metodologia ao mercado acionário brasileiro, demonstra que a diversificação pode gerar resultados superiores ao índice de mercado, reforçando a validade empírica do modelo.

No contexto dos RPPS, a metodologia de Markowitz surge como uma alternativa relevante para os gestores. A necessidade de cumprir metas atuariais e garantir a solvência de longo prazo desses fundos torna a otimização da carteira uma prioridade. Nesse cenário, o modelo de Markowitz pode contribuir com a construção de portfólios eficientes, proporcionando uma alocação estratégica que busca a melhor combinação entre risco e retorno, dentro dos limites normativos e operacionais do sistema previdenciário brasileiro. Quixadá e Carvalho (2024) demonstram que, mesmo com a limitação ao universo de ativos disponíveis no fundo do Instituto de Previdência Municipal de São Gonçalo do Amarante/RN, a metodologia contribuiu positivamente para o processo decisório dos gestores. O estudo comprova seu potencial como ferramenta prática de alocação de recursos.

Entretanto, a literatura também aponta limitações importantes. Trintinalia (2016) destaca que o modelo tende a concentrar investimentos em ativos com baixo desvio-padrão, o que pode reduzir a diversificação do portfólio, como observado em sua análise com fundos da Caixa Econômica Federal. Além disso, fatores operacionais e contextuais, como prazos de liquidação e efeitos tributários, dificultam a implementação ideal de estratégias como o rebalanceamento periódico. Ainda assim, estudos como o de Orestes (2024) reforçam que carteiras diversificadas e ajustadas ao risco, avaliadas por métricas como o Índice de Sharpe, tendem a apresentar melhor desempenho, mesmo em cenários adversos. Esses elementos indicam a necessidade de abordagens complementares que busquem mitigar as fragilidades da alocação clássica e ampliar sua aplicabilidade no contexto dos RPPS.

Neste trabalho, como ativos a serem otimizados, foram utilizados a NTN-B 2045, o CDI, o IMA-B, o Ibovespa e o MSCI World. Esses indicadores representam as principais possibilidades de alocação permitidas aos RPPS, conforme as restrições impostas pela legislação vigente (Silva, et al, 2025). Dessa forma, a seleção dos ativos propostos pelo autor reflete com fidelidade o universo real de investimentos disponível para os gestores desses regimes.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade do modelo de alocação de ativos de Markowitz no contexto dos RPPS brasileiros. Especificamente, busca-se verificar se, ao respeitar os limites legais estabelecidos, é possível construir uma carteira diversificada capaz de superar a meta atuarial teórica, representada pelo acúmulo da taxa de juros real proposta pela Secretaria de Previdência para RPPS com passivo atuarial de 20 anos, com a expectativa para o IPCA de acordo com o Boletim Focus. Além disso, o estudo pretende contribuir para o debate sobre a utilização de estratégias quantitativas na gestão previdenciária, promovendo uma aproximação entre teoria financeira, prática de mercado e conformidade legal.

2. REFERÊNCIAL TEORICO

2.1 Regime Próprio de Previdência Social

Segundo a definição do Ministério da Previdência Social, o Regime Próprio de Previdência Social (RPPS) é a previdência pública dos servidores efetivos, estabelecida no âmbito dos entes federativos (União, Estados, Distrito Federal e Municípios), quando estes asseguram a seus servidores, no mínimo, os benefícios de aposentadoria e pensão por morte. O RPPS funciona, assim como o Regime Geral de Previdência Social (RGPS), como um regime contributivo, no qual os servidores públicos municipais, estaduais ou federais contribuem para garantir seus benefícios futuros.

Nogueira (2012) explica que a Emenda Constitucional nº 20/1998 inseriu o artigo 249 na Constituição Federal, permitindo que a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios criem fundos previdenciários formados por contribuições, bens, direitos e outros ativos, com a finalidade de garantir o pagamento de aposentadorias e pensões dos servidores e seus dependentes, complementando os recursos dos tesouros públicos. O autor ressalta que a constituição desses fundos é essencial para que os RPPS acumulem reservas suficientes para o pagamento futuro dos benefícios, sobretudo quando o número de aposentados e pensionistas se aproxima do total de servidores ativos.

Diferente do Regime Geral, muitos RPPS apresentam superávit, especialmente em razão da possibilidade de segregação de massas, conforme autorizado pela Secretaria de Previdência. A segregação de massas é uma estratégia adotada para lidar com déficits atuariais, dividindo os segurados em dois ou mais grupos: um com regime de repartição simples e outro com regime de capitalização. Essa divisão visa garantir maior equilíbrio financeiro de longo prazo, especialmente diante do aumento da expectativa de vida e da elevação do número de beneficiários (Lima e Guimarães, 2009).

A partir desse modelo, foi instituído o Fundo Previdenciário dentro dos RPPS, permitindo, por lei, sua capitalização por meio de investimentos no mercado financeiro. O principal desafio enfrentado pelos gestores desses fundos é alcançar a meta atuarial, respeitando os limites legais de alocação definidos pela legislação vigente.

2.2 Meta atuarial

Por definição de Panizza (2022), a meta atuarial corresponde à taxa real mínima de rentabilidade necessária para que a carteira de investimentos de um RPPS mantenha o equilíbrio financeiro e atuarial do plano de benefícios ao longo do tempo. Trata-se de um parâmetro que orienta a política de investimentos, representando o retorno esperado para garantir o pagamento futuro de aposentadorias e pensões sem gerar déficits ao regime. Em geral, é expressa como um percentual acima da inflação, refletindo a necessidade de preservar o poder de compra dos recursos previdenciários e assegurar a sustentabilidade do sistema.

Segundo Ferreira (2006), a meta atuarial está diretamente relacionada à manutenção do equilíbrio financeiro do regime previdenciário ao longo do tempo. Quando os investimentos de um fundo previdenciário superam essa meta, os rendimentos obtidos contribuem para reduzir a necessidade de novos recursos para o pagamento das obrigações do regime. Por outro lado, quando a meta atuarial não é atingida, ocorrem perdas que precisam ser compensadas, seja por meio de melhores resultados futuros nos investimentos, ou pela realização de novos aportes.

Nogueira (2012) destaca que os desequilíbrios previdenciários afetam diretamente as contas públicas dos entes federativos, uma vez que o aumento constante das despesas com pessoal compromete a capacidade de investimento em outras políticas públicas essenciais, como saúde, educação, segurança e moradia. Nesse contexto, quando a meta atuarial não é atingida, a prefeitura pode ser obrigada a aportar recursos adicionais para garantir o pagamento das aposentadorias no momento de sua concessão, redirecionando verbas que poderiam ser aplicadas em outras áreas de interesse da população e, conseqüentemente, pressionando ainda mais as finanças públicas.

Diante disso, torna-se fundamental que a rentabilidade da carteira esteja, no mínimo, alinhada com a meta atuarial estabelecida nas premissas do cálculo atuarial, de forma a evitar déficits no longo prazo e a garantir a sustentabilidade do regime. É fundamental a observação dos princípios de segurança e rentabilidade mencionados na legislação, além do seu alinhamento com a gestão de recursos para fundos previdenciários.

2.3 Metodologia de Markowitz

Antes da Crise da Bolsa de Valores de 1929, era comum que muitos investidores não possuíssem uma percepção fundamentada sobre os fatores que

influenciavam os preços dos ativos. Segundo dados do *Federal Reserve History*, o índice *Dow Jones Industrial Average* caiu cerca de 13% em apenas um dia e, ao longo da crise, em 1933, acumulou uma perda de 89% em relação ao seu pico. Esse período foi marcado por um otimismo excessivo quanto aos preços dos ativos, simbolizado pela célebre frase atribuída a Irving Fisher, em 1929: "As ações atingiram um patamar permanentemente elevado." Após o colapso do mercado, os estudos sobre finanças passaram a se concentrar em duas vertentes principais: o comportamento dos investidores e a análise do valor intrínseco dos ativos.

Com a publicação do tratado *The Theory of Interest* por Irving Fisher, em 1930, em resposta às duras críticas dirigidas ao otimismo anterior à crise, os conceitos de tempo e taxa de juros foram incorporados de forma mais sistemática aos estudos sobre finanças. O tempo passou a ser considerado um elemento essencial na precificação de ativos, com os juros exercendo a função de fator de atualização. Essa análise serviu como base para estudos posteriores sobre o valor justo das ações.

Ainda em linha com a necessidade de novas metodologias para análise preços de ativos, foi se criando o que conhecemos hoje como *Value Investing*, que é o investimento baseado no valor intrínseco dos ativos. Essa análise, amplamente atribuída a Benjamin Graham, a partir da obra *Security Analysis*, elaborada em conjunto com David Dodd, em 1934, tornou-se essencial para os investidores que buscam estimar seu retorno ao comprar determinado ativo. Essa abordagem se centrava no retorno absoluto dos ativos, onde o fluxo de caixa gerava uma taxa de retorno que, calculando o valor presente, determinaria o preço das ações (Graham; Dodd, 1934). Apesar dos avanços, o método ainda tinha dificuldades como a concentração da carteira em determinados ativos. O foco principal recaía sobre o desempenho individual dos ativos, sem considerar como cada um contribuía para a composição e o risco da carteira como um todo.

Apenas em 1952, a Teoria Moderna das Carteiras se popularizou como alternativa para seleção de portfólios. No artigo *Portfolio Selection*, Harry Markowitz (1952) detalha o modelo de seleção de carteiras considerando fatores quantitativos que envolvem diversificação, expectativa de retorno e risco histórico. Esse trabalho é considerado o marco inaugural da metodologia e foi o primeiro a demonstrar, de forma estruturada, como a diversificação poderia reduzir o risco sem comprometer a rentabilidade. A inovação proposta consistia em avaliar os ativos não isoladamente, mas sim com base em sua contribuição para o risco e retorno do portfólio como um todo.

A inovação consistia na utilização das premissas do *Value Investing* sobre o comportamento racional dos investidores, combinando elementos de análise de dados históricos para gerar estimativas. Os principais elementos contidos na metodologia era a certeza de retorno esperado como premissa, análise da contribuição de retorno de cada ativo ponderada pelo peso deles na carteira, análise da volatilidade total do portfólio e melhor relação risco-retorno possível, construindo assim o portfólio eficiente (Markowitz, 1952).

Na comparação com modelos mais robustos, no contexto brasileiro, a monografia *Black-Litterman versus Markowitz*, de Valverde (2010), aponta que os resultados obtidos pelos dois modelos são estatisticamente semelhantes. O estudo compara as metodologias considerando o retorno esperado calculado pela média histórica (no modelo de Markowitz) e o retorno ajustado pela introdução de *views* ou opiniões do analista (no modelo Black-Litterman), tendo como principal foco a relação risco-retorno. A hipótese de Valverde era de que o modelo aprimorado com opiniões superaria o modelo de Markowitz em termos de risco e retorno; entretanto, os resultados demonstraram desempenho estatisticamente equivalente entre os dois, considerando a margem de erro.

Na análise com ações, o modelo demonstra eficiência. Fonseca (2011) evidencia que, ao construir portfólios com base na carteira eficiente, é possível obter resultados superiores em termos de risco e retorno. Além disso, a utilização dessa metodologia se mostra suficiente para superar o desempenho da carteira de mercado.

2.4 Aplicação do Modelo na Gestão de Recursos para RPPS

No que se refere à aplicação da metodologia da carteira eficiente na gestão de recursos dos RPPS, observa-se uma recomendação positiva por parte de instituições do setor. A Associação Brasileira de Instituições de Previdência Estaduais e Municipais (ABIPEM), por exemplo, atribui pontuação extra no Prêmio Destaque Brasil de Investimentos, que acontece anualmente, aos RPPS que adotam essa abordagem proposta por Markowitz na formulação de suas alocações.

É importante destacar, contudo, que os RPPS enfrentam restrições legais que proíbem o investimento em determinados grupos de ativos, como ações e ativos emitidos por securitizadoras, conforme estabelecido na Resolução CMN nº 4.963/2021. A redação deixa evidentes quais são os grupos de ativos que podem conter nas carteiras dos RPPS,

além de normatizar os processos de investimentos. Por isso, a elaboração de carteiras eficientes deve respeitar essa limitação regulatória (Brasil, 2021).

De acordo com Oliveira (2022), que testou o modelo de Markowitz à carteira do Instituto de Previdência dos Servidores Públicos Municipais de Uberaba (IPSERV), há evidências de que as restrições legais, embora visem limitar o risco, podem, em certos casos, elevar o risco da carteira de forma desproporcional ao retorno. Além disso, o estudo demonstrou que, mesmo com a nova Resolução CMN nº 4.963/21, que melhorou a relação risco-retorno, não foi possível encontrar uma carteira otimizada capaz de atingir a meta atuarial de 2021, indicando as dificuldades enfrentadas pelos gestores dos RPPS no cumprimento dessa meta.

Trintinalia (2016) destaca que outro problema da metodologia de Markowitz é a tendência de concentrar excessivamente os investimentos naqueles ativos que apresentam retornos esperados mais elevados e riscos aparentemente menores, mesmo quando possuem alto grau de correlação entre si. Em sua pesquisa, utilizando apenas fundos de investimentos da Caixa, observou-se que o modelo direcionou grande parte das alocações para fundos de renda fixa, reduzindo a diversificação para produtos com características distintas. A autora atribui essa movimentação a concentração de baixo desvio-padrão para esse grupo de ativos.

Entretanto, Gustavo Quixadá e Thiago Carvalho (2024) concluem que a aplicação do modelo de Markowitz mostrou-se eficiente no contexto do fundo de previdência do Instituto de Previdência Municipal São Gonçalo do Amarante/RN. Apesar da restrição da pesquisa aos produtos que compõem o portfólio do RPPS local, o estudo evidencia que a metodologia pode auxiliar os gestores na tomada de decisão sobre alocação de ativos.

Estudos empíricos, como os discutidos por Orestes (2024), demonstram que, mesmo em períodos de instabilidade econômica, carteiras diversificadas e periodicamente rebalanceadas tendem a apresentar desempenho superior, especialmente quando avaliadas por métricas ajustadas ao risco, como o Índice de Sharpe. Essa abordagem reforça não apenas a importância da diversificação entre classes de ativos, mas também dentro de uma mesma classe, ampliando as possibilidades de mitigação de riscos peculiares. Contudo, limitações práticas, como os impactos tributários e os prazos de liquidação para rebalanceamentos, devem ser considerados na aplicação real dessa estratégia, apontando para a necessidade de estudos complementares que integrem esses fatores à análise de eficiência das carteiras.

2.5 Limites Utilizados

A Resolução CMN nº 4.963/2021 define os limites que os gestores de recursos de RPPS podem aplicar em determinados grupos de ativos. Na Tabela 1 podemos analisar os limites por cada segmento da legislação. Podemos observar a divisão por renda fixa, renda variável, exterior, estruturados, imobiliários e consignados. Nesses grupos, cada artigo representa quais os produtos podem ser aplicados, além dos limites do montante total da carteira que podem ser destinados para cada artigo da legislação. Temos que:

TABELA 1: SEGMENTOS DA LEGISLAÇÃO

SEGMENTO	Tipo de Ativo	LIMITES
RENDA FIXA	Títulos Públicos de emissão do TN - Art. 7º, I, a	100%
	FI 100% títulos TN - Art. 7º, I, b	100%
	ETF - 100% Títulos Públicos - Art. 7º, I, c	100%
	Operações compromissadas - Art. 7º, II	5%
	Fundos de Investimento em Renda Fixa - Geral - Art. 7, III, a	60%
	ETF - Renda Fixa "Referenciado" - Art. 7º, III, b	60%
	Ativos de Renda Fixa Emitidos por Instituições Financeiras - Art. 7º, IV	20%
	Fundos de Investimento em Direitos Creditórios (FIDC) - Cota Sênior - Art. 7º, V, a	5%
	Fundos de Investimento em Renda Fixa - Crédito Privado - Art. 7º, V, b	5%
	Fundos de debêntures de infraestrutura - Art. 7º, V, c	5%
RENDA VARIÁVEL	Fundos de Investimento em Ações - Art. 8º, I, a	30%
	Fundos de Investimento em Índices de Mercado (ETF) - Renda Variável - Art. 8º, I, "b"	30%
EXTERIOR	Fundos de Investimento em Renda Fixa - Dívida Externa - Art. 9º, I	10%
	Fundos de Investimento - Investimento no Exterior - Art. 9º, II	10%
	Fundos de Investimento em Ações - BDR Nível I - Art. 9º, III	10%
ESTRUTURADOS	Fundos de Investimento Multimercado (FIM) - Art. 10, I	10%
	Fundos de Investimento em Participações (FIP) - Art. 10, II	5%
	Fundo de Investimento em Ações - Mercado de Acesso - Art. 10, III	5%
IMOBILIÁRIO	Fundos de Investimento Imobiliário (FII) - Art. 11	5%
CONSIGNADOS	Empréstimos Consignados Art. 12, I	5%

Fonte: Elaboração própria de acordo com a Resolução CMN Nº 4.963/2021.

Conforme a Tabela 1, podemos visualizar que os limites da legislação têm clara tendência a serem mais permissivos para aqueles grupos de ativos com menos volatilidade, ou seja, aqueles ativos de renda fixa previstos no primeiro grupo. Entretanto, os grupos de renda fixa não significam que os investimentos vão ter uma rentabilidade constante ao longo do tempo. Como podemos ver, o RPPS pode aplicar 100% do seu patrimônio em fundos de investimentos que devem alocar 100% de seus recursos em títulos públicos. Esses tipos de fundos têm uma alta volatilidade devido a marcação a mercado.

Nessa metodologia, o valor dos títulos públicos reflete os preços de negociação no mercado, oscilando de acordo com fatores como expectativas de juros, inflação e liquidez. Essas oscilações podem gerar volatilidade no curto prazo, impactando diretamente o valor patrimonial do fundo. Essa variação se reflete na cota dos fundos, influenciando a volatilidade da carteira do RPPS. Por isso, é fundamental avaliar não apenas em que segmento o patrimônio está alocado, mas também quais ativos compõem os produtos de cada segmento e como está estruturada a diversificação da carteira.

Além disso, deve-se considerar a volatilidade gerada pelas alocações no segmento de renda variável, cujo limite é de 30% da carteira dos fundos previdenciários. Conforme destaca Trintinalia (2016), a possível alocação de 70% em renda fixa e 30% em renda variável, prevista na política de investimentos dos RPPS, reflete a intenção do legislador de adotar uma postura prudencial, reforçando a percepção de menor risco nos ativos de renda fixa. No entanto, à luz dos princípios estabelecidos na Resolução nº 4.963/2021, especialmente quanto à segurança dos investimentos, é fundamental mitigar ao máximo as oscilações de mercado, sem comprometer o principal objetivo do setor de investimentos que é o alcance da meta atuarial.

Além dos limites apresentados anteriormente, há outras restrições quanto à concentração de recursos em fundos de investimento. O RPPS não pode aplicar mais de 20% de seus recursos em fundos de cotas ou fundos de índice, seja de forma direta ou indireta. Também é vedado aplicar mais de 15% do patrimônio líquido em um único fundo de investimento. No caso de fundos de investimento em direitos creditórios (FIDC) e fundos de renda fixa com exposição a créditos privados, o limite estabelecido é de até 5% do patrimônio líquido do fundo (Quixadá e Carvalho, 2024). Por fim, é vedado para o RPPS aplicar diretamente em ações e qualquer ativo emitido por securitizadora.

3. METODOLOGIA

3.1 Carteira Eficiente de Markowitz

Nesta sessão será analisada quais as premissas precisamos utilizar na construção do portfólio otimizado proposto por Markowitz (1952). Até os dias atuais poucas metodologias conseguem ser realmente eficazes na seleção de carteiras como a proposta por Markowitz. Estudos como Fonseca (2011), Castro (2014), Trintinalia (2016), Oliveira (2022), Quixadá e Carvalho (2024), Orestes (2024), testaram a metodologia com ativos financeiros e demonstram ser uma estratégia eficaz para otimizar os retornos da carteira. Como premissas do modelo, é fundamental o conhecimento sobre o retorno esperado dos ativos, nível de risco e retornos do portfólio. Para o cálculo do retorno esperado individual de cada ativo, é utilizada a média ponderada dos retornos históricos com probabilidades iguais:

$$E(R_i) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^n R_{i,t} \quad (1)$$

Onde:

$E(R_i)$: Retorno esperado do ativo

$(R_{i,t})$: Retorno do ativo i no cenário t

T : Número total de cenários

n : Número de ativos na carteira

A metodologia da carteira eficiente, tem como objetivo principal minimizar a variância do portfólio, com o intuito de gerar o menor desvio-padrão possível para um determinado nível de retorno esperado. Essa abordagem permite a construção de carteiras que se situam na chamada fronteira eficiente, representando as melhores combinações risco-retorno possíveis para o investidor. No que se refere ao cálculo do risco da carteira, o modelo de Markowitz utiliza a variância da carteira como medida do risco total. A fórmula é dada por:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i * w_j * Cov(R_i, R_j) \quad (2)$$

Onde:

σ_p^2 : Variância da Carteira

$Cov(R_i, R_j)$: Covariância entre os retornos dos ativos i e j

$w_i * w_j$: Pesos dos ativos i e j

n : Número de ativos na carteira

Onde a covariância entre dois ativos é igual a:

$$Cov(R_i, R_j) = \rho_{i,j} * \sigma_i * \sigma_j \quad (3)$$

Onde:

$\rho_{i,j}$: correlação entre os ativos i e j

$\sigma_i * \sigma_j$: Desvios padrão dos ativos i e j

Além do cálculo da covariância entre os ativos, é necessário também determinar o retorno esperado e o desvio padrão da carteira, uma vez que esses elementos são fundamentais para a identificação da alocação ótima de ativos. O retorno esperado da carteira representa o ganho médio ponderado pelos pesos dos ativos, enquanto o desvio padrão expressa o nível de risco (volatilidade) associado à composição do portfólio. A partir dessas informações, é possível construir a fronteira eficiente e selecionar a carteira que melhor atende ao perfil do investidor, considerando a relação risco-retorno. Para o retorno esperado do portfólio, temos que:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n w_i * E(R_i) \quad (4)$$

Onde:

$E(R_p)$: Retorno esperado da carteira

w_i : Peso do ativo i na carteira

$E(R_i)$: Retorno esperado do ativo i

n : Número de ativos na carteira

Já para o desvio padrão da carteira, que representa o risco total do portfólio, temos a raiz quadrada da variância da carteira, conforme a seguinte expressão:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i * w_j * Cov(R_i, R_j)} \quad (5)$$

Onde:

σ_p : Desvio Padrão

σ_p^2 : Variância da Carteira

$Cov(R_i, R_j)$: Covariância entre os retornos dos ativos i e j

$w_i * w_j$: Pesos dos ativos i e j

n : Número de ativos na carteira

O retorno esperado, risco (medido pelo desvio-padrão) e covariância entre os ativos são elementos fundamentais para a construção da otimização de carteiras. Esses parâmetros não apenas determinam o portfólio ideal segundo o modelo de Markowitz, como também são essenciais para a construção dos demais portfólios que compõem a fronteira eficiente. Essa curva é a representação de vários portfólios que oferecem o maior retorno esperado para um dado nível de risco. A fórmula usada para encontrar essa fronteira envolve otimização, considerando variância e retorno esperado. Fonseca (2011) define que um portfólio eficiente deverá conter uma combinação de ativos que tenha o máximo retorno para determinado nível de risco, ou o mínimo risco para determinado retorno.

3.2 Definição dos Ativos

Para a definição da carteira ideal a ser otimizada por meio do modelo de Markowitz, é necessário considerar a legislação vigente aplicável aos RPPS. Em especial, a Resolução CMN n.º 4.963/2021, que estabelece os limites e diretrizes para os investimentos dos fundos previdenciários. A Resolução define os grupos de ativos permitidos, entre os quais destacam-se:

- 1) Renda Fixa
- 2) Renda Variável
- 3) Investimentos no Exterior
- 4) Estruturados

Existem outros segmentos permitidos pela legislação, são eles os fundos imobiliários e empréstimos consignados. Porém, tomando como exemplo o Estado de

Pernambuco, nenhum RPPS possui atualmente aplicações ativas nesses segmentos, o que direciona o foco da construção de portfólio para outros tipos de ativos. Silva et al. (2025) nos apresenta sete índices de referência amplamente utilizados nos portfólios dos investidores brasileiros:

- (i) Certificado de Depósito Interbancário (CDI),
- (ii) Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA),
- (iii) Índice de Mercado ANBIMA - Série B,
- (iv) Retorno real dos títulos do Tesouro Nacional com vencimento em 2045,
- (v) IBOVESPA,
- (vi) MSCI World, e
- (vii) S&P 500.

Para a construção da carteira eficiente, serão excluídos dois índices: o IPCA, uma vez que todos os demais retornos analisados superam a inflação quando avaliamos o retorno esperado; e o S&P 500, cujos resultados são altamente correlacionados com o MSCI World, sendo o valor da correlação desde o início (de 1996 a 2025) o valor de 93%, ou seja, não contribuindo significativamente para a diversificação internacional. A composição da carteira também deverá respeitar os limites máximos de alocação por grupo de ativos, de acordo com o exposto na Tabela 1. Embora tais limites possam variar conforme o nível de aderência ao programa Pró-Gestão, tais variações não afetam de forma relevante os resultados da análise proposta.

Para a vinculação dos índices de referência aos segmentos estabelecidos na Resolução nº 4.963/2021, considerou-se o enquadramento das modalidades de aplicação permitidas. Para o segmento de títulos públicos federais, optou-se pela utilização da NTN-B 2045, que representa adequadamente o fluxo de longo prazo característico desses ativos. Já para os fundos que investem exclusivamente em títulos públicos federais, o IMA-B foi adotado como índice representativo, por refletir uma carteira composta por títulos indexados ao IPCA.

No caso dos fundos de renda fixa com maior abrangência, incluindo ativos privados de crédito e demais instrumentos, utilizou-se o CDI como referência, dado seu uso consolidado como benchmark nesse segmento. Para renda variável, o indicador escolhido foi o Ibovespa, principal índice de ações do mercado brasileiro. Por fim, para os investimentos no exterior, a referência adotada foi o MSCI World, que mede o

desempenho das principais empresas de países desenvolvidos, sendo amplamente utilizado como benchmark internacional.

Na Tabela 2 podemos observar o retorno anualizado de cada ativo, além de seu retorno esperado e desvio-padrão. Utilizando a Equação (1) para os retornos e a Equação (6) para o risco, além das premissas sugeridas por Markowitz para o cálculo do retorno esperado individual dos ativos, podemos chegar até a expectativa de retorno.

TABELA 2: BENCHMARKS

ANO	CDI	IBOV	IMA-B	MSCI World	NTN-B 2045	IPCA
2015	13,23 %	-13,31 %	8,88 %	42,98 %	16,66 %	10,67%
2016	14,00 %	38,94 %	24,81 %	-12,10 %	12,06 %	6,29%
2017	9,95 %	26,86 %	12,79 %	21,92 %	8,49 %	2,95%
2018	6,42 %	15,03 %	13,06 %	4,91 %	9,35 %	3,75%
2019	5,97 %	31,58 %	22,95 %	30,23 %	10,01 %	4,31%
2020	2,77 %	2,92 %	6,41 %	47,05 %	10,19 %	4,52%
2021	4,40 %	-11,93 %	-1,26 %	29,01 %	16,03 %	10,06%
2022	12,37 %	4,69 %	6,37 %	-24,70 %	11,53 %	5,78%
2023	13,05 %	22,28 %	16,05 %	12,98 %	10,25 %	4,62%
2024	10,87 %	-10,36 %	-2,44 %	49,65 %	10,57 %	4,83%
$E(R_i)$	93,03%	106,69%	107,62%	201,92%	115,14%	57,78%
σ_p	4,08 %	19,08 %	9,09 %	25,02 %	2,74 %	0,03 %

Fonte: Elaboração própria.

Conforme apresentado na Tabela 2, o maior retorno esperado é observado no índice MSCI World, com 20,18%. No entanto, esse ativo também apresenta o maior nível de risco, com um desvio-padrão de 25,02%. Por outro lado, o menor retorno esperado é o do CDI, com 9,29%. Embora o CDI seja um ativo de risco muito baixo, o menor desvio-padrão entre os ativos analisados pertence à NTN-B 2045. Considerando que esse título público é composto pelo IPCA acrescido de uma taxa de juros real, a maior parte da volatilidade de seus retornos pode ser atribuída à variação do índice de inflação.

3.3 Índice de Desempenho

Para a análise de desempenho das carteiras será utilizado o índice Sharpe. O índice de Sharpe (IS) está entre os índices de avaliação de performance mais conhecidos,

apresentado por Sharpe em (1966), que, desde então, tem sido amplamente utilizado no mercado financeiro (Varga, 2001). Conforme Trintinalia (2016) a definição do índice de Sharpe, também conhecido como razão de Sharpe, é conhecida como sendo o cálculo da divisão do retorno excedente, obtido ao subtrair a taxa livre de risco do retorno do ativo, pelo desvio-padrão desse retorno, refletindo assim a relação entre risco e retorno do investimento. Conforme podemos observar:

$$IS = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad (7)$$

Onde:

IS: Índice Sharpe

$E(R_p)$: Retorno esperado do portfólio

R_f : Taxa livre de risco

σ_p : Desvio – Padrão

Para a avaliação do índice de Sharpe, é necessário considerar apenas os resultados positivos. A análise da Equação (7) mostra que, quando o retorno excedente é negativo, isso indica que o retorno esperado do ativo está abaixo da taxa livre de risco. Nesses casos, a divisão pelo desvio-padrão (presente no denominador) gera um valor distorcido, o que inviabiliza a interpretação do índice de forma ordinal, isto é, não sendo possível afirmar que valores mais altos indicam melhor desempenho.

Como taxa livre de risco, vamos utilizar o CDI (com retorno esperado de 9,29% de acordo com a metodologia), principal índice de juros do mercado brasileiro com volatilidade muito baixa. Como meta a ser batida, vamos utilizar a recomendação da secretaria de previdência para um RPPS com passivo de 20 anos, já que a escolha dos títulos marcados na curva foi aqueles com vencimento em 2045. Anualmente o Ministério de Previdência Social publica uma portaria contendo as taxas de juros de acordo com os passivos. A mais recente foi a Portaria MPS nº 1.499, de 28 de maio de 2024, no qual para um passivo de 20 anos foi recomendada a taxa de juros real de 5,01%. Para compor a taxa, a inflação esperada para o ano de 2025 de acordo com o Boletim Focus do dia 30 de maio de 2025 é de 5,46%. Acumulando a taxa de juros com a inflação, temos a taxa nominal de 10,74% como meta de retorno.

4. RESULTADOS

Para montar o portfólio, o primeiro passo é o cálculo do retorno esperado dos ativos. Utilizando a Equação (1) e as premissas sugeridas por Markowitz para o cálculo do retorno esperado individual dos ativos, podemos chegar até a expectativa de retorno. Conforme a Tabela 2, o maior retorno esperado é do MSCI World, seguido da NTN-B 2045, IMA-B, Ibovespa e CDI. Notadamente, o CDI, apesar de ter um alto retorno de 2022 até 2024, tem uma sequência de retorno anualizado abaixo de 10%, de 2017 até 2021. Isso faz com que seu retorno esperado seja puxado para baixo, além de ser um dos ativos com menor risco. Podemos concluir que, para composição do portfólio eficiente, precisamos diversificar as alocações para diversos riscos e retornos.

Utilizando o Retorno Esperado dos ativos e seus respectivos desvios-padrão, podemos montar o primeiro portfólio. Para o objetivo de superar a meta atuarial, que foi estimada em 10,74% (composição da taxa fornecida pela Secretária de Previdência para RPPS com passivo de até 20 anos e a expectativa do IPCA para 2025), é necessária uma composição que tenha o Retorno Esperado do Portfólio satisfatório. O portfólio resultante busca maximizar a relação risco-retorno, respeitando as características de diversificação propostas pela teoria moderna do portfólio. A Tabela 3 apresenta as ponderações ótimas obtidas para cada ativo representativo:

TABELA 3: RESULTADOS

PORTFÓLIO ÓTIMO	
RETORNO ESPERADO DO PORTFÓLIO	11,88%
DESVIO-PADRÃO	1,95%
ATIVOS	PESOS
CDI	0,00%
IBOV	11,29%
IMA-B	0,00%
MSCI World	5,39%
NTN-B 2045	83,32%
TOTAL	100,00%

Fonte: Elaboração própria.

Analisando a composição do portfólio, utilizando os limites legais obrigatórios, podemos obter um retorno esperado acima da meta. Boa parte dos ativos foram alocados para NTN-B 2045, representando 83,32% da alocação total. Esse movimento já era esperado, considerando a possibilidade de marcação na curva dos ativos. Entretanto, o modelo entende que para alcance da meta preservando a liquidez e níveis de risco, é necessário adicionar outros segmentos. Para os demais índices, temos 11,29% de participação no Ibovespa e 5,39% de participação no MSCI World. O portfólio teve um retorno esperado de 11,88%, acima do retorno da meta atuarial estimada de 10,74%.

O modelo de Markowitz, além de propor a fronteira eficiente, permite identificar o portfólio de mínima variância, isto é, a combinação de ativos que proporciona o menor nível de risco possível para o investidor. Esse portfólio é relevante no contexto dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS), pois privilegia a preservação do capital e a estabilidade dos fluxos de retorno, aspectos fundamentais para a gestão previdenciária. A Tabela 4 apresenta a composição do portfólio de mínima variância obtido a partir dos índices selecionados.

TABELA 4: RESULTADOS

PORTFÓLIO DE MÍNIMA VARIÂNCIA	
RETORNO ESPERADO DO PORTFÓLIO	11,47%
DESVIO-PADRÃO	1,79%
ATIVOS	PESOS
CDI	15,55%
IBOV	8,95%
IMA-B	0,00%
MSCI World	3,72%
NTN-B 2045	71,78%
TOTAL	100,00%

Fonte: Elaboração própria.

Já para a portfólio de mínima variância, o retorno esperado foi de 11,47%, ainda acima da meta atuarial de 10,74%. Sobre a composição do portfólio, verifica-se uma maior distribuição da alocação de ativos, com uma participação de 15,55% no CDI, 8,95% no Ibovespa, 3,72% no MSCI World e 71,78% na NTN-B 2045. Para o nível de risco, conforme o esperado, tem-se uma diminuição para 1,79%.

Conceitualmente, o portfólio com mínima variância é aquele com menor risco dentre todos os outros testados. Existem diversos trabalhos que utilizam o portfólio com menor variância se ele atender as exigências de retorno. Entretanto, mesmo aqueles que utilizam a menor variância assumem que o portfólio otimizado representa a melhor alocação para os investidores, dado ao aumento do risco estatisticamente irrelevante e o acréscimo do retorno esperado (Orestes, 2024).

Para avaliação do melhor portfólio vamos verificar o índice Sharpe dos portfólios:

TABELA 5: ÍNDICE DE DESEMPENHO

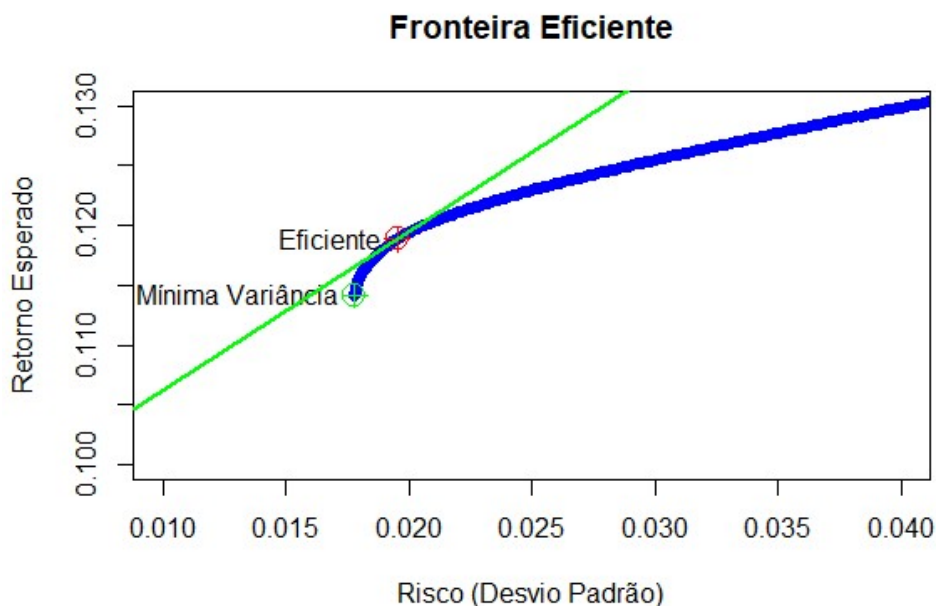
PORTFÓLIO ÓTIMO	
IS	1,24
PORTFÓLIO DE MÍNIMA VARIÂNCIA	
IS	1,22

Fonte: Elaboração própria.

Como podemos avaliar, o melhor desempenho foi da Carteira Eficiente. Isso mostra que, apesar de um nível de risco maior (1,95% contra 1,79%), o excedente de retorno acaba compensando a alocação. Embora as duas carteiras apresentem desempenho estatisticamente semelhante, a utilização do índice de Sharpe como métrica de avaliação evidencia que a Carteira Eficiente se mostra superior, tanto em relação à meta atuarial quanto à Carteira de Mínima Variância.

Para complementar a análise, apresenta-se o gráfico da fronteira eficiente proposta por Markowitz. Esse recurso visual é fundamental para compreender a relação risco-retorno das diferentes combinações de ativos, permitindo identificar quais portfólios oferecem a melhor compensação entre risco assumido e retorno esperado. No gráfico, destacam-se o portfólio de mínima variância, que representa a menor exposição ao risco possível, e o portfólio otimizado, que evidencia o melhor desempenho segundo a métrica do índice de Sharpe. Dessa forma, a representação gráfica reforça a comparação entre as estratégias de alocação e auxilia na interpretação dos resultados obtidos.

FIGURA 1: GRÁFICO DE ALOCAÇÃO ÓTIMA



Fonte: Elaboração própria com auxílio do software R.

A linha que representa os portfólios com a melhor relação risco-retorno possível é conhecida como Capital Market Line (CML). Ela descreve a relação entre o risco (medido pelo desvio-padrão) e o retorno esperado de portfólios eficientes, formados pela combinação de um ativo livre de risco com o portfólio de mercado, justamente no ponto em que a linha tangencia a Fronteira Eficiente (Sharpe, 1965). Verificou-se que ambas as carteiras, tanto a Eficiente quanto a de Mínima Variância, superaram a meta atuarial de 10,74% ao ano. Esse resultado demonstra que, estatisticamente, ambas as estratégias são capazes de atender ao requisito mínimo de retorno. Contudo, a Carteira Eficiente apresentou melhor desempenho na relação risco-retorno, medida pelo índice de Sharpe, o que justifica sua escolha como portfólio de referência no presente estudo. Assim, embora a Carteira de Mínima Variância ofereça maior estabilidade, a Carteira Eficiente se mostra mais alinhada à racionalidade assumida pela teoria de Markowitz, segundo a qual investidores buscam maximizar retornos ajustados ao risco.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo aplicar o modelo de Markowitz na construção de carteiras de investimentos voltadas para RPPS, respeitando os parâmetros legais estabelecidos pela legislação vigente, sendo seus principais instrumentos a Resolução CMN nº 4.963/2021. A análise permitiu identificar composições da carteira que, mesmo sob as restrições normativas, apresentam desempenho capaz de superar a meta atuarial teórica. Tanto o portfólio eficiente quanto o portfólio de mínima variância obtiveram retornos esperados superiores a meta escolhida, indicando a viabilidade da alocação estratégica baseada na relação entre risco e retorno. Considerando o portfólio eficiente obtivemos um retorno de 11,88%, o que representa 110,71% da meta. Já o portfólio de mínima variância teve um retorno de 11,47%, o que representa 106,80% da meta atuarial.

Em relação ao risco, obtivemos 1,95% de volatilidade para o portfólio eficiente. Considerando a volatilidade do portfólio de mínima variância, podemos verificar uma volatilidade de 1,79%. Em comparação com a volatilidade dos índices de renda fixa de títulos públicos com marcação a mercado, percebemos que a diversificação auxilia no controle de risco do portfólio. Por exemplo, o índice IMA-B, onde em sua carteira tem apenas NTN-Bs de diversos vencimentos, tem uma volatilidade de 4,86% nos últimos 36 meses segundo dados históricos. Quando comparamos com índices de renda variável, como o Ibovespa, a volatilidade é de 17,08% no mesmo período. Se compararmos os retornos de 12 meses desses índices, teremos 11,67% para o Ibovespa e 5,17% para o IMA-b, mostrando que o portfólio gerado é eficiente na relação risco-retorno.

Em relação ao desempenho dessas carteiras, observamos que o portfólio eficiente tem o melhor desempenho em relação ao portfólio de mínima variância, quando avaliado o Sharpe (1,24 contra 1,22). Apesar da diferença não ser relevante, a métrica adotada como medida comparativa mostra superioridade para primeira carteira.

Avaliando a carteira permitida pela legislação, podemos verificar um nível de conservadorismo interessante, sem desistir de participar de segmentos com a volatilidade maior. Por exemplo, no portfólio eficiente, 11,29% estão alocados no segmento de renda variável no Brasil e 5,39% está alocado no segmento de renda variável no exterior. É importante uma participação dentro do mercado mais volátil para geração de excesso de retorno em relação a meta, principalmente por movimentos motivados por

fatores que são difíceis de capturar em modelos quantitativos, como decisões políticas e acontecimentos naturais.

Contudo, é importante reconhecer as limitações inerentes ao modelo. A principal delas reside na simplicidade do método utilizado para estimar o retorno esperado dos ativos, baseado em médias históricas com a probabilidade iguais (a certeza do retorno futuro é uma premissa utilizada no modelo). Tal abordagem pode não refletir adequadamente as expectativas futuras do mercado, tornando os resultados sensíveis a eventos passados e, por vezes, inconsistentes com a realidade prospectiva. Além disso, o modelo assume que as variâncias e covariâncias permanecem constantes ao longo do tempo, o que raramente ocorre em mercados financeiros dinâmicos. Modelos mais recentes, que propõem uma forma mais robusta em relação ao retorno esperado, podem servir como auxiliares ao modelo clássico. Para o gestor de recursos e todo setor de investimentos é ideal o conhecimento de diversos cenários distintos para tomada de decisões.

Apesar dessas fragilidades, o modelo de Markowitz ainda se mostra útil como ferramenta inicial de apoio à tomada de decisão, principalmente quando utilizado de forma crítica e complementar a outros métodos qualitativos e quantitativos. Sua aplicação, adaptada ao contexto dos RPPS, contribui para uma gestão mais técnica, transparente e orientada à eficiência de longo prazo dos recursos previdenciários. Complementar à análise, é interessante realizar um estudo de alocação dos gestores no segmento e comparar com os resultados obtidos. Entretanto, considera-se que a carteira gerada atende aos níveis de retorno desejados, o que pode significar um alcance da meta atuarial e sustentabilidade no longo prazo para os fundos previdenciários.

REFERÊNCIAS

GRAHAM, Benjamin; DODD, David L. **Security analysis**. Whittlesey House, [s. l.], mar. 1934.

MARKOWITZ, Harry. **Portfolio Selection**. *The Journal of Finance*, [S. l.], p. 77-91, mar. 1952.

SHARPE, William F. **Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk**. *Journal of Finance*, Hoboken, v. 19, n. 3, p. 425–442, Set. 1964.

ROSS, Stephen A. **The arbitrage theory of capital asset pricing**. *Journal of Economic Theory*, Nova Iorque, v. 13, n. 3, p. 341–360, dez. 1976.

BLACK, Fischer; LITTERMAN, Robert. **Global portfolio optimization**. *Financial Analysts Journal*, Charlottesville, v. 48, n. 5, p. 28–43, set/out. 1992.

VALVERDE, Natália Cunha. **Black-Litterman versus Markowitz**: uma aplicação para o mercado brasileiro. 2010. Monografia (Graduação em Economia) - Insper, [S. l.], 2010.

EISMANN, Kristel. **Markowitz vs Black–Litterman: A Comparison of Two Portfolio Optimisation Models**. 2018. Dissertação (*Bachelor thesis in mathematics*) - Division of Applied Mathematics, Mälardalens University, [S. l.], 2018.

QUIXADÁ, Gustavo Fernandes; CARVALHO, Thiago Costa. **Carteira de investimentos e regime de previdência municipal**: um estudo de caso para o município de São Gonçalo do Amarante/RN. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, [S. l.], 2024.

FERREIRA, Bruno. **Análise do Risco de Não Superação da Meta Atuarial em Fundos de Previdência**. 2006. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, [S. l.], 2006.

BOGONI, Nadia *et al.* **GESTÃO DE RISCO NAS ATIVIDADES DE INVESTIMENTO DOS REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL (RPPS) DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.** Rio Grande do Sul: Revista Eletrônica de Administração, 2008.

LIMA, Diana Vaz de; GUIMARÃES, Otoni Gonçalves. **Contabilidade Aplicada aos Regimes Próprios de Previdência Social.** [S. l.: s. n.], 2009.

CASTRO, Lucas Ferreira de. **Estratégia de Composição de Carteira Ótima de Fundos de Investimentos para os Regimes Próprios de Previdência Social com Base na Seleção de Portfólio de Markowitz.** 2014. Dissertação (Mestrado em Economia) - Curso de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Ceará - UFC, [S. l.], 2014.

TRINTINALIA, Clemente. **Estudo Sobre a Otimização de uma Carteira de Fundos de Investimentos Destinados aos Regimes Próprios de Previdência Social - RPPS.** 2016. Dissertação (Mestrado em Administração) - Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado - FECAP, [S. l.], 2016.

ORESTES, Rafael Augusto. **Análise de Performance dos Fundos de Investimentos do BANRISUL e Otimização de Carteira de Mínima Variância.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, [S. l.], 2024.

OLIVEIRA, Nicole. **MAPEAMENTO E MANUALIZAÇÃO DE PROCESSOS E ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS VIA MARKOWITZ NA GESTÃO DE RECURSOS EM RPPS.** UBERABA – MG: [s. n.], 2022.

SILVA, Wilton & Falcão, Rodrigo & João, & Ospina, Raydonal & Souza, Filipe & Correia, José. (2025). *A study of asset and liability management applied to Brazilian pension funds.* *European Journal of Operational Research.* 322. 10.1016/j.ejor.2024.11.016.

CONSELHO MONETÁRIO NACIONAL. **Resolução nº N° 4.963, de 25 de novembro de 2021**. Dispõe sobre as aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social instituídos pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios. [S. l.], 1 out. 2025.

PANIZZA, Maurício. **Análise da Gestão dos Investimentos de Regimes Próprios de Previdência Social dos Estados Brasileiros entre 2016 e 2020**. 2022. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, [S. l.], 2022.

NOGUEIRA, Naron. **O Equilíbrio Financeiro e Atuarial dos RPPS: De Princípio Constitucional a Política de Estado**. [S. l.: s. n.], 2012.

FONSECA, Carolina. **Aplicação do Modelo de Markowitz na Seleção de Carteiras Eficientes: Uma Análise da Relação entre Risco e Retorno**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA Finanças e Gestão de Risco) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2011.