

**PROPOSTA DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO DE ATIVOS ADEQUADO AOS
REGIMES PRÓPRIOS DE PREVIDÊNCIA SOCIAL (RPPS), BASEADA NO
ESTUDO DE CASO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.**

RESUMO

Este trabalho explora a dinâmica dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) no Brasil, destacando sua evolução e as regulamentações mais recentes. O foco recai sobre a importância dos investimentos na busca pelo equilíbrio atuarial, especialmente após a implementação de regras mais rigorosas para a aplicação dos recursos previdenciários, sobretudo em relação à governança e responsabilização, resultando em um ambiente operacional mais desafiador para gestores de RPPS. O cerne do trabalho é apresentar um modelo de gestão de carteira de investimentos baseado na Teoria do Portfólio de Markowitz e Sharpe. Evitando complexidades matemáticas, o autor propõe uma abordagem prática e ilustrativa, tornando a técnica acessível aos gestores. O estudo de caso do RPPS do Estado do Espírito Santo exemplifica a aplicação prática da teoria, otimizando carteiras teóricas e comparando-as com a realidade do fundo. Na conclusão, o autor oferece um processo simplificado de gestão, proporcionando aos gestores de RPPS uma abordagem objetiva para a alocação de ativos. A proposta visa reduzir a dependência de decisões baseadas em notícias ou impulsos emocionais, fortalecendo a fundamentação técnica nas escolhas de investimentos.

Palavras-chave: RPPS. Investimentos. Teoria Moderna do Portfólio. Markowitz. Sharpe. *Backtesting*.

**PROPOSAL FOR AN ASSET ALLOCATION MODEL SUITABLE FOR PUBLIC
SECTOR PENSION PLANS, BASED ON THE CASE STUDY OF THE STATE OF
ESPÍRITO SANTO.**

This paper explores the dynamics of public sector pension plans (RPPS) in Brazil, highlighting their evolution and the most recent regulations. The focus is on the importance of investments in the pursuit of actuarial balance, especially after the implementation of stricter rules for the allocation of pension resources, particularly regarding governance and accountability, resulting in a more challenging operational environment for RPPS managers. The core of the work is to present an investment portfolio management model based on Portfolio Theory by Markowitz and Sharpe. Avoiding mathematical complexities, the author proposes a practical and illustrative approach, making the technique accessible to managers. The case study of the RPPS of the State of Espírito Santo exemplifies the practical application of the theory, optimizing theoretical portfolios and comparing them with the fund's reality. In conclusion, the author offers a simplified management process, providing RPPS managers with an objective approach to asset allocation. The proposal aims to reduce dependence on decisions based on news or emotional impulses, strengthening the technical foundation in investment choices.

Keywords: RPPS. Investments. Modern Portfolio Theory. Markowitz. Sharpe. *Backtesting*.

PROPUESTA DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN DE ACTIVOS ADECUADO PARA LOS REGÍMENES PROPIOS DE SEGURIDAD SOCIAL (RPPS), BASADO EN EL ESTUDIO DE CASO DEL ESTADO DE ESPÍRITO SANTO.

Este trabajo explora la dinámica de los Regímenes Propios de Previsión Social (RPPS) en Brasil, destacando su evolución y las regulaciones más recientes. El enfoque recae en la importancia de las inversiones en la búsqueda del equilibrio actuarial, especialmente después de la implementación de normas más estrictas para la aplicación de recursos previsionales, especialmente en relación con la gobernanza y responsabilidad, lo que resulta en un entorno operativo más desafiante para los gestores de RPPS. El núcleo del trabajo es presentar un modelo de gestión de cartera de inversiones basado en la Teoría de la Cartera de Markowitz y Sharpe. Evitando complejidades matemáticas, el autor propone un enfoque práctico e ilustrativo, haciendo que la técnica sea accesible para los gestores. El estudio de caso del RPPS del Estado de Espírito Santo ejemplifica la aplicación práctica de la teoría, optimizando carteras teóricas y comparándolas con la realidad del fondo. En la conclusión, el autor ofrece un proceso simplificado de gestión, proporcionando a los gestores de RPPS un enfoque objetivo para la asignación de activos. La propuesta busca reducir la dependencia de decisiones basadas en noticias o impulsos emocionales, fortaleciendo la fundamentación técnica en las elecciones de inversiones.

Palabras clave: RPPS. Inversiones. Teoría Moderna del Portafolio. Markowitz. Sharpe. *Backtesting*.

INTRODUÇÃO

Os Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS) no Brasil surgiram como um subsistema previdenciário, visando garantir aposentadoria aos servidores públicos e pensão por morte a seus dependentes, conforme estabelecido pelo artigo 40 da Constituição Federal (BRASIL, 1988; 2023). Este dispositivo prevê um regime contributivo e solidário, com contribuições do ente federativo, servidores ativos, aposentados e pensionistas, mantendo equilíbrio financeiro e atuarial.

A exigência de contribuição dos participantes iniciou-se com a Emenda Constitucional nº 20, de 1998, e a preocupação com o equilíbrio atuarial tornou-se mais evidente com a Emenda Constitucional nº 41, de 2003. Esta estabeleceu regras rigorosas, incluindo alíquota mínima e redução de benefícios com base na média das contribuições do servidor.

O modelo de capitalização destaca a importância dos investimentos para o equilíbrio atuarial dos RPPS, mas somente recentemente esse tema ganhou prioridade, especialmente diante de perdas significativas provocadas por má conduta financeira. Normas mais restritivas foram implementadas para aumentar a governança e responsabilização de gestores e

participantes do mercado, resultando em um risco operacional que demanda maior cuidado e formalização nos processos decisórios¹.

Este trabalho apresenta um modelo de gestão de carteira de investimentos baseado na Teoria do Portfólio de Markowitz (1952) e Sharpe (1964), proporcionando ao gestor de RPPS argumentos técnicos para decisões de alocação de ativos. Após revisão histórica da previdência pública e normas aplicáveis aos RPPSs, a Teoria do Portfólio é explicada de forma prática e ilustrativa, simplificando seu entendimento.

Na metodologia, o estudo de caso do RPPS do Estado do Espírito Santo é apresentado como de comparação entre o desempenho da carteira de investimentos efetiva do RPPS e os comportamentos de duas carteiras teóricas, desenvolvidas a partir do processo de otimização estudado anteriormente, utilizando abordagens distintas. Os resultados dessa análise comparativa são detalhadamente abordados no capítulo 5 .

O último capítulo é dedicado à conclusão e considerações finais do trabalho, com sugestões para estudos futuros.

1 SISTEMA PREVIDENCIÁRIO NO BRASIL

Desde a promulgação da Lei Eloy Chaves, em 1923, completando seu primeiro centenário de história, a Previdência Social no Brasil passou por várias transformações até chegar ao modelo que conhecemos hoje (SILVA; COSTA, 2016). Segundo nossa Constituição Federal (BRASIL, 1988), o sistema previdenciário no Brasil é estruturado em Regime Geral de Previdência Social - RGPS, Regimes Próprios de Previdência Social - RPPS, Entidades Fechadas de Previdência Complementar - EFPC e Entidades Abertas de Previdência Complementar - EAPC. A partir da Emenda Constitucional nº 103/2019 o RPPS foi subdividido, ficando apenas com a previdência dos servidores públicos civis, e os servidores militares passaram a contar com um Fundo de Proteção Social – FPS (BRASIL, 2023).

A previdência pública, oficial, possui caráter compulsório e se baseia no princípio da solidariedade, onde os trabalhadores contribuem com uma porcentagem de sua renda para um fundo coletivo, que é utilizado para pagar benefícios definidos de acordo com as regras estabelecidas em lei. Neste modelo, obrigatório, solidário e com benefício definido, o ente federativo, na qualidade de patrocinador e gestor do plano de previdência, deve garantir os pagamentos dos benefícios ao longo do tempo (BRASIL, 2001).

¹ No histórico das Resoluções (2023) relacionadas à previdência social, a primeira a tratar de investimentos foi publicada em 2007 e apenas em 2018 entrou em vigor a norma que estancou grande parte dos problemas associados à má gestão dos recursos investidos pelos RPPSs.

Sistema Previdenciário no Brasil



Figura 1 - Sistema Previdenciário no Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando os planos de previdência surgiram haviam muitos contribuintes e poucos benefícios a serem pagos e os sistemas foram constituídos sob o modelo de financiamento de repartição simples, onde as contribuições dos trabalhadores em atividade são utilizadas para pagar os benefícios dos aposentados e pensionistas atuais. Nesse regime não havia acumulação de recursos nem a preocupação com a sustentabilidade do plano no longo prazo. Porém, com o passar do tempo, quando a população foi envelhecendo, com mais qualidade de vida e um plano de seguridade garantido, a relação entre o número de contribuintes e a quantidade de benefícios pagos foi diminuindo, e a arrecadação já não era suficiente para arcar com os compromissos correntes, exigindo dos patrocinadores a complementação dessa diferença em forma de aportes crescentes (BRASIL, 2001).

No momento em que o custo previdenciário se tornou um peso significativo para os entes públicos estudos atuariais começaram a surgir, visando indicar a solidez e solvência daqueles planos. Um estudo atuarial, no contexto da previdência, é uma análise que utiliza princípios da matemática financeira e métodos estatísticos para avaliar e projetar o comportamento de variáveis financeiras que podem indicar o equilíbrio financeiro e atuarial dos regimes de previdência ao longo do tempo. Nesse estudo são considerados fatores como as taxas de contribuição, taxas de juros e expectativa de vida dos segurados, para fazer projeções e apresentar a valor presente as receitas e despesas do plano (BRASIL, 2001).

Um plano de previdência deficitário é aquele cuja somatória de todas as receitas é

inferior ao total de despesas, que são obrigações a serem pagas até extinção de toda a massa de segurados analisada no momento do estudo (BRASIL, 2001).

Com esses estudos técnicos, um novo modelo de financiamento, baseado em um regime de capitalização, surge como uma solução para equacionar o problema do déficit atuarial. No modelo capitalizado a aposentadoria dos segurados é pré-financiada, ou seja, os recursos que serão utilizados para pagamento dos benefícios futuros são arrecadados antecipadamente, ao longo do período de atividade, para formação da poupança, que deve, necessariamente, estar vinculada à obtenção de rendimentos com aplicações no mercado financeiro, que garantirão a complementação do montante necessário para cumprir com as obrigações definidas no plano de previdência (BRASIL, 2001).

Saindo da esfera pública, empresas e instituições financeiras criaram os planos de previdência complementar visando oferecer aos trabalhadores uma situação financeira mais confortável na aposentadoria, com valores superiores aos proporcionados pela previdência oficial. Nesse modelo, de adesão voluntária, apenas a contribuição é definida, sem garantia do montante do benefício a ser pago na aposentadoria. No entanto, a poupança é individualizada e, nos planos fechados, há um incentivo de contribuição do patrocinador. O estudo atuarial, nesse caso é realizado para estimar aos participantes os valores médios de benefícios que podem alcançar, dependendo das contribuições realizadas, das condições de mercado e outros fatores relevantes. Geralmente, nos planos de contribuição definida, não se avalia a condição de equilíbrio atuarial, pois o gestor do sistema deve restituir ao segurado participante apenas sua parcela individual de poupança acumulada no período de contribuição, acrescida dos respectivos rendimentos (BRASIL, 2001).

1.1. Sustentabilidade da Previdência no Serviço Público

A partir da Emenda Constitucional nº 20/1998 e da Lei nº 9.717/1998 os RPPSs passaram a se preocupar com o equilíbrio das contas públicas, que até então não se sustentavam e as despesas com benefícios de aposentadorias e pensões comprometiam cada vez mais os gastos com pessoal. Segundo Rabelo (2001), as entidades públicas de previdência funcionavam, inicialmente, em regime de repartição simples, não se pensava na acumulação de recursos para pagamento futuro dos benefícios e o superávit das contribuições recebidas dos servidores ativos eram destinadas a outras finalidades do estado ou município. Apesar da obrigatoriedade contributiva dos servidores e a preocupação sobre o equilíbrio das contas públicas, Gushiken et al. (2002) destaca que o envelhecimento da população assistida, o aumento da longevidade e a

concessão de aposentadorias precoces forçaram a adoção de novas reformas e a exigência da adoção de regimes capitalizados. Com a ideia de se alcançar um modelo de previdência equilibrado e sustentável muitos esforços vêm sendo realizados no aprimoramento dos estudos atuariais visando formatar soluções para suavizar e tornar viável o custo de transição entre o modelo antigo, de repartição simples, que gerou déficits vultuosos nas contas públicas, para o modelo capitalizado, que promete solucionar definitivamente o problema previdenciário no longo prazo. Nesse contexto, algumas das principais mudanças ocorreram com a Emenda Constitucional nº 41/2003, que modificou a fixação dos benefícios de aposentadoria introduzindo o conceito de média das contribuições, a Emenda Constitucional nº 88/2015, que estabeleceu critérios mais rígidos para concessão da pensão por morte, e a mais recentemente Emenda Constitucional nº 103/2019, que estabeleceu uma idade mínima para a aposentadoria, limitou os casos de acumulação de benefícios, e alterou o cálculo de fixação dos benefícios para forçar um período maior de contribuição (GOMES et al., 2022; SANTOS, 2020; MIGALHAS, 2018).

Ainda que, após essas várias reformas previdenciárias, grande parte dos regimes previdenciários permaneçam com déficits atuariais crescentes, já se pode observar um aumento considerável no patrimônio capitalizado de vários RPPSs. O resultado previdenciário do último bimestre de 2022, conforme Painel Estatístico da Previdência (2023), apresentava um déficit de cerca de 77 bilhões de reais nos fundos em repartição, mas, por outro lado, os RPPSs já acumulavam mais de 270 bilhões de reais em ativos capitalizados. A relevância da previdência nas contas públicas e a perspectiva de melhoria nos resultados de longo prazo proporcionada pela capitalização dos RPPSs direcionou a preocupação dos órgãos normativos e de fiscalização e controle para a busca por rentabilidade e segurança nas aplicações dos recursos financeiros desses regimes de previdência. O crescente volume de investimentos realizados pelos gestores de previdência também despertou o interesse das instituições financeiras na oferta de produtos para esse nicho de mercado, abrindo oportunidades de ganhos bastante expressivos.

1.2. Normas Aplicáveis aos Investimentos dos RPPSs

A Lei Complementar nº 9.717 (BRASIL, 2023), que dispõe sobre regras gerais para a organização e o funcionamento dos RPPSs, atribui ao Conselho Monetário Nacional (CMN) a competência para estabelecer as condições e os limites para aplicação dos recursos desses regimes de previdência.

A Resolução CMN nº 2.651/1999 foi a primeira norma a tratar especificamente sobre as

aplicações dos recursos dos regimes próprios de previdência social, ainda de forma muito incipiente, visto que naquela época haviam poucos recursos previdenciários acumulados. Em 2007, a Resolução BC CMN nº 3.506 começou a definir melhor algumas regras gerais, criando a obrigação de se definir uma política anual de investimentos. Depois de passar rapidamente pela Resolução BC CMN nº 3.790/2009, a Resolução BC CMN nº 3.922/2010 vigorou até o final de 2011 com outras três alterações ao longo desse caminho, sendo a mais relevante a Resolução BC CMN nº 4.695/2018, que estancou grande parte dos problemas relacionados à fundos mal geridos que causavam grandes prejuízos aos regimes de previdência. Finalmente, em 3 de janeiro de 2022, passou a vigorar a atual Resolução BC CMN nº 4.963/2021, que, de forma bem robusta e detalhada, regulamenta todas as formas de aplicações dos recursos dos RPPSs, incluindo os ativos, segmentos, limites e condições para alocação das aplicações, as regras e exigências para a elaboração das políticas de investimentos, as responsabilidades e obrigações dos gestores, os modelos de contratação dos prestadores de serviços e as vedações (RESOLUÇÕES, 2023).

De forma complementar, o Ministério da Previdência Social, a partir de 2008 vem editando portarias que regulamentam as resoluções do Conselho Monetário Nacional, estabelecendo diretrizes de governança e impondo maior responsabilização aos gestores de recursos dos RPPSs. Atualmente, a Portaria MTP nº 1.467/2022, que disciplina os parâmetros e as diretrizes gerais para organização e funcionamento dos RPPSs, dispõe de um capítulo dedicado aos investimentos dos recursos previdenciários, tratando de vários assuntos que visam mitigar riscos e garantir maior segurança, transparência e controle na gestão desses recursos (PORTARIAS, 2023).

Embora estas normas sejam bastante rígidas e imponham muitos limites, é importante que cada RPPS seja livre para adotar a estratégia que julgar mais adequada ao perfil do seu plano de previdência, de acordo com o tamanho, fluxo de caixa e horizonte de investimento, dado o grau de heterogeneidade existente entre os regimes próprios de previdência instituídos no país. Portanto, cabe à equipe responsável pela gestão dos recursos do RPPS buscar as melhores práticas ou métodos mais eficientes para alcançar os melhores resultados. Nesse contexto, o estudo de modelos de alocação de ativos é uma ferramenta poderosa para embasar as decisões de investimentos dos profissionais que atuam nesta área.

Trintinalia e Serra (2017) avaliam os efeitos produzidos pelas restrições impostas pela Resolução BC CMN nº 3.922/2010 evidenciaram que os limites legais não foram favoráveis à maximização da relação risco e retorno. O trabalho de Damasceno e Carvalho (2021), também baseado nos limites impostos pela Resolução BC CMN nº 3.922/2010, indica que só seria

possível atingir os níveis de retorno necessários para garantir o equilíbrio atuarial se os gestores de RPPS utilizassem o risco máximo permitido para os níveis mais altos de governança, chegando a sugerir o aumento de tais limites. Entretanto, no escopo deste trabalho não será discutida a eficiência das normas atuais ou anteriores e serão aplicados os limites de alocação por categoria de ativos impostos pela Resolução BC CMN nº 4.963/2021, independente do período de simulação das carteiras de ativos propostas.

2 O RPPS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

[Nos idos de 1910, o então Governador Jeronymo Monteiro criou uma caixa beneficente, que levava seu nome, que tinha por finalidade o pagamento de pecúlios mensais para as famílias de servidores que faleciam. Cerca de 40 anos mais tarde nascia o Instituto de Previdência e Assistência Jerônimo Monteiro (IPAJM), substituindo a antiga Caixa Beneficente Jeronymo Monteiro e ampliando os serviços e benefícios para os servidores públicos capixabas. Em 2004, o instituto foi reestruturado, se adequando às normas constitucionais vigentes à época, deixando de prestar os serviços assistenciais, e se tornando o gestor único do regime próprio de previdência dos servidores estaduais. Apesar do novo nome - Instituto de Previdência dos Servidores do Estado do Espírito Santo - sua antiga sigla, IPAJM, foi mantida até os dias atuais (IPAJM, 2024).

Na reestruturação do RPPS do Espírito Santo, visando equacionar o déficit atuarial² crescente, que já preocupava o governo, optou-se pela adoção da segregação de massa³, com a criação de dois fundos distintos. O Fundo Financeiro herdou toda a massa de segurados existentes até então, incluindo tanto os servidores ativos quanto os beneficiários (aposentados e pensionistas), e manteve o regime financeiro de repartição simples. Já o Fundo Previdenciário foi constituído sob o modelo de capitalização e passou a recepcionar todos os servidores que ingressavam no serviço público estadual a partir da vigência da nova lei (IPAJM, 2024).

Com a implementação dessa estratégia, o Fundo Financeiro tende à extinção, visto que não há mais ingresso de novos servidores. Entretanto, durante o período de transição, o ente federativo deve arcar com o custo de aportes crescentes, pois cada servidor que se aposenta deixa de contribuir para o plano e aumenta o volume de benefícios a serem pagos. O Fundo Previdenciário, por sua vez, pode se manter equilibrado atuarialmente, desde que haja um

² O equacionamento do déficit atuarial é uma decisão do ente federativo quanto às formas, prazos, valores e condições em que se dará o completo reequilíbrio do plano de benefícios do RPPS, observadas as normas legais e regulamentares (BRASIL, 2023).

³ Segregação da massa é a separação dos segurados do plano de benefícios de um RPPS em grupos distintos, que integrarão o Fundo em Capitalização e o Fundo em Repartição (BRASIL, 2023).

dimensionamento correto das alíquotas de contribuição e das regras de fixação dos benefícios, e ainda, que a rentabilidade dos recursos capitalizados alcance os níveis definidos nos estudos atuariais.

Conforme planejado, o IPAJM vem mantendo o comportamento esperado a partir de sua reestruturação. As figuras seguintes demonstram os fluxos de receitas, despesas e resultados dos planos de previdência do IPAJM, evidenciando que o Fundo Financeiro atingirá em breve o ápice do período de transição, entrando na fase decadente, fumo à extinção, enquanto o Fundo Previdenciário segue seu rumo de equilíbrio no longo prazo.

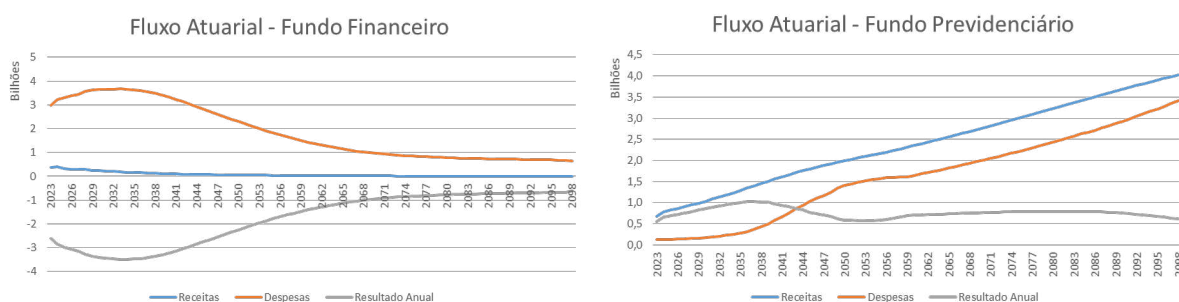


Figura 2 - Fluxos atuariais dos fundos de previdência do IPAJM

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Relatório Atuarial do IPAJM de 2024

O foco deste estudo de caso é a carteira de investimentos do fundo capitalizado do IPAJM, que com 19 anos de existência, fechou o ano de 2023 com um patrimônio aproximado de 7,1 bilhões de reais.

Em 2010, o instituto criou uma diretoria especializada para gerir seus recursos de forma profissional. Em 2019, contratou também os serviços de uma consultoria, que começou a fornecer relatórios anuais baseados em um modelo de alocação de ativos, que será detalhado no próximo tópico. Contudo, este modelo não foi totalmente empregado devido a preocupações com a sua implementação e a dificuldade de compreensão dos resultados. Durante todo esse período, a equipe do IPAJM buscou alcançar resultados focando em investimentos conservadores. Periodicamente, analisou as nuances do cenário econômico e realizou as realocações necessárias para alinhar a carteira às expectativas traçadas e aos percentuais de alocação estabelecidos pela norma e na política de investimentos anual.

3 TEORIA DO PORTFÓLIO DE MARKOWITZ E SHARPE

Buscando apresentar uma nova forma, mais eficiente, de alocar os ativos de uma carteira de investimentos, em 1952, Harry Markowitz (1952) publicou um artigo que viria a mudar a forma como investidores de todo o mundo administram seus recursos ou os recursos de terceiros sob sua responsabilidade. Baseado na ideia de que investidores prudentes procuram

investimentos que ofereçam uma maior expectativa de retorno para um determinado nível de risco ou que apresentem menor risco para um mesmo retorno esperado, o modelo proposto por Markowitz demonstrou matematicamente como calcular o retorno esperado e o risco de uma carteira de ativos levando em consideração os retornos esperados de cada ativo, suas medidas individuais de risco, a relação existente entre esses ativos, uns com os outros, e os pesos de cada um deles na composição de uma carteira de investimentos.

Nesse estudo, Markowitz (1952) mostrou que, para um conjunto qualquer de ativos, era possível encontrar combinações de carteiras, variando os pesos (percentuais de participação) de cada ativo, capazes de gerar um maior retorno com o mesmo nível de risco, ou um menor risco com o mesmo retorno esperado, em comparação com outras combinações. O conjunto de carteiras formadas pelos ativos com os pesos que geravam os melhores resultados foi batizado de fronteira eficiente. Ou seja, uma carteira de ativos é considerada eficiente quando nenhuma outra carteira oferece um retorno esperado mais alto com o mesmo nível de risco, ou quando o risco dessa carteira é o menor possível para um mesmo retorno esperado. Assim, a fronteira eficiente é composta por todas as carteiras eficientes possíveis, entre o ponto de menor risco e o de maior retorno esperado (REILLY; BROWN, 2011).

Esse modelo evidenciou que a diversificação pode, de fato, reduzir o risco assumido por um investidor na gestão de seus recursos, e partir de então, os investidores passaram a dispor de uma ferramenta objetiva que validava o antigo conceito empírico de "não colocar todos os ovos na mesma cesta", ou seja, que não se deve concentrar todos os investimentos em um único lugar ou um único ativo.

Reilly e Brown (2011) afirmam que Markowitz não apenas ressaltou a importância da diversificação dos investimentos para reduzir o risco total de uma carteira, mas também demonstrou como diversificar de forma eficiente. Antes do trabalho de Markowitz, os investidores compreendiam a ideia de risco, mas careciam de meios para quantificá-lo. Markowitz propôs utilizar a variância ou o desvio padrão de um ativo em relação ao seu retorno esperado como medidas quantitativas do risco de se investir nesse ativo, e explorou os conceitos de covariância e correlação entre os ativos para definir uma forma de se calcular o risco de uma carteira composta por um ou mais ativos.

Para se referir ao risco de um determinado ativo, o termo mais comumente utilizado é a volatilidade. Ela representa intuitivamente a dispersão dos retornos em relação à sua média, ao longo de um determinado período de tempo, geralmente um ano. A volatilidade é apresentada normalmente como o desvio padrão, que é a raiz quadrada da variância, que, por sua vez, é calculada como a média dos quadrados das diferenças entre cada retorno e a média desses

retornos.

Mas quando se deseja quantificar a relação entre dois ativos ou como seus retornos se comportam ao longo do tempo, é necessário calcular a covariância entre eles, que é uma função das variâncias de cada um. A correlação é a covariância padronizada, que varia em uma escala de -1 a 1. Uma correlação de 1 indica uma relação linear positiva perfeita, -1 indica uma relação linear negativa perfeita, e 0 indica nenhuma relação linear. A Figura 3, a seguir, exemplificam os comportamentos de pares de ativos com correlações diferentes.



Figura 3 - Influência da correlação no comportamento dos ativos

Fonte: Elaborado pelo autor

Para compreender os conceitos abordados, observe a Figura 4a, um gráfico de dispersão onde o eixo vertical indica o retorno esperado de uma carteira de ativos após um período de tempo, enquanto o eixo horizontal representa o risco associado ao investimento. Os ativos hipotéticos A e B são plotados neste gráfico, com a linha que os conecta representando o conjunto de carteiras possíveis formadas pela combinação desses ativos, variando de 100% em A e 0% em B a 0% em A e 100% em B. A fronteira eficiente de alocação consiste nas carteiras que oferecem o menor risco para um determinado retorno. Nesta curva, existe um ponto onde a carteira apresenta o menor risco, e todas as carteiras a partir deste ponto, até o ponto do ativo A formam a fronteira eficiente de alocação nestes ativos. Carteiras posicionadas abaixo desse ponto são consideradas ineficientes, proporcionando um retorno menor para o mesmo nível de risco. No exemplo apresentado, a carteira de menor risco é alcançada investindo 20% dos recursos em A e 80% em B. Aumentar a alocação em A resulta em maior retorno esperado, mas também em aumento do risco. Dessa forma, o investidor pode buscar o melhor retorno considerando o nível de risco que está disposto a aceitar.

A Figura 4b explora a influência da correlação entre os ativos na composição das carteiras, apresentando três situações comparativas onde os ativos hipotéticos A e B se correlacionam de formas distintas. No gráfico anterior, os ativos possuíam correlação nula. Na Figura 4b, são apresentadas simulações com correlação negativa (-0,3) e correlação positiva (0,3). Quanto mais próxima de -1 for a correlação entre os ativos, mais eficaz será a diversificação na redução do risco total. Se os ativos forem totalmente correlacionados

(correlação igual a 1), a curva seria uma reta ligando os pontos A e B, e a diversificação seria útil apenas para o investidor posicionar sua estratégia de acordo com o risco que deseja assumir.

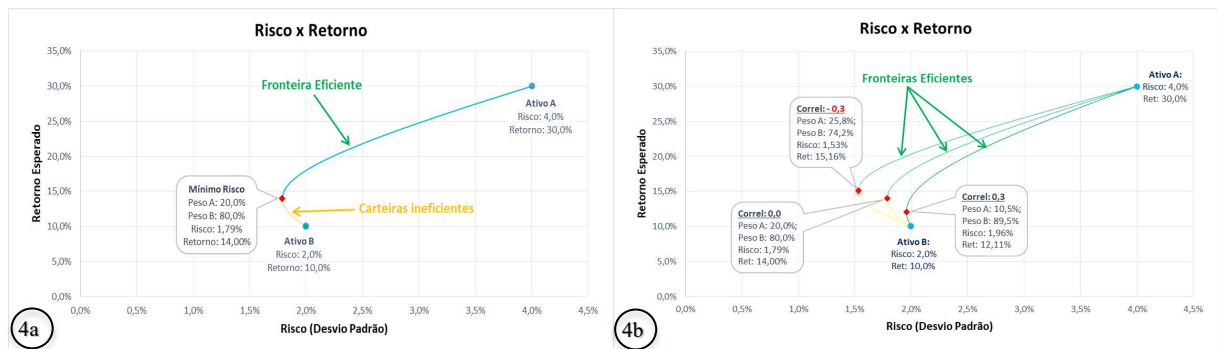


Figura 4 - Gráfico de dispersão Risco x Retorno com representações de Fronteiras Eficientes de Markowitz. A) Carteiras ineficientes. B) Correlações distintas

Fonte: Elaborado pelo autor

A próxima figura expande a visão da fronteira eficiente para o caso de 3 ativos. As linhas pontilhadas representam as carteiras possíveis com apenas 2 dos ativos, onde o resultado é similar aos exemplos anteriores.

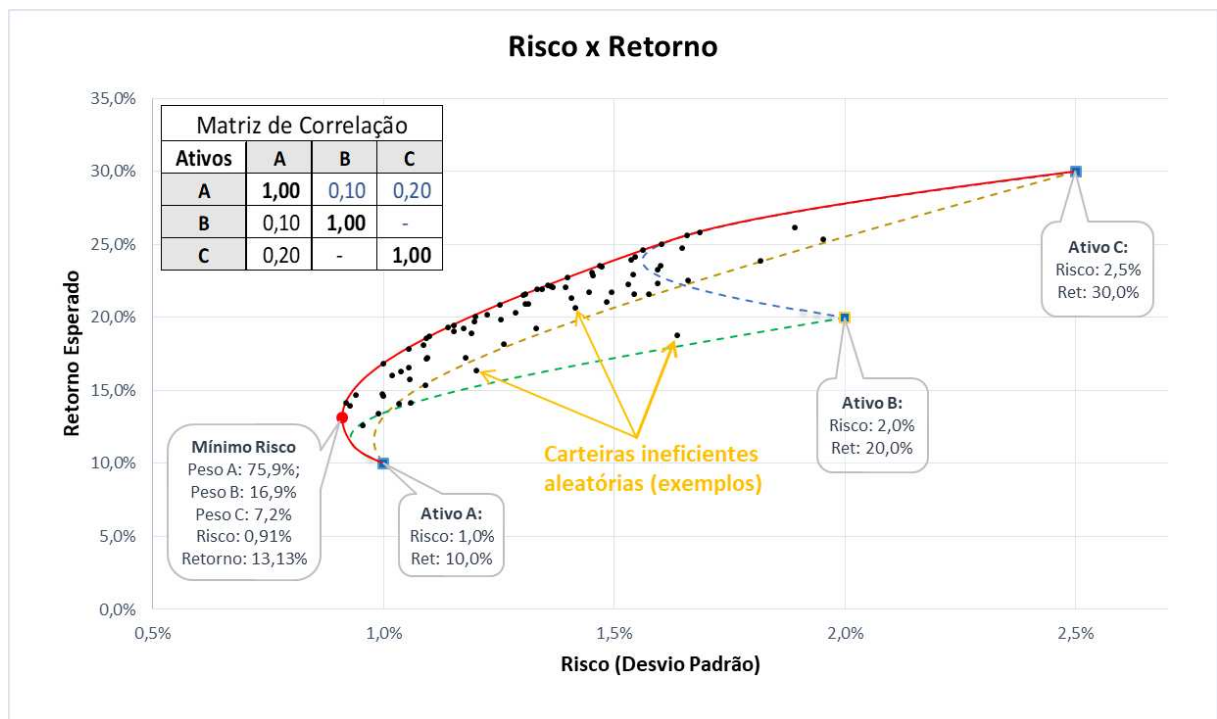


Figura 5 - Fronteira Eficiente de Markowitz com 3 ativos

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando um novo ativo é adicionado às opções de diversificação, dependendo de suas características, é possível alcançar um retorno maior com menos risco, tornando a fronteira eficiente ainda mais relevante para um investidor prudente. No entanto, nem sempre a diversificação resulta em ganhos significativos, destacando a importância do estudo de Markowitz para os investidores. O gráfico da Figura 6 apresenta uma situação com os mesmos

ativos da figura anterior, mas com alterações apenas nas correlações. Neste caso, a fronteira eficiente coincide com aquela formada pelos ativos A e C. Investir no ativo B não contribui para o retorno da carteira, e um investidor menos informado pode incorretamente acreditar que está diversificando sua carteira ao incluir um ativo que não gera os resultados esperados, obtendo um retorno inferior ou com maior risco do que teria sem essa diversificação.

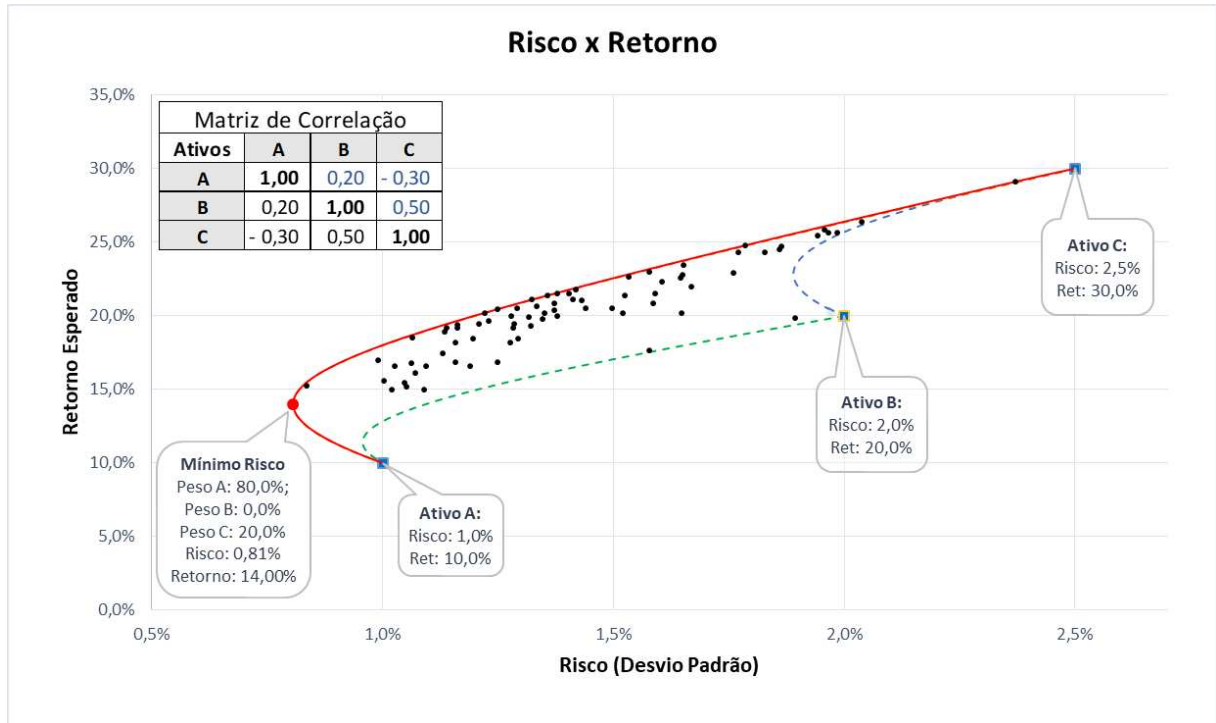


Figura 6 - Fronteira Eficiente de Markowitz com 3 ativos, mas apenas 2 eficientes

Fonte: Elaborado pelo autor

Se um dos ativos da carteira fosse completamente livre de risco, com um retorno esperado certo e desvio padrão nulo, isso seria apresentado na Figura 7, introduzindo outro conceito consagrado por William Sharpe (1964). Nesse exemplo, os ativos A e C permanecem inalterados, assim como a correlação entre eles. Porém, o ativo B agora tem um retorno esperado de 5% e um desvio padrão nulo. Como mostrado, a fronteira eficiente entre B e os outros ativos é uma linha reta entre esses pontos. O investimento de menor risco é a alocação total no ativo B, por ser livre de risco. No gráfico resultante, considerando os três ativos, incluindo o livre de risco, a curva que forma a fronteira eficiente, partindo do ponto B, segue uma linha reta até certo ponto e depois segue um caminho curvo coincidente com a fronteira eficiente entre os ativos A e C. Este ponto que tangencia a curva A-C é conhecido como a carteira de máximo índice de Sharpe, que será discutida posteriormente.

Embora hoje seja computacionalmente simples realizar simulações e testes de otimização de carteiras usando o modelo de Markowitz, Bruni e Famá (1998) explicam que na década de 1960 esse processo era demorado e caro. Em resposta a isso, Sharpe (1964)

simplificou a teoria de Markowitz ao criar um modelo de precificação de ativos baseado em uma carteira de mercado.

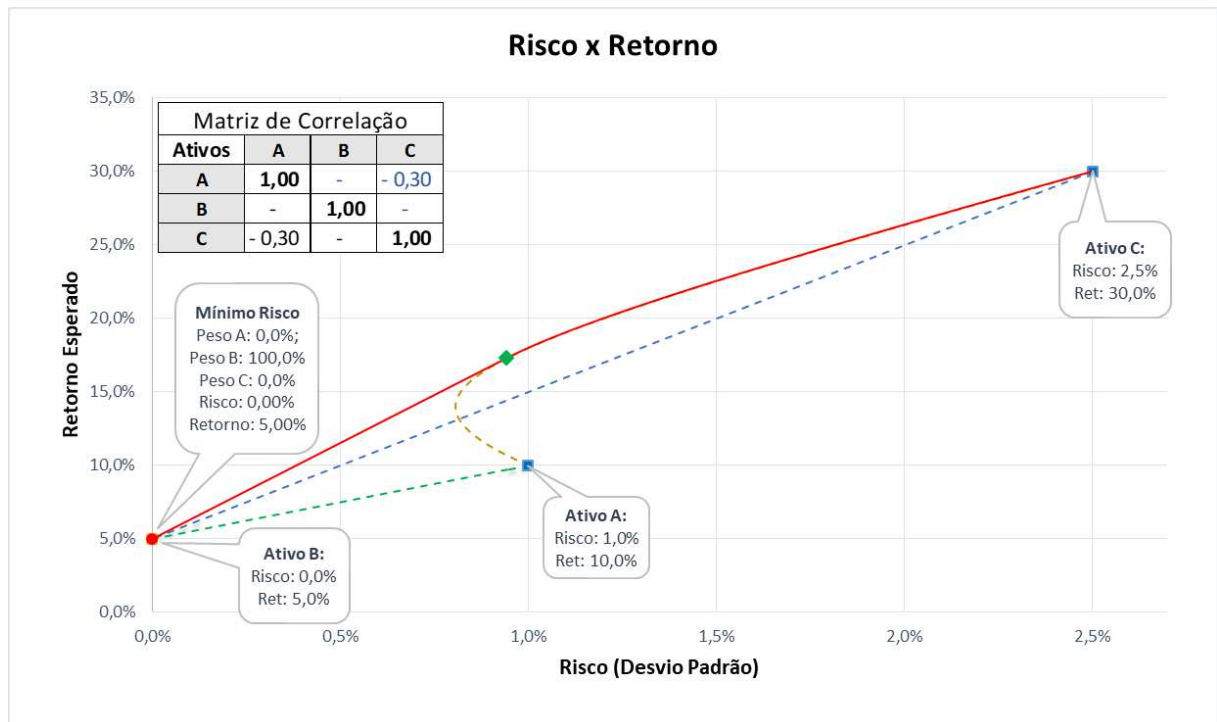


Figura 7 - Fronteira Eficiente com um ativo livre de risco

Fonte: Elaborado pelo autor

Nesse modelo, o risco é representado pelo que Sharpe chamou de risco sistemático ou não diversificável, o qual é o mínimo possível supondo a máxima diversificação, decorrente das variações macroeconômicas que afetam todos os ativos simultaneamente. Ativos individuais ou carteiras que não incluem todos os ativos disponíveis no mercado teriam um risco adicional associado à sua posição particular no cenário econômico. Para atrair investidores, eles devem oferecer um retorno esperado adicional proporcional ao aumento do risco. Sharpe definiu a taxa de retorno sem risco como o "preço do tempo", uma compensação pelo esforço de poupança do investidor. Ele argumentou que, ao investir em uma carteira com risco, espera-se receber um "prêmio pelo risco", ou seja, um retorno adicional por unidade de risco suportado.

Embora o artigo de Sharpe contenha muitos ensinamentos importantes, para o escopo deste trabalho é suficiente focar no índice que leva seu nome. O índice de Sharpe é uma simples razão entre retorno e risco, considerando o retorno esperado deduzido do retorno do ativo livre de risco, dividido pelo risco (desvio padrão) do ativo ou carteira. Sharpe demonstrou brilhantemente que este índice cresce tanto com o aumento do retorno quanto com a redução do risco, o que é exatamente o esperado por um investidor sensato: maior retorno e menor risco.

Portanto, na comparação entre ativos ou carteiras de investimento, o investidor deveria dar preferência àqueles com maior índice de Sharpe.

A contribuição de Sharpe permite que o ativo livre de risco seja excluído da equação da fronteira eficiente com os demais ativos de risco, uma vez que seu comportamento é conhecido. A Figura 8 ilustra um gráfico típico onde a fronteira eficiente, traçada para um conjunto de ativos com risco (os mesmos da Figura 5, para simplificar o entendimento), é tangenciada por uma linha reta que cruza o eixo y (risco zero) no valor correspondente ao retorno esperado do ativo livre de risco, formando a linha de mercado de capitais, ou *Capital Market Line* (CML). A tangente entre a fronteira eficiente e a CML é, então, a carteira de máximo Sharpe, que representa a alocação de melhor relação custo-benefício. Graficamente, o índice de Sharpe é representado pela inclinação da reta CML. Portanto, dentre as carteiras otimizadas que estão na fronteira eficiente, o índice atinge seu valor máximo possível quando a reta que liga a carteira ao ponto livre de risco alcança sua máxima inclinação, e isso ocorre no ponto de tangência entre a CML e a fronteira eficiente. As carteiras posicionadas acima do ponto de máximo Sharpe são formadas por posições vendidas do ativo sem risco, mas este aspecto não será abordado aqui. Na ausência de um ativo livre de risco, a CML passaria pelo ponto zero do eixo y.

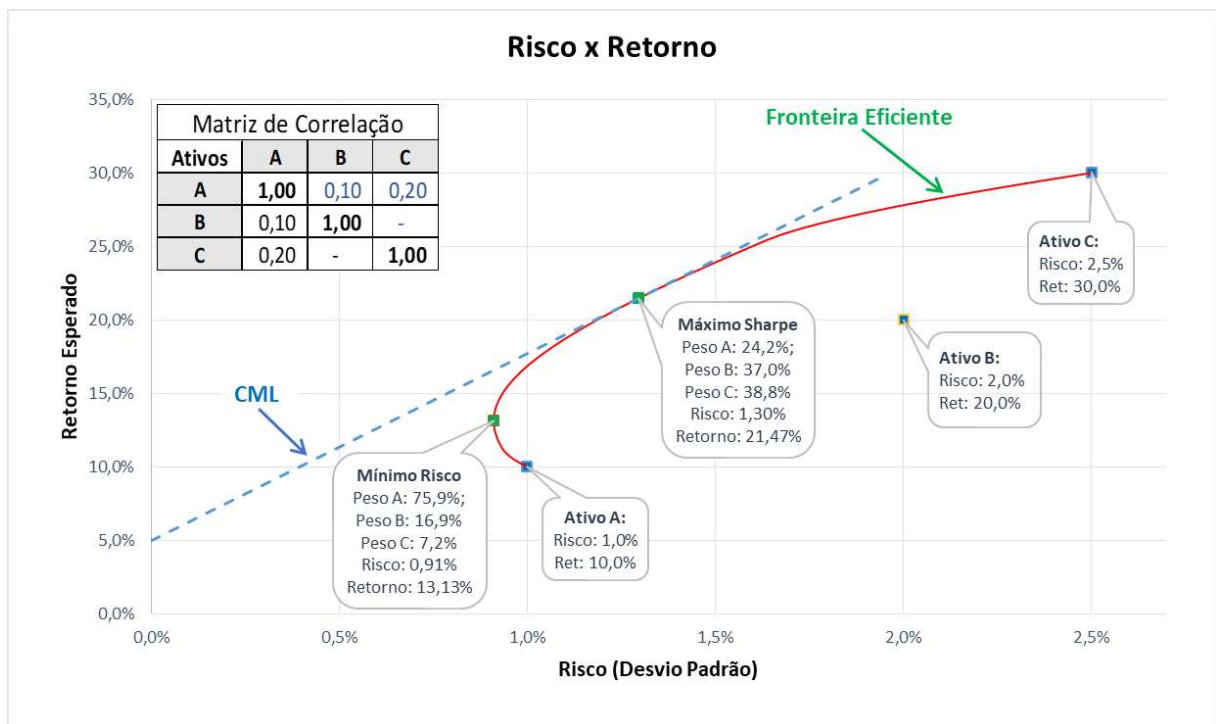


Figura 8 - Fronteira Eficiente com 3 ativos, incluindo a linha de mercado de capitais

Fonte: Elaborado pelo autor

Tanto o trabalho de Markowitz quanto o de Sharpe possuem restrições que precisam ser conhecidas e discutidas. Essas restrições não invalidam as teorias, mas ajudam a interpretá-las

corretamente. Um ponto importante é a metodologia para estimar o retorno esperado de cada ativo, geralmente baseada na média dos retornos históricos, baseada na crença de que os ativos seguem alguma tendência. Por exemplo, Reichert et al. (2018) utilizam a média dos retornos mensais de um ano para calcular a fronteira eficiente do ano seguinte. No entanto, eles reconhecem que a periodicidade da análise pode influenciar nos resultados, embora esse método ainda seja útil considerando que todos os ativos estão sujeitos aos mesmos riscos sistemáticos, conforme apresentado por Sharpe (1964).

Considerando o exposto até agora, o investidor poderia adotar uma dentre quatro estratégias: (a) Investir na carteira de menor risco, independente do retorno projetado; (b) Investir na carteira de máximo Sharpe, a partir da definição de taxa livre de risco; (c) Investir em um ponto da fronteira eficiente para atingir um retorno esperado específico, ou (d) Investir em um ponto da fronteira eficiente para obter um nível de risco definido. Dado que os RPPSs buscam retornos reais consistentes, mas possuem grande aversão ao risco, é improvável que as opções "a" e "d" atendam às expectativas. Assim, as opções "b" e "c" seriam as mais sensatas, e merecem uma avaliação dos resultados.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo de caso, baseado em uma pesquisa descritiva, com método quantitativo, foram realizadas quatro etapas de pesquisa e processamento de informações a fim de se obter os resultados conclusivos.

As ferramentas utilizadas nesse processo foram o software Excel, da suíte Microsoft Office, a linguagem de programação Python, com bibliotecas específicas para tratamento de dados e finanças, e o sistema de análise de ativos financeiros Economatica.

Inicialmente, foram coletados dados históricos da carteira de investimentos do fundo previdenciário do IPAJM. Esses dados, abrangendo todas as movimentações diárias dos últimos treze anos, foram consolidados para criar a visão mensal dos aportes, tendo como ponto de partida o saldo inicial da carteira em 31/12/2010. Esta carteira consolidada, abrangendo o período de 2011 a 2023, serviu como base de comparação para os ensaios deste estudo.

Em seguida, buscou-se um conjunto de ativos financeiros para compor as carteiras teóricas, considerando históricos longos e características adequadas ao modelo teórico estudado. Foram, então, selecionados ativos que representassem os diversos segmentos e classes enquadrados aos RPPSs, buscando o maior desconhecimento possível. Dado que o foco do trabalho não é a avaliação de ativos individuais, mas sim a alocação estratégica e

diversificação de carteiras otimizadas, foram escolhidos índices de mercado ou fundos passivos de índices, os quais não estão ligados a gestores específicos, mas sim representam grupos genéricos de ativos.

Após várias tentativas, a melhor opção foi encontrada através do sistema Economatica, que forneceu as cotações históricas, a partir de dezembro de 2009⁴, dos índices CDI Acumulado, IRF-M 1, IMA-B 5, IRF-M 1+, IMA-B 5+, Ibovespa, Ações Dividendos, Ações Small Caps e BDRx⁵. Esses índices foram escolhidos depois de uma análise de correlação com outros disponíveis, representando de forma mais generalizada os segmentos de renda fixa e variável no Brasil, além do investimento no exterior permitido pela legislação aplicável a todos os RPPSs, independentemente da certificação Pró-Gestão⁶.

Com o histórico completo de cotações, foi possível iniciar a etapa mais importante do processo, analisando as informações estatísticas de cada ativo até obter a fronteira eficiente de Markowitz, conforme detalhado no referencial teórico. Os resultados dessa análise forneceram os pesos de cada ativo que comporiam as carteiras teóricas, a serem descritas na etapa seguinte.

Nesta fase, destacam-se como produtos relevantes o gráfico de cotações históricas dos ativos analisados, a relação de retornos médios e volatilidade anuais, e, principalmente, a matriz de correlação entre os ativos, como apresentado a seguir.

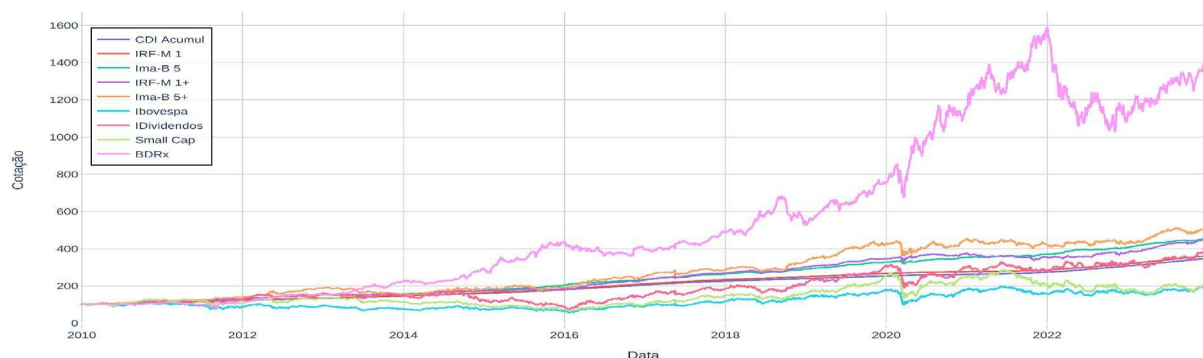


Figura 9 - Histórico de cotações dos ativos eleitos para as carteiras simuladas

Fonte: Elaborado pelo autor

⁴ A primeira etapa de otimização foi realizada com os dados históricos de 12/2009 a 12/2010 para se obter os primeiros percentuais de alocação das carteiras simuladas, que se iniciam em 2011, mesma data de início da carteira do IPAJM.

⁵ O CDI - Certificado de Depósito Interbancário mede a taxa de juros no mercado interbancário. O Índice de Mercado ANBIMA - Série B (IMA-B), Índice de Rendimento de Títulos Públicos - Mercado (IRF-M), e suas derivações, são carteiras teóricas produzidas pela ANBIMA - Associação Brasileira de Entidades dos Mercados Financeiros e de Capitais. Os índices de ações e o BDRx são carteiras teóricas montadas pela B3 - Brasil, Bolsa, Balcão. O BDRx é um índice que mede o desempenho médio dos recibos de ações de empresas estrangeiras negociadas na bolsa brasileira - BDRs (Brazilian Deposit Receipts).

⁶ Pró-Gestão RPPS é o Programa de Certificação Institucional e Modernização da Gestão dos RPPSs, instituído pela Portaria MPS nº 185/2015, que tem por objetivo incentivar os RPPSs a adotarem melhores práticas de gestão previdenciária. A adesão é facultativa, mas a unidade gestora do RPPS que alcança pelo menos um dos 4 níveis de certificação pode ser considerado Investidor Qualificado e tem alguns de seus limites de aplicação elevados, incluindo a possibilidade de investir em fundos de ativos no exterior.

Ativo	Retorno Médio Anual	Volatilidade Anual
CDI Acumul	8.78%	0.22%
IRF-M 1	9.08%	0.52%
Ima-B 5	10.99%	2.97%
IRF-M 1+	10.49%	5.10%
Ima-B 5+	11.53%	11.16%
Ibovespa	3.99%	24.57%
IDividendos	9.08%	22.43%
Small Cap	4.55%	23.50%
BDRx	18.80%	21.36%

Tabela 1 - Média dos Retornos e Volatilidades anuais dos ativos eleitos

Fonte: Elaborado pelo autor

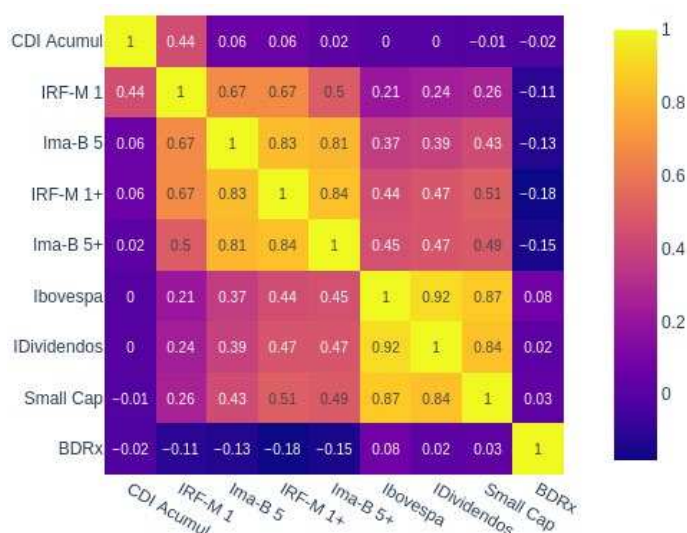


Figura 10 - Matriz de correlação entre os ativos eleitos

Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz de correlação apresentada é crucial para avaliar o comportamento dos ativos na carteira. Tons azulados indicam menor correlação, enquanto tons avermelhados sugerem maior correlação e devem ser evitados. Assim, quanto mais colorida, melhor a diversificação.

Para calcular a fronteira eficiente de Markowitz, foi utilizada a biblioteca Python PyPortfolioOpt (MARTIN, 2021). Esta biblioteca calcula os retornos esperados anualizados e a matriz de correlação dos ativos, a partir do histórico de cotações diárias, simplificando essa etapa do processo. Com esses resultados, a biblioteca oferece funções para encontrar as carteiras de menor risco; máximo Sharpe; para um risco definido; e para um retorno esperado definido, apresentando o retorno esperado, risco e índice de Sharpe dessas carteiras, juntamente com os respectivos pesos de cada ativo.

Ao buscar uma carteira adequada ao perfil, o investidor pode percorrer a fronteira eficiente de Markowitz e optar pela que apresenta o menor risco, o maior retorno, o maior índice de Sharpe ou aquela carteira que ofereça o melhor retorno para um nível de risco aceitável, ou o menor risco para um retorno alvo específico. Considerando a característica dos RPPSs, que devem buscar uma rentabilidade que garanta o equilíbrio no longo prazo, mas precisam evitar

risco e são mais conservadores, este estudo adotou duas abordagens: carteiras que maximizam o índice de Sharpe (Máximo Sharpe) e carteiras que projetam um retorno esperado igual à meta atuarial definida pelo RPPS.

Para cada abordagem foi calculada uma fronteira eficiente e definidos os pesos dos ativos para uma carteira otimizada, simulada anualmente, começando em 2011 e seguindo até 2023. Os produtos resultantes foram as matrizes de pesos que cada ativo deveria possuir em cada carteira otimizada, ano a ano, de acordo com as funções e parâmetros escolhidos.

Para evitar viés indesejado, adotou-se a estratégia de segmentar o histórico de cotações dos ativos, de modo que a cada ano de cálculo o sistema tivesse apenas informações até o último dia do ano anterior. No estudo de Reichert et al. (2018) os autores optaram por utilizar apenas um ano de histórico para o cálculo das estimativas de retorno esperado e risco dos ativos para a carteira otimizada do ano seguinte. Neste trabalho, a data de início da base de dados foi fixada, permitindo que o histórico de cotações crescesse a cada ano. Essa abordagem possibilita avaliar se o tamanho do período de análise influencia na precisão dos resultados.

Conforme discutido anteriormente, ao calcular o índice de Sharpe, é necessário considerar a taxa de retorno de um ativo livre de risco. No contexto brasileiro, a taxa SELIC⁷ se aproxima dessa condição e é definida como a taxa básica de juros do país. Semanalmente, o Banco Central do Brasil divulga o Relatório Focus⁸, que apresenta as projeções dos principais indicadores econômicos, incluindo a taxa SELIC e o índice oficial de inflação - IPCA⁹.

Anualmente, os gestores definem uma meta de rentabilidade, conhecida como meta atuarial, que é utilizada como taxa de desconto nos cálculos atuariais para trazer a valor presente receitas e compromissos futuros. Nos últimos 5 anos, o IPAJM estabeleceu sua meta atuarial como $5,0\% + \text{IPCA}$, e para este estudo de caso foi usada como referência em todos os anos.

Para o cálculo do índice de Sharpe a taxa SELIC foi utilizada como o retorno esperado do ativo livre de risco. Para calcular a meta atuarial a cada ano em valores nominais, ou seja, incluindo a inflação para o período correspondente, foram utilizadas as projeções do IPCA informadas no Relatórios Focus ao final de cada ano de análise.

Os cálculos, seguindo a teoria de Markowitz, foram executados duas vezes, gerando

⁷ A Taxa SELIC, definida pelo Comitê de Política Monetária (Copom) do Banco Central, é a taxa básica de juros da economia brasileira e é utilizada como referência para o custo do crédito no país.

⁸ O Relatório Focus é uma publicação semanal do Banco Central que contém um resumo das expectativas de mercado a respeito de alguns indicadores da economia, como índice de inflação, taxa de juros, câmbio e PIB para o fim do ano corrente e dos próximos 3 anos.

⁹ O IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) é o índice oficial da inflação no país, medido e divulgado mensalmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

duas carteiras, com suas matrizes de pesos e respectivos retornos esperados, riscos e índices de Sharpe. Um cálculo teve como objetivo, a cada ano, encontrar as carteiras que buscavam um retorno alvo com o mesmo risco possível, isto é, o objetivo era encontrar na fronteira eficiente aquela carteira cujo retorno esperado era equivalente à meta atuarial projetada para o RPPS. O outro cálculo buscou encontrar as carteiras com os maiores índices de Sharpe, considerando, para isso, o retorno projetado da taxa SELIC como ativo livre de risco. A tabela 2 consolida as informações utilizadas como base nessa fase do estudo.

Data Relat. Focus	Ano Projeção	SELIC	IPCA	Meta atuarial (IPCA+5%)
10/12/2010	2011	12,25%	5,21%	10,47%
16/12/2011	2012	9,50%	5,39%	10,66%
30/11/2012	2013	7,25%	5,40%	10,67%
06/12/2013	2014	10,50%	5,92%	11,22%
28/11/2014	2015	12,00%	6,49%	11,81%
04/12/2015	2016	14,25%	6,70%	12,04%
25/11/2016	2017	10,75%	4,93%	10,18%
06/10/2017	2018	7,00%	4,02%	9,22%
09/11/2018	2019	8,00%	4,21%	9,42%
14/11/2019	2020	4,25%	3,60%	8,78%
18/12/2020	2021	3,00%	3,37%	8,54%
26/11/2021	2022	11,25%	5,00%	10,25%
02/12/2022	2023	11,75%	5,08%	10,33%

Tabela 2 - Projeções de meta atuarial e taxa do ativo livre de risco

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos relatórios Focus de cada período

Conforme explicado no final do capítulo 1.2, é importante ressaltar que para cumprir as restrições de limites de alocação impostos pela Resolução CMN nº 4.963/2021 foi necessário implementar três regras de limite máximo de alocação: 60% para o CDI, que está na categoria Renda Fixa; 30% para a soma dos índices de ações (Ibovespa, Ações Dividendos, Ações Small Caps), do grupo de Renda Variável; e 10% para o BDRx, que é classificado como Investimento no Exterior. Uma restrição adicional foi incluída, visando manter um mínimo de 10% de alocação no CDI, para garantir liquidez à carteira.

O gráfico de dispersão da Figura 11 ilustra a fronteira eficiente traçada para o ano de 2023, onde foram plotados também os pontos onde as carteiras se situam ao longo da fronteira eficiente, conforme legenda. Foram plotados também, com as respectivas descrições, os ativos utilizados nos cálculos. Assim, é possível observar, por exemplo, que o CDI é o ativo de menor risco, e neste caso coincidiu com a carteira de menor risco, e o BDRx está no extremo oposto, representando o ativo de maior retorno. Por fim, o gráfico ilustra ainda a diferença entre a fronteira sem as restrições impostas pela norma, que vai do ativo de menor risco até o de maior retorno, e a fronteira com as restrições, que possui uma abrangência mais limitada, onde foi posicionada a carteira de máximo índice de Sharpe.

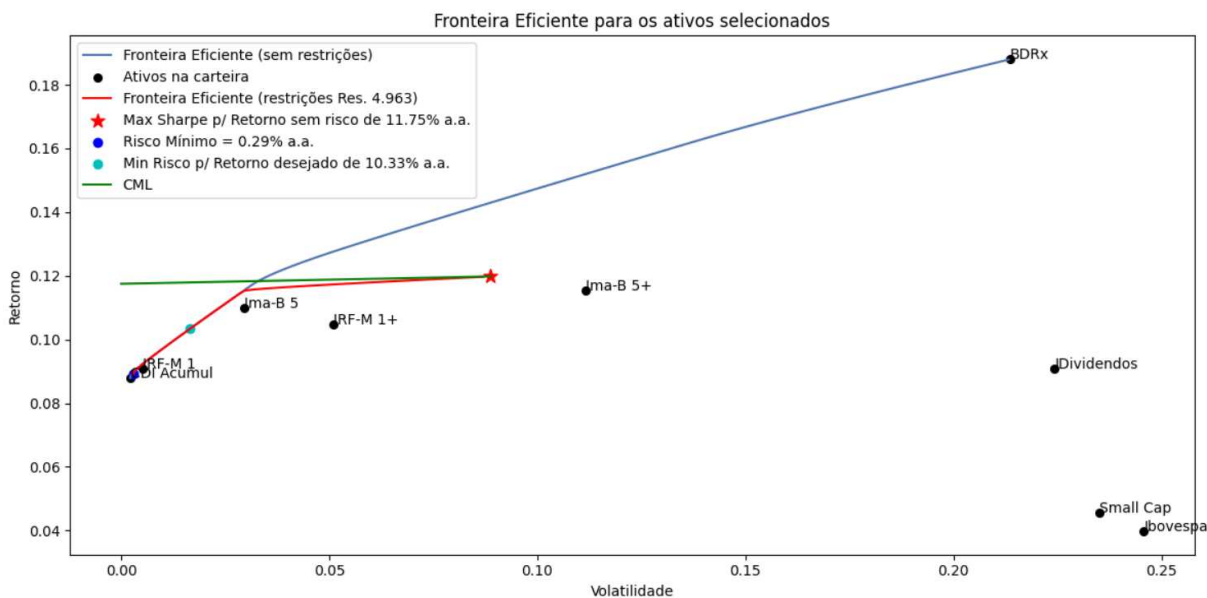


Figura 11 - Plotagem da Fronteira Eficiente com exibição dos ativos e da CML

Fonte: Elaborado pelo autor

A última etapa do estudo consistiu na simulação de duas carteiras teóricas, compostas pelos ativos escolhidos, nos pesos calculados na etapa anterior, utilizando a técnica de *backtesting*¹⁰. Nesta técnica, muito utilizada por analistas quantitativos, são definidas estratégias que simulam as operações que seriam realizadas pelos gestores, atendendo a regras pré-definidas, para se observar os resultados ao longo do tempo, ou seja, demonstra como a carteira de ativos teria se comportado se o gestor tivesse adotado aquela determinada estratégia.

Nesse ponto foi adotada uma planilha automatizada, onde cada etapa do processo de *backtesting* pôde ser observada para se ter a noção mais realista possível do comportamento das carteiras simuladas ao longo do tempo. Para implementar a estratégia de rebalanceamento periódico, foram realizadas realocações mensais, e ajuste dos pesos anualmente. Por simplificação, foram adotadas como premissas a liquidez imediata de todos os ativos e a isenção de quaisquer taxas e custos operacionais.

Nesse processo, foram criadas duas carteiras teóricas, com base nas matrizes de pesos por ativo, geradas na etapa anterior. A carteira simulada 1 foi calculada com os pesos encontrados quando o objetivo era alcançar um retorno esperado, na fronteira eficiente, igual ao da meta atuarial do RPPS. Já a carteira simulada 2 foi formada usando os pesos da carteira de máximo Sharpe na otimização de Markowitz.

Os retornos diários das carteiras simuladas foram calculados a partir das variações dos ativos nas carteiras, ponderadas pelos seus respectivos pesos, e, finalmente, os retornos

¹⁰ *Backtesting* é uma técnica utilizada em finanças e análise quantitativa para testar a eficácia de uma estratégia de investimento ou modelo estatístico, utilizando dados históricos, com o objetivo de avaliar seu desempenho e validade.

acumulados foram levados para a análise final, onde os resultados das duas carteiras simuladas foram comparados ao resultado histórico da carteira real do RPPS.

O código em Python, elaborado pelo autor exclusivamente para a realização deste trabalho, está disponível para compartilhamento no endereço https://colab.research.google.com/drive/11uOdElxgX_IX5EPKLd1QPDU-W8pvPg4M?usp=sharing, caso o leitor esteja interessado em se aprofundar nas análises e propor novas contribuições.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O principal objetivo com esse trabalho é buscar algum modelo ou técnica que permita ao gestor definir, com menos subjetividade e menos interferência externa, uma estratégia de alocação de ativos que possua maior probabilidade de alcançar a meta de retorno necessária para manter o equilíbrio atuarial do plano de previdência, com o menor risco possível. Com esse foco, observando as características do modelo proposto por Markowitz (1952), a carteira que parece fazer mais sentido é aquela situada em algum ponto da fronteira eficiente, cujos retornos esperados de cada ativo, ponderados pelos pesos calculados, reflitam um retorno alvo, passado como parâmetro de entrada da função. Nesta situação, por ser uma carteira otimizada, o risco será o menor possível. A matriz de pesos apresentada na tabela 3 foi calculada a partir desse foco no retorno alvo, que representa a cada ano a meta atuarial definida pelo RPPS, calculada como uma taxa de juros fixa de 5% ao ano, acrescida da projeção de inflação para o ano seguinte, de acordo com o relatório Focus divulgado próximo ao período de elaboração das políticas anuais de investimentos.

Pesos para otimização com retorno alvo definido pela meta atuarial									
Ano	CDI Acumul	IRF-M 1	IMA-B 5	IRF-M 1+	IMA-B 5+	Ibovespa	IDividendos	Small Caps	BDRx
2011	27,10%	63,70%	5,10%	0,00%	3,60%	0,00%	0,00%	0,50%	0,00%
2012	60,00%	37,50%	2,20%	0,00%	0,20%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%
2013	35,00%	52,80%	11,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%
2014	10,00%	23,80%	62,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,10%
2015	10,00%	5,80%	77,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,40%
2016	12,70%	28,30%	52,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,10%
2017	60,00%	39,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%
2018	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2019	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2020	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2021	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2022	10,00%	52,90%	32,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,80%
2023	10,00%	42,20%	43,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,70%

Tabela 3 - Matriz de pesos anuais para as carteiras com retorno alvo definido

Fonte: Elaborado pelo autor

Visando obter uma outra opção de carteira para enriquecer o processo de análise e oferecer mais uma base de comparação dos resultados, a função de otimização foi executada novamente, a cada ano, alterando a função para calcular os pesos das carteiras de maior índice de Sharpe, utilizando como referência para o retorno esperado do ativo livre de risco a taxa SELIC projetada para o final do ano seguinte, extraída do mesmo relatório Focus, conforme resultado apresentado na tabela 4.

Pesos para otimização com máximo índice de Sharpe									
Ano	CDI Acumul	IRF-M 1	IMA-B 5	IRF-M 1+	IMA-B 5+	Ibovespa	IDividendos	Small Caps	BDRx
2011	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	83,60%	0,00%	0,00%	6,40%	0,00%
2012	60,00%	39,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%
2013	60,00%	39,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%
2014	10,00%	0,00%	80,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,90%
2015	10,00%	0,00%	49,70%	0,00%	30,30%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%
2016	10,00%	0,00%	80,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%
2017	10,00%	0,00%	82,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,80%
2018	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2019	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2020	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2021	60,00%	39,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%
2022	10,00%	0,00%	80,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%
2023	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	80,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,00%

Tabela 4 - Matriz de pesos anuais para as carteiras com máximo índice de Sharpe

Fonte: Elaborado pelo autor

Numa primeira análise das matrizes de pesos apresentadas acima, já é possível observar uma característica marcante do modelo proposto por Markowitz. Grande parte dos pesos assumiu valor nulo, enquanto alguns ativos receberam pesos muito elevados. Dependendo dos objetivos, ou menor risco ou maior retorno, certos pesos tendem a ser dominados por ativos de alto desempenho (altos retornos "esperados" com volatilidade relativamente aceitável, ou volatilidades muito baixas), enquanto alguns ou vários pesos tendem a ser zero. Esta pode ser uma das fraquezas da abordagem de otimização utilizada, que instintivamente pode induzir o investidor a acreditar que a diversificação não é tão boa quanto se imaginava ou que a carteira não ficou tão diversificada quanto o desejado. Por isso, é importante compreender bem os motivos que levam a esses resultados e saber interpretá-los corretamente.

Voltando o olhar para a matriz de correlação dos ativos, considerando que os índices escolhidos representam a ampla maioria dos segmentos disponíveis no mercado brasileiro, já se percebe que o único com alguma correlação negativa com os demais é o índice que representa o mercado estrangeiro, BDRx. Encontrar ativos descorrelacionados não é uma tarefa fácil no Brasil. Vale ressaltar, entretanto, que não foi objeto deste estudo buscar ativos específicos ou avaliar a qualidade individual de cada ativo da carteira. A escolha cuidadosa dos ativos visando

montar uma matriz de correlação mais fraca certamente ajudaria no resultado da diversificação.

Outro ponto muito relevante, que não representa uma falha no modelo de Markowitz, mas é uma limitação comum nos algoritmos computacionais utilizados nos cálculos, é a forma de se obter o retorno esperado para cada ativo. Quando se trabalha com ativos únicos, como ações de empresas, onde é possível realizar uma análise fundamentalista, projetar fluxos de caixa, ou mesmo, avaliar seu custo em relação ao risco sistemático, de acordo com sua atividade ou setor da economia onde opera, o cálculo do retorno esperado pode ser mais preciso.

Neste estudo, em especial, onde se usou índices de mercado, que representam uma gama de ativos individuais, cada qual com sua própria expectativa de retorno e seu risco associado, o modelo adotado para projetar o retorno esperado foi o mais comumente utilizado em análises quantitativas, calculando a média anual dos retornos históricos dos ativos. Todo investidor deve saber que resultados passados não garantem retornos futuros, porém, quase sempre, os cálculos realizados para obtenção dos retornos esperados e da volatilidade dos ativos são baseados nos históricos de cotações desses ativos e, mesmo sabendo que os retornos futuros podem ser bem diferentes dos esperados, esse ainda é um método válido, desde que se conheça suas limitações. Uma forma de redução do erro é o aumento do prazo de análise, que não garante resultados sem erros, mas ameniza as distorções sazonais. Essa técnica é válida principalmente porque em grande parte do tempo o comportamento geral de cada ativo segue uma determinada tendência, variando dentro de uma margem definida pela volatilidade. A diversificação é importante justamente pela impossibilidade de se prever as mudanças de tendências, que provocam distorções nas projeções de retorno.

Uma análise mais detalhada dos dados de entrada utilizados na função de otimização revela dois pontos de destaque ao examinar cuidadosamente a plotagem dos ativos no gráfico de dispersão “risco x retorno”. Notavelmente, os ativos associados ao mercado de ações brasileiro demonstraram históricos de retornos anuais médios (retorno esperado) consideravelmente baixos em comparação com ativos menos voláteis, resultando em uma clara separação da fronteira eficiente. Esse padrão persistente foi observado ao longo da pesquisa, fornecendo uma explicação para os pesos recorrentemente nulos atribuídos a esses ativos.

O índice BDRx apresentou os maiores retornos em boa parte dos períodos, mas sempre com elevada volatilidade. Dessa forma, nos momentos em que a projeção da SELIC ficava próxima à meta atuarial, não havia motivos para assumir muito risco e seu peso era baixo, e nos momentos em que a busca pelo retorno exigia um risco maior, sobretudo quando utilizada a estratégia de máximo Sharpe, seu peso foi maior, chegando no limite fixado pela norma, de 10%. Entre os índices associados aos títulos públicos, a percepção gráfica é de que o risco

aumenta de forma desproporcional ao retorno, e por isso, parece fazer sentido que aqueles menos voláteis, como o IRF-M1 e IMA-B5¹¹, tenham recebido pesos maiores.

A baixa diversificação observada nas matrizes de pesos, portanto, pode ser justificada pelo método de cálculo dos retornos esperados, baseado nos retornos passados, pelo alto correlacionamento entre os ativos brasileiros, tanto os de renda fixa quanto os de renda variável, e também, pelas altas taxas de juros praticadas no Brasil, incentivando o investidor a correr menos risco. Conhecendo as causas dessa concentração de pesos em poucos ativos, o gestor pode buscar, em seu cotidiano, formas mais precisas de estimar os retornos esperados (futuros) e escolher ativos mais descorrelacionados com os índices de mercado, dando ênfase, por exemplo, à escolha de bons gestores de fundos de investimentos ativos.

O gráfico da Figura 12 exibe a comparação dos retornos acumulados na carteira real do IPAJM e nas duas carteiras simuladas. A primeira observação óbvia é que as carteiras simuladas, com base na alocação otimizadas dos ativos por meio da Teoria do Portfólio, apresentaram volatilidades bem menores que a carteira real. Entretanto, durante quase todo o período analisado, a carteira real obteve retorno maior, sendo que a carteira de máximo Sharpe se aproximou da carteira real apenas no final de 2023, ainda sem conseguir superá-la.

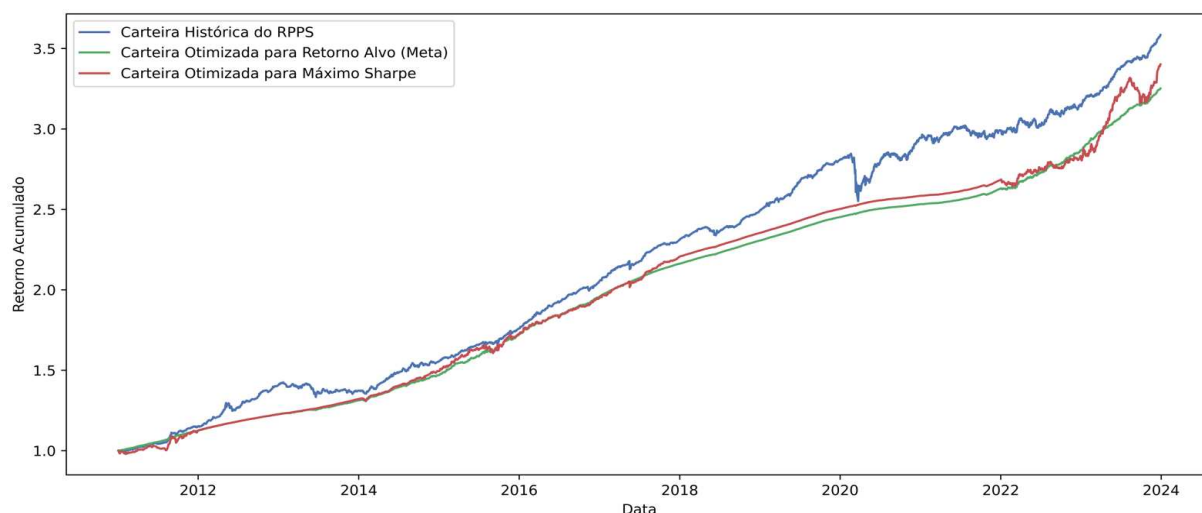


Figura 12 - Gráfico comparativo de retorno acumulado

Fonte: Elaborado pelo autor

Dois momentos que chamam a atenção observando o gráfico acima. O primeiro ocorreu em 2020, período pandêmico, em que a carteira do RPPS sofreu uma forte queda, seguida de uma boa recuperação, enquanto as carteiras simuladas passaram ilesas por esse período. O relatório Focus que embasou as alocações daquela época mostra a taxa SELIC e a projeção de

¹¹ Quanto mais próximos os vencimentos dos títulos da carteira do índice, menor será sua volatilidade, já que os preços são calculados em função da taxa de desconto até o vencimento. Assim, o IRF-M1 é o índice de menor risco e o IMA-B5+ é o mais volátil.

inflação muito baixas, indicando para o modelo que o risco tem um custo alto, e como resultado, os pesos das carteiras otimizadas se concentraram, quase na totalidade, em ativos de baixo risco. O gestor do RPPS, por outro lado, observando as expectativas do cenário econômico traçado, onde historicamente a renda variável é alavancada quando o prêmio da renda fixa é mais baixo, optou por uma exposição maior ao risco e sofreu com a mudança drástica do mercado. É evidente que tal situação era imprevisível à época, mas é importante que o leitor reflita sobre esse comportamento.

Uma situação oposta ocorreu no ano de 2023, onde quem mais sofreu com a oscilação do mercado foi a carteira simulada para máximo índice de Sharpe. Isso ocorreu porque a projeção do Focus indicava uma taxa SELIC bem mais alta, tornando o risco mais atrativo para o modelo, que gerou uma otimização com os pesos concentrados nos ativos de maior risco, chegando no limite máximo de 10% para o índice de empresas estrangeiras (BDRx), e no limite mínimo de 10% para a renda fixa de menor risco (CDI), com o restante alocado no índice de títulos públicos mais longos, de maior risco (IMA-B5+).

Estendendo a análise a um conjunto maior de índices de mercado, utilizando novamente a linguagem Python, dessa vez com a biblioteca Pyfolio, os resultados comparativos foram consolidados na tabela 5, com as estatísticas das carteiras analisadas. Embora as carteiras simuladas a partir da otimização de portfólio tenham alcançado menores retornos, suas volatilidades foram menores, sendo, portanto, adequadas ao perfil de aversão ao risco típico dos RPPS, e seus índices de Sharpe maiores também indicam melhor custo benefício para estas carteiras, demonstrando a viabilidade da técnica adotada.

Resultados estatísticos	Carteira Histórica RPPS (real)	Carteira 1: Otimização para Retorno Desejado	Carteira 2: Otimização para Máximo Sharpe
Retorno Anual	10,50%	9,70%	10,10%
Retorno Total	258,50%	225,20%	240,20%
Volatilidade Anual	3,80%	1,10%	2,80%
Índice de Sharpe	2,67	8,48	3,40

Tabela 5 - Comparativo estatístico entre as carteiras analisadas

Fonte: Elaborado pelo autor

E para concluir essa análise, foram planilhados os resultados calculados, ano a ano, comparando os retornos esperados com os realizados/simulados, tanto os para os ativos quanto para as carteiras otimizadas, como mostrado nas Figura 13 e 15. Assim se verificou que mesmo com um histórico de 13 anos de cotações não foi possível ser muito assertivo na projeção dos retornos esperados, gerando um conseqüente erro nas projeções de resultados das carteiras otimizadas.

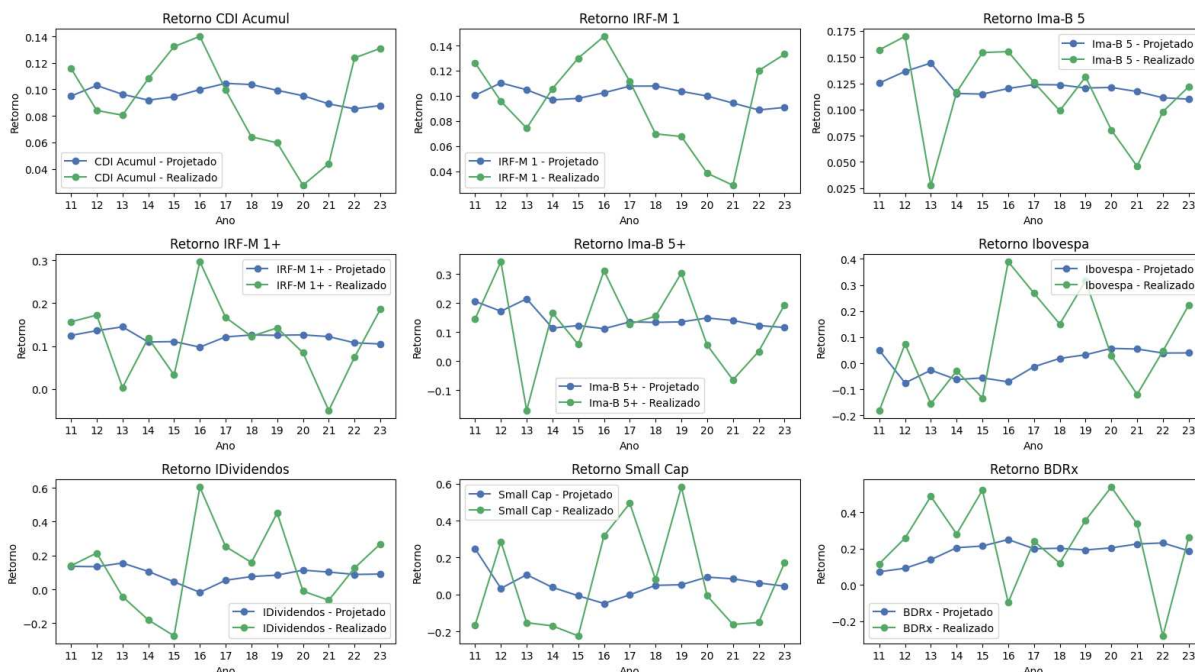


Figura 13 - Comparativo Retorno dos Ativos - Esperado (calculado) x Realizado

Fonte: Elaborado pelo autor

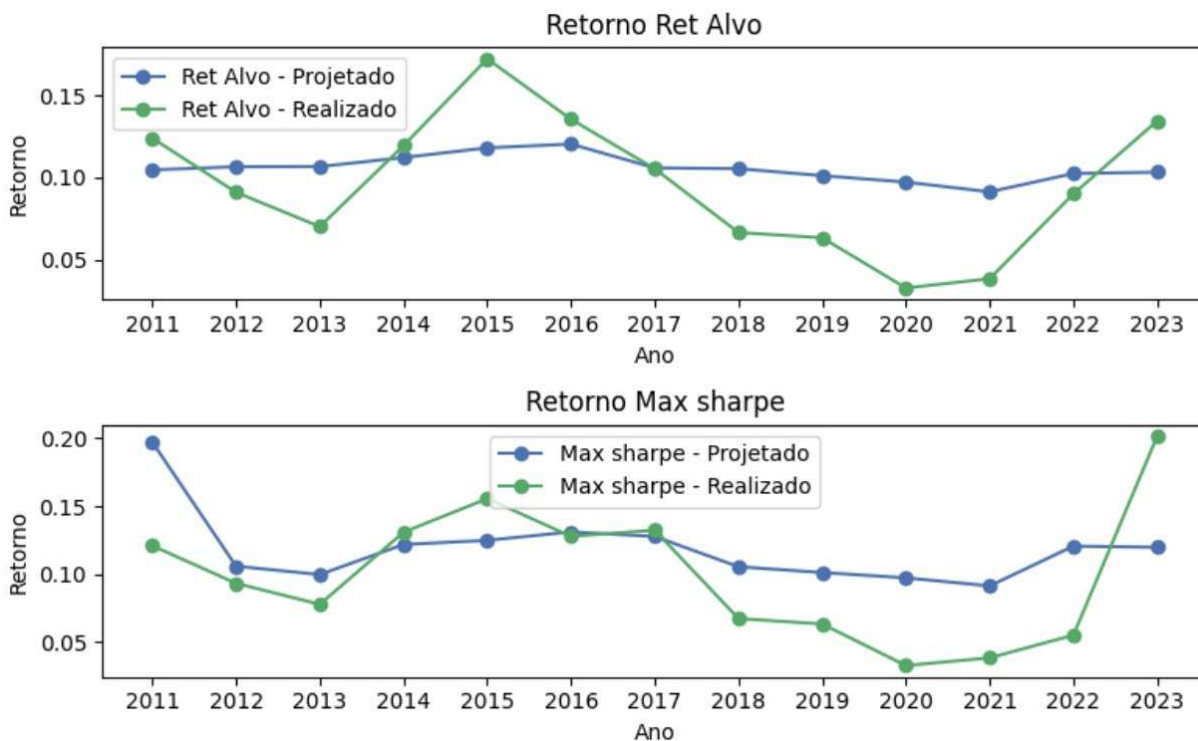


Figura 14 - Comparativo Retorno das Carteiras - Esperado x Simulado

Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos a partir deste estudo demonstram que, embora o conhecimento, a experiência e a dedicação dos gestores das carteiras de investimentos dos RPPSs não possa ser negligenciado, é possível definir um conjunto de procedimentos objetivos, com o auxílio de

algumas ferramentas computacionais, capaz facilitar, padronizar e respaldar as decisões destes gestores, gerando resultados satisfatórios, mesmo em cenários desfavoráveis, como visto.

Certas restrições e simplificações foram adotadas propositalmente para que o modelo proposto seja genérico sirva de base para a elaboração de processos mais adequados à realidade de cada gestor. Conhecendo os conceitos relacionados à Teoria do Portfólio, seja por meio de desenvolvimento próprio, de contratação de consultorias ou sistemas específicos, o gestor poderá aplicar os resultados da otimização proposta pelo modelo de forma mais consciente e ponderada.

Concluindo, para a utilização deste modelo, o gestor poderia, em tese, a partir dos dados encontrados, seguir os seguintes passos:

Ao iniciar a elaboração de sua política de investimentos, geralmente no final de cada ano, sugere-se que a equipe envolvida colete as variáveis de mercado mais relevantes, que podem ser obtidas por meio do relatório Focus ou demais relatórios de mercado. Um estudo de cenário pode complementar este processo e ajustes nos indicadores podem ser realizados;

Em seguida, é preciso definir os ativos que representarão as classes e segmentos que servirão de parâmetro para a alocação nos ativos que o RPPS escolher. Estes serão os ativos utilizados no modelo de otimização, e por isso é preciso que se tenha um bom histórico de cotações destes ativos. De acordo com a realidade do RPPS, estes ativos podem ser índices de mercado, como os apresentados neste estudo, mas podem também ser fundos de investimentos conhecidos pelo gestor (apenas um de cada categoria).

Neste ponto, a ferramenta ou a consultoria deve fornecer ao gestor, uma expectativa de retorno esperado para cada ativo, a ser atingida no ano seguinte. É muito importante que estas expectativas de retorno sejam confrontadas com o cenário econômico projetado, permitindo ajustes pontuais.

Após rodar o modelo de otimização, sugere-se, a partir dos resultados apresentados aqui, que se busque obter os pesos das carteiras cujo retorno esperado se aproxime da meta de rentabilidade adotada pelo RPPS, pois foi, nesse estudo de caso, o que apresentou melhor relação de custo x benefício, medido pelo índice de Sharpe.

Com a proposta de alocação em mãos, na qual os percentuais para cada classe ou segmento de ativos são definidos (pesos), o próximo passo envolve a ponderação com a equipe e a inclusão na política de investimentos em elaboração. Isso não se refere apenas aos limites de alocação, mas principalmente à estratégia de rebalanceamento que será adotada ao longo do próximo ano, levando em conta as margens de flexibilização que não podem ser ultrapassadas.

Já na execução da política definida e aprovada, o gestor deverá adotar métodos objetivos, que fogem ao escopo deste trabalho, para escolha dos ativos finais, fundos de investimentos, títulos públicos ou privados, enquadrados à norma vigente, que farão parte da carteira do RPPS, naquelas proporções previamente estabelecidas.

Por fim, a manutenção da carteira de investimentos deve seguir a regra acordada na política, de modo a realizar os rebalanceamentos necessários.

Com esta proposta, elaborada após uma cuidadosa análise dos resultados obtidos aqui, o autor acredita ter cumprido o objetivo de apresentar um modelo de alocação de ativos adequado aos RPPSs que buscam segurança, objetividade e transparência em seus processos de investimentos, aliado à expectativa de resultados que possam garantir, no longo prazo, a sustentabilidade dos planos de previdência sob gestão.

A partir das experiências relatadas neste trabalho, estudos futuros podem avaliar outras estratégias de rebalanceamento das carteiras otimizadas, experimentar diferentes métodos de projeção dos retornos esperados de cada ativo, ou ainda, utilizar médias móveis ou períodos distintos para se calcular os retornos médios históricos, dentre outras possibilidades, a fim de alcançar resultados que contribuam com a literatura.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 2 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Secretaria de Regime Próprio e Complementar. **Regimes Próprios de Previdência Social - Consolidação da Legislação Federal**. Brasília, DF: MPS/SRPC, 2023.

BRASIL. Ministério da Previdência e Assistência Social. Secretaria de Previdência Social. **Coleção Previdência Social**. v. 07, 2ª ed., Série Estudos, 128 p, 2001.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Moderna teoria de portfólio: é possível captar na prática os benefícios decorrentes de sua utilização?**. Resenha BM&F, São Paulo, n. 128, p. 19-34, 1998.

DAMASCENO, A. T.; CARVALHO, J. V. F. **Avaliação dos novos limites de investimentos de ativos dos regimes próprios de previdência social estabelecidos pela resolução CMN 3.922/2010**. Revista Brasileira de Gestão de Negócios, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 728-743, 2021.

GOMES, P. F. S; SILVA, J. E.; HONORATO, G. H. S. **Emenda Constitucional 103/2019: Principais mudanças e impactos na vida dos aposentados do RGPS**. 2022.

GUSHIKEN, L.; FERRARI, A. T.; FREITAS, W. J.; et al. **Regime próprio de previdência dos servidores: como implementar? Uma visão prática e teórica**. Brasília: MPAS, Coleção Previdência Social, Série Estudos; v. 17, 357 p., 2002.

IPAJM - Instituto de Previdência dos Servidores do Estado do Espírito Santo. **História**. Disponível em: <https://ipajm.es.gov.br/historia>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**. The Journal of Finance. v. 07, nº 01, 77-91, mar. 1952.

MARTIN, R. A. **PyPortfolioOpt: portfolio optimization in Python**. Journal of Open Source Software, 2021.

MIGALHAS. **Reforma: Previdência social já sofreu seis alterações desde a Constituição de 88**. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/quentes/290850/previdencia-social-ja-sofreu-seis-alteracoes-desde-a-constituicao-de-88>. Acesso em: 02 out. 2023.

Painel Estatístico da Previdência. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/estatisticas-da-previdencia/painel-estatistico-da-previdencia>. Acesso em: 03/10/2023.

PORTARIAS. Ministério da Previdência Social. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/rpps/legislacao-dos-rpps/portarias>. Acesso em: 03 out. 2023.

RABELO, F. M. **Regimes Próprios de Previdência: Modelo Organizacional, Legal e de Gestão de Investimentos**. Brasília: MPAS, Coleção Previdência Social, Série Estudos; v. 11, 168 p., 2001.

REICHERT, E. A.; REIS, R. R. G.; GOMES, A. L. **Aplicação da Teoria da Carteira de Markowitz e seu comportamento em relação à meta atuarial de um RPPS**. Regimes próprios - Aspectos relevantes. São Bernardo do Campo: Gráfica Senador, 2018.

REILLY, F. K., BROWN, K. C. **Investment Analysis and Portfolio Management**. Editora Cengage Learning. 10 ed. 1080 p. 2011.

RESOLUÇÕES. Ministério da Previdência Social. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/rpps/legislacao-dos-rpps/resolucoes>. Acesso em: 03 out. 2023.

SANTOS, M. **Breve histórico do Direito Previdenciário no Brasil**. JusBrasil, Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/breve-historico-do-direito-previdenciario-no-brasil/860034419>. Acesso em: 02 out. 2023.

SHARPE, W. F. **Capital Asset Prices: A Theory Market Equilibrium under Conditions of Risk**. The Journal of Finance, v. 19, n. 3, set. 1964.

SILVA, L. L.; COSTA, T. M. T. **A Formação do Sistema Previdenciário Brasileiro: 90 anos de História**. Administração Pública e Gestão Social, v. 1, n. 3, p. 159-173, 2016.

TRINTINALIA, C.; SERRA, R. G. **Otimização de uma carteira de fundos de investimento disponíveis à aplicação de recursos dos Regimes Próprios de Previdência Social (RPPS), conforme a legislação aplicável**. Revista Ambiente Contábil - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, v. 9, n. 2, p. 277–295, 2017.