

## // 1. Introdução

A análise ALM (Assets Liability Management) é um instrumento de avaliação financeira que auxilia gestores de fundos de pensão e Regimes Próprios da Previdência Social na definição de estratégias de investimento de longo prazo baseando-se em uma formulação computacional estocástica formulada sob a ótica da programação estocástica em multiestágios. Na formulação do ALM como prevista neste relatório é possível identificar sugestões de alocações ótimas a serem aplicadas nas classes de investimentos de Renda Fixa (CDI, IMA-B e títulos do Tesouro IPCA até 2045 (antiga NTN-B 2045) com marcação na curva de juros) e Renda Variável (IBOVESPA, S&P500 e MSCI), as quais são as mais relevantes no aspecto do RPPS Macaíba.

A alocação ótima dos investimentos é determinada pela minimização da alíquota de contribuição esperada ao longo da janela de análise. Na modelagem, são considerados os fluxos de ativos e passivos esperados do fundo, bem como as restrições legais de alocação de recursos, conforme normas previstas em lei.

Na solução do problema de otimização adota-se uma estratégia estocástica em múltiplos estágios e baseada em uma árvore de cenários. A análise permite, assim, a obtenção de solução ao longo de um ciclo de 9 anos à frente, compreendendo um universo de 19.683 possibilidades num estado futuro projetado para a economia e considerando um período anual indo do final de 2023 ao final de 2032. A seguir, são elencadas premissas consideradas na definição dos valores dos parâmetros e dos cenários utilizados pelo modelo:

- **Premissa 1:** A rentabilidade em investimentos de renda fixa será aproximada pelos retornos reais (subtraindo-se a inflação) do Certificado de Depósito Interbancário (CDI), do índice IMA-B e do título do Tesouro IPCA até 2045 com marcação na curva (antiga NTN-B 2045);
- **Premissa 2:** A rentabilidade em investimentos de renda variável será aproximada pelos retornos reais do índice Bovespa e de dos índices internacionais S&P500 (representando o mercado de ações americano) e MSCI (representando uma referência global dos mercados).
- **Premissa 3:** Considerando séries anuais de retornos para cada um dos índices listados (CDI, IMA-B, lesouro IPCA 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI), obtidas para o período de 2000 a 2023, o programa estima três referências medianas nas regiões delimitadas pelos 1º, 2º e 3º quartis das distribuições empíricas das séries de retornos reais das classes de investimentos consideradas. Essas regiões são consideradas, respectivamente, como cenários com “CDI em alta”, “CDI na média” e “CDI em baixa”, com respectivas probabilidades de ocorrência definidas em 25%, 50% e 25%. A árvore de cenários contempla 19.683( $3^9$ ) nós finais.

## // 2. As restrições do modelo

A modelagem ALM proposta considera as seguintes equações:

- 1. **Equação de saldo de caixa:** Em um dado período, o valor arrecadado pelas contribuições previdenciárias, acrescido de montantes referentes aos parcelamentos e compensações, é utilizado para pagamento de benefícios previdenciários e alocação financeira nas classes de investimentos CDI, IMA-B, Tesouro IPCA até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI, conforme política de investimentos do RPPS Macaíba.
- 2. **Equações de estoque financeiro de ativos de cada classe:** Em um dado período, os valores alocados nas classes de investimentos (CDI, IMA-B, Tesouro IPCA até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI) equivalem àqueles alocados até o período anterior (atualizados pelos retornos cumulativos) e pelas compras e vendas realizadas entre as classes de investimento.
- 3. **Equação do ativo agregado:** O valor agregado dos investimentos é atualizado de acordo com as rentabilidades auferidas período a período e sobre cada um dos cenários, considerando as probabilidades de ocorrência em cada cenário (baixa, média e alta).
- 4. **Equação de ajuste para déficit:** avalia o déficit baseando-se no valor de mínimo de 1,5 para a razão de garantia corrigida (caso haja déficit) período a período.
- 5. **Equações de intervalo de variação para alíquota de contribuição:** essas equações permitem que a gestão do fundo defina restrições de política para uma alíquota de contribuição média, especificando limites inferior e superior e um parâmetro de incremento/redução sob os cenários.
- 6. **Equações para política de investimentos:** definem a política de investimento do fundo para para o mix de ativos.

## // 3. Definição do Salário agregado e obrigações do fundo

A análise ALM realizada para o RPPS Macaíba considera o período de Dezembro de 2023 a Dezembro de 2032, para o qual são projetadas as séries (anuais) representativas dos fluxos financeiros de salários, arrecadação sobre os salários, outras fontes de receita (parcelamentos, amortizações e compensação financeira)<sup>1</sup>, receita total e fluxo de caixa descontado para as despesas previdenciárias<sup>2</sup>. Os dados são baseados na avaliação atuarial do RPPS Macaíba e são mostrados na Tabela 1. As séries de valores atualizados foram obtidas utilizando-se as projeções atuariais do RPPS Macaíba refletidas para o período de 2024 a 2133.

**Tabela 1:** Descrição do salário agregado, arrecadação sobre os salários, outras receitas, receita total e fluxo de caixa descontado para as despesas previdenciárias do fundo Macaíba entre Dezembro de 2024 e Dezembro de 2032 (valores em milhões de reais).

Ano	Salário Agregado <sup>3</sup>	Arrecadação sobre salários	Outras receitas	Receita total	Valor presente do fluxo de Despesas Previdenciárias
2024 <sup>4</sup>	R\$112,991	R\$15,253	R\$17,050	R\$32,303	R\$776,694

Ano	Salário Agregado <sup>3</sup>	Arrecadação sobre salários	Outras receitas	Receita total	Valor presente do fluxo de Despesas Previdenciárias
2025	R\$110,170	R\$14,873	R\$17,672	R\$32,545	R\$778,737
2026	R\$106,676	R\$14,401	R\$18,967	R\$33,368	R\$779,228
2027	R\$103,093	R\$13,917	R\$25,075	R\$38,993	R\$777,849
2028	R\$98,713	R\$13,326	R\$26,379	R\$39,705	R\$774,581
2029	R\$96,195	R\$12,986	R\$27,646	R\$40,632	R\$769,985
2030	R\$90,652	R\$12,238	R\$28,983	R\$41,222	R\$762,756
2031	R\$86,569	R\$11,686	R\$30,264	R\$41,951	R\$753,755
2032	R\$81,576	R\$11,012	R\$31,551	R\$42,564	R\$742,798

## // 4. Política de investimentos

A política de investimentos considerada na modelagem é descrita na Tabela 2 a seguir:

**Tabela 2:** : Descrição da política de investimentos atual do fundo Macaíba.

Classe de investimento	Limite inferior	Limite superior
CDI	0%	60%
IMA-B	0%	100%
Tesouro IPCA até 2045	0%	100%
IBOVESPA	0%	30%
S&P500	0%	5%
MSCI	0%	5%

## // 5. Apontamentos de Alta e Baixa

A definição dos apontamentos das classes é feita considerando situações extremas e relativamente ao CDI. Nesse sentido, apontam-se as classes de investimentos em Alta ou Baixa, conforme o CDI presente cenário de alta ou baixa. A Tabela 3 ilustra as combinações de apontamentos (Alta/Baixa) das classes utilizados como referência na presente análise.

**Tabela 3:** Descrição dos cenários e apontamentos extremos para os índices considerados em análise.

Índice	CDI em alta	CDI em baixa
IPCA	Alta	Baixa
IMA-B	Baixa	Alta
Tesouro IPCA até 2045	Alta	Baixa
IBOVESPA	Baixa	Alta
S&P500	Baixa	Alta
MSCI	Baixa	Alta

## // 6. Outros parâmetros e entradas do modelo

- Razão de garantia (corrigida de déficit) mínima: 1,5
- Parâmetro de aversão ao risco<sup>5</sup>: 10
- Alíquota de arrecadação previdenciária sobre os salários dos servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos: 14%
- Alíquota de arrecadação patronal: 13%
- Outros aspectos sobre as contribuições previdenciárias: No modelo alíquota, a taxa de contribuição inicial é fixada no valor médio entre as alíquotas dos empregados (14%) e patronal (13%), resultando na taxa média de 13,5%, a qual é aplicada sobre a arrecadação agregada entre servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos, bem como sobre as respectivas contribuições de entidade.

## // 7. Alocação inicial dos investimentos (considerando fechamento em Dezembro de 2023)

- Renda Fixa CDI: R\$55.287.604,98
- Renda Fixa IMA-B: R\$ 24.401.592,68
- Renda Fixa Tesouro IPCA até 2045: R\$0,00
- Renda Variável IBOVESPA: R\$8.279.672,71
- Internacional S&P500: R\$0,00
- Internacional MSCI: R\$3.840.805,17
- Saldo em conta corrente: R\$3.641.535,14

- Total: R\$ 95.451.210,68

## // 8. Referências centrais de retornos reais para dados históricos

A Tabela 4 mostra as referências centrais (valores medianos) nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100% da distribuição empírica dos retornos reais (corrigidos pelo IPCA) dos índices, quando consideramos o período de análise de 2000 a 2023.<sup>6</sup> As rentabilidades reais são consideradas como referências de retornos face aos cenários de baixa, média e alta para cada índice (CDI, IMAB, IBOVESPA, S&P500 e MSCI) e tendo como base a hipótese de CDI em alta, média ou baixa.<sup>7</sup> Para a classe de investimentos Tesouro IPCA até 2045, são consideradas as taxas de retorno reais em investimentos projetados para marcação na curva

**Tabela 4:** Referências centrais de retornos reais (anuais) por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100%. Séries anuais históricas consideradas a partir de 2000 e até 2023.

Classe/Cenário	CDI em alta	CDI mediano	CDI em baixa
CDI	8,48%	6,19%	2,20%
IMAB	-1,64%	7,19%	13,00%
Tesouro IPCA até 2045	7,39%	5,96%	4,00%
IBOVESPA	-25,93%	0,14%	50,30%
S&P500	-21,38%	3,92%	37,10%
MSCI	-20,96%	1,83%	38,20%

A Tabela 5 mostra as referências centrais de retornos reais<sup>8</sup> por classe de investimentos auferidas em cada um dos apontamentos feitos para o CDI (alta ou baixa), conforme descritos na Tabela 3.

**Tabela 5:** Referências centrais de retornos reais (anuais) por classe de investimento considerando os valores medianos nas regiões quartílicas 0% – 25%, 25% – 75% e 75% – 100% e para cenários econômicos extremos. Séries anuais históricas consideradas a partir de 2000 a 2021.

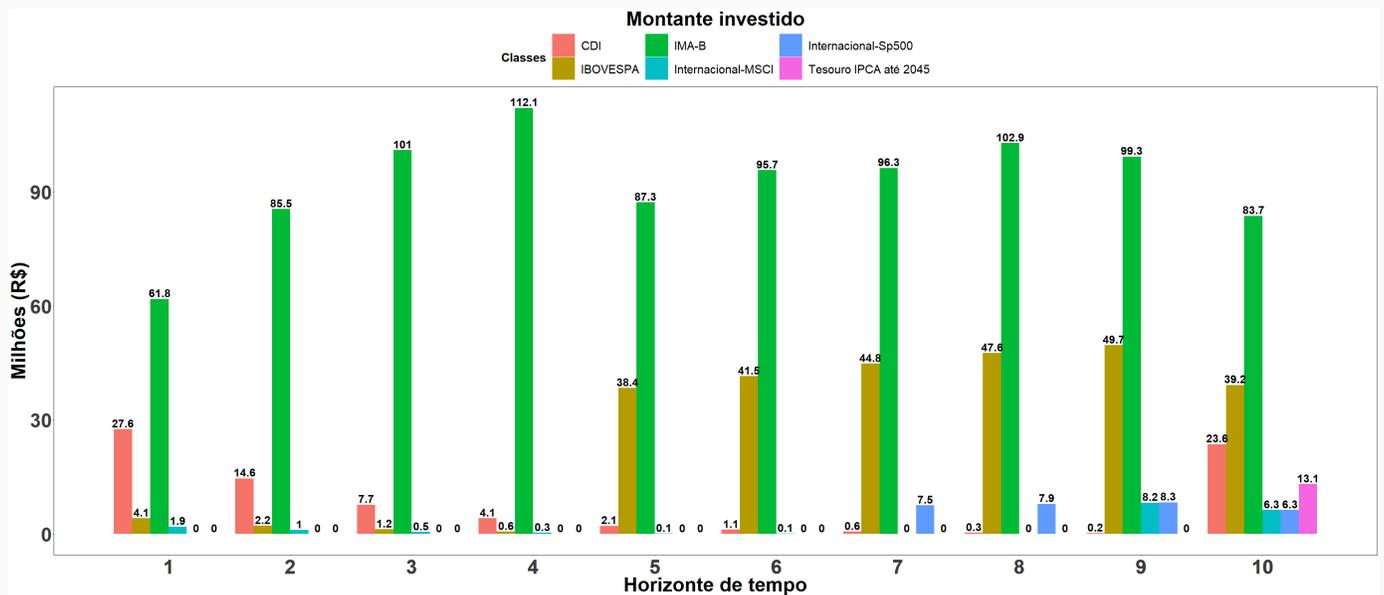
Classe	CDI em alta	CDI em baixa
CDI	8,48%	2,20%
IMA-B	-1,64%	13,00%
Tesouro IPCA até 2045	7,39%	4,00%
IBOVESPA	-25,93%	50,30%
S&P500	-21,38%	37,10%

Classe	CDI em alta	CDI em baixa
MSCI	-20,96%	38,20%

## // 9. Análise de resultados

### 9.1 Alocação ótima, saldos de compra e venda

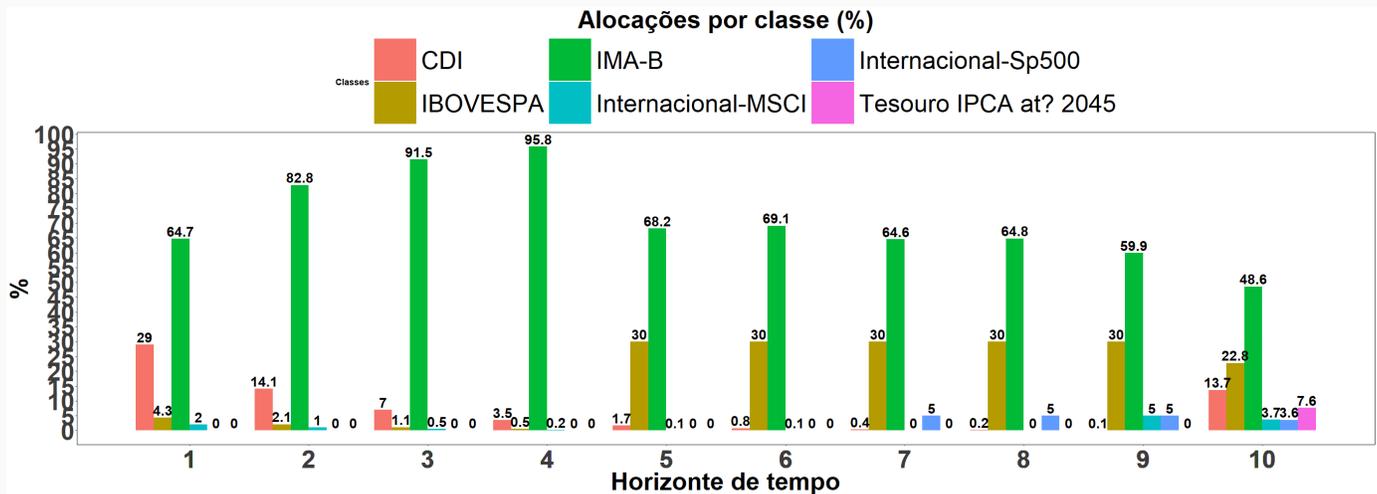
A Figura 1 contém os resultados para as sugestões de alocações ótimas obtidas pelo modelo ALM e considerando dados reais do RPPS Macaíba, conforme descritos nas Seções 1 a 8. Os valores são mostrados em milhões de reais para cada classe de investimento (CDI, IMA-B, Tesouro NTN B até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI). Como pode-se observar, o modelo sugere crescimento de posição, incluindo a rentabilidade entre os períodos, na classes IMA-B (de mínimo em 61,8 para máximo em 112,1 milhões em 2026), observando-se níveis de aplicação sugeridos nessa classe superiores a 83 milhões entre 2024 e 2032 (horizontes de tempo 2 a 10, respectivamente). As aplicações na classe CDI ocorrem de forma decrescente nos nove primeiros períodos (27,6 milhões no início de 2024 e cerca de 0,2 milhão em 2031) e com mais intensidade no último (cerca de 23,6 milhões em 2032). As alocações na classe IBOVESPA são superiores entre 2027 e 2031 ( $\approx 38,4 - 49,7$  milhões) e em 2032 ( $\approx 39,2$  milhões), apresentando tendência crescente entre 2027 e 2031. A classe Tesouro IPCA até 2045 recebe sugestões de alocação apenas em 2032 ( $\approx 13,1$  milhões). Para os ativos internacionais, projetam-se alocações no período de 2029 a 2032 (variando entre  $\approx 6,3 - 8,3$  milhões em cada uma das classes S&P500 e MSCI). Ante o exposto, e dada a composição do passivo do RPPS, configura-se como bom cenário para o RPPS Macaíba.



**Figura 1:** Alocações (em milhões de reais) sugeridas entre as classes de investimento de 2024 a 2032. Valores aproximados em uma casa decimal.

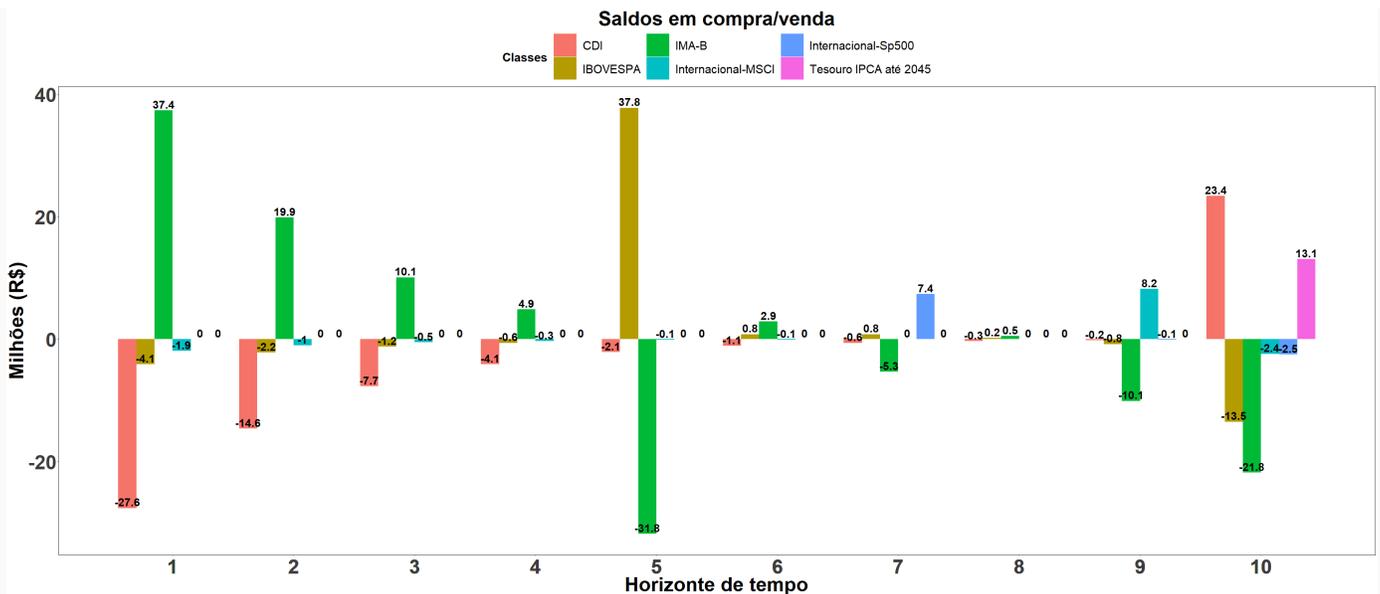
A Figura 2 mostra as referências de alocações ótimas (entre as classes de investimento) relativas às projeções de patrimônio para o RPPS Macaíba. De acordo com os resultados, em todo o período, o modelo sugere uma alocação mais concentrada na classe IMA-B ( $\approx 64,7\% - 95,8\%$  nos primeiros quatro períodos e  $\approx 48\% - 68,2\%$  nos cinco períodos finais). A classe IBOVESPA é sugerida para

uma alocação entre  $\approx 23 - 30\%$  a partir do quinto período. A classe CDI apresenta valores percentuais superiores em 2023, 2024 e no período final (2032). A classe Tesouro IPCA até 2045 recebe sugestão de alocação apenas em 2032 ( $\approx 7,6\%$ ). No lado internacional, a modelagem sugere alocações em cerca de  $3,6\% - 5\%$  para cada índice (MSCI e S&P500) entre o sétimo e último períodos.



**Figura 2:** Alocações relativas sugeridas entre as classes de investimento de 2024 a 2032. Valores aproximados em uma casa decimal.

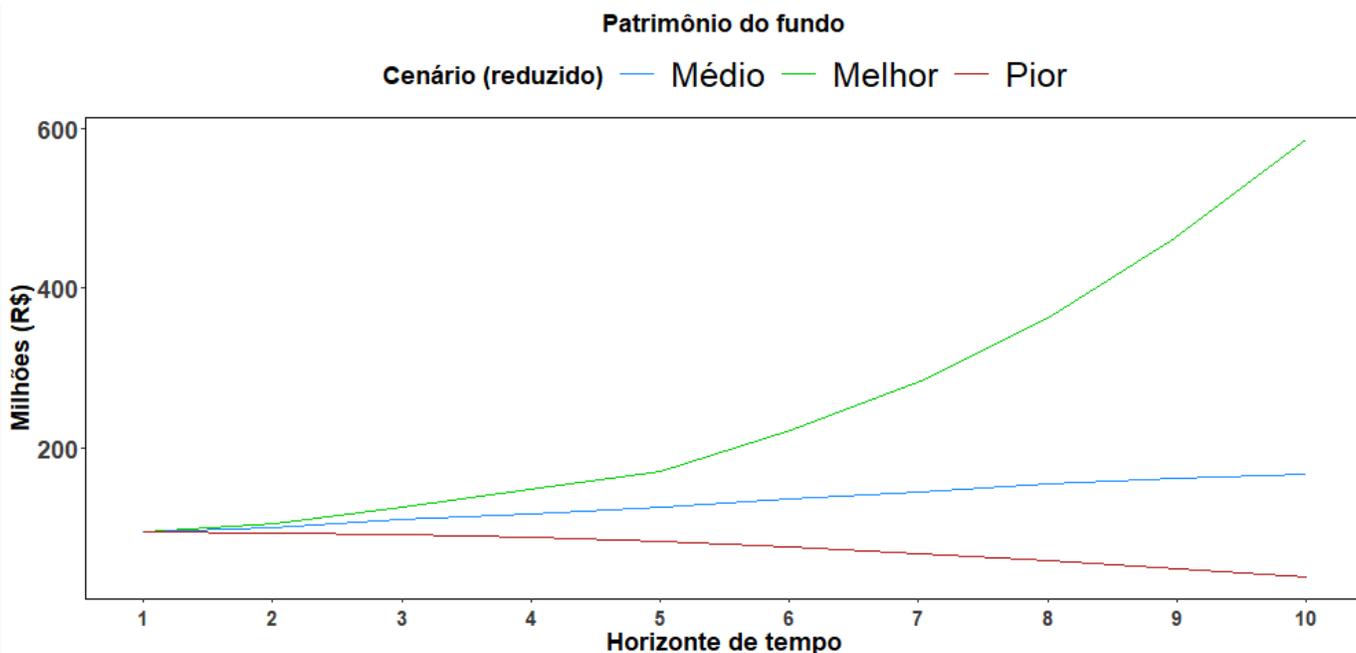
A Figura 3 mostra as evoluções anuais dos saldos em compras/vendas entre as classes de ativos CDI, IMA-B, Tesouro NTNB até 2045, IBOVESPA, S&P500 e MSCI. Como é possível observar, no início de 2024 (horizonte de tempo 1), as sugestões do modelo são de aporte aproximado em 37,4 na classe IMAB e de vendas nos montantes aproximados de 27,6, 4,1 e 1,9 milhões na classes CDI, IBOVESPA e MSCI, respectivamente. Nesse sentido, entendem-se as vendas como sendo realizações parciais de lucro nas posições alocadas entre Dezembro/2023 ou ajustes nas posições compradas nesse período. Para o ano de 2024 (horizonte de tempo 2), são sugeridos saldos de compra na classes IMA-B ( $\approx 20$  milhões) e posições de venda nas classes CDI, IBOVESPA e MSCI ( $\approx 14,6$ ,  $2,2$  e  $1,0$  milhões, respectivamente). Ao longo dos anos 2025 a 2026, há sugestões de venda nas classes CDI, IBOVESPA e MSCI e posições compradas (menos intensivas) em IMAB. No período de 2027 (horizonte de tempo 5), observam-se, essencialmente, indicações de compra (venda) na classe IBOVESPA (IMAB) ( $\approx +37,8$  e  $\approx -31,8$  milhões, respectivamente). Em 2029 e 2031 observam-se aportes nos investimentos internacionais S&P500 e MSCI ( $\approx +7,4$  e  $\approx +8,2$  milhões, respectivamente). No último período observam-se posições vendidas nas classes IBOVESPA, IMAB e índices internacionais ( $\approx -13,5$  e  $\approx -21,8$  e  $\approx -2,5$  milhões, respectivamente) e aportes nas classes CDI e Tesouro IPCA até 2045 ( $\approx +23,4$  e  $\approx +13,1$  milhões, respectivamente).



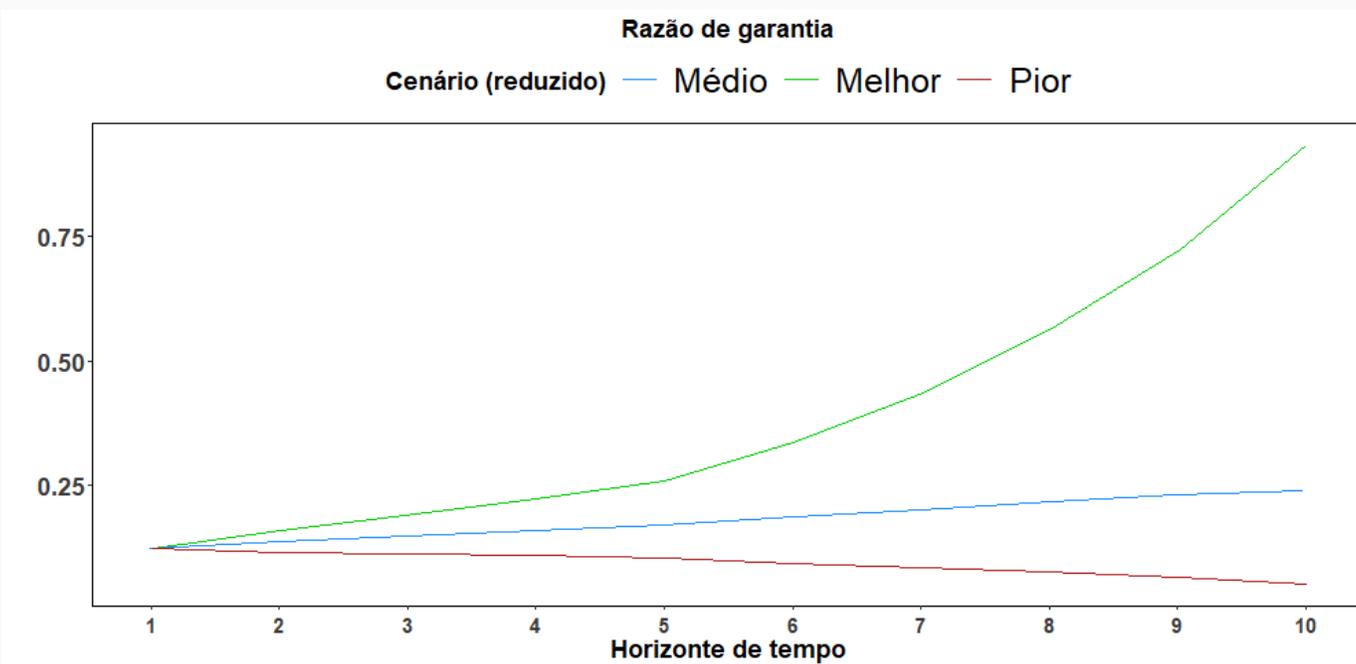
**Figura 3:** Saldos em compras/vendas para cada classe de investimento entre 2024 e 2032. Valores aproximados em uma casa decimal.

## 9.2 Gráficos de Ramos extremos e árvores de possibilidades

As Figuras 4 a 6 mostram os gráficos de ramos extremos considerando apenas cenários de “CDI em alta”, “CDI em média” ou “CDI em baixa”. Os gráficos são mostrados para patrimônio (Figura 4), razão de garantia (Figura 5) e passivos (Figura 6) do fundo. Em resumo, esses gráficos mostram as trajetórias das variáveis se apenas cenários de CDI em alta/média/baixa ocorrerem. Observando-se as Figuras 4 e 5, sob a ocorrência de cenários apenas medianos, esperam-se o patrimônio do fundo (acumulado com ganhos reais relativamente ao valor inicial) em cerca de 150 milhões de reais e uma razão de garantia em torno de 0,20 em 2032. Havendo apenas cenários de CDI em alta (cenário otimista), em 2032, esperam-se o patrimônio do fundo (acumulado com ganhos reais relativamente ao valor inicial) em cerca de 586 milhões e uma razão de garantia de aproximadamente 0,9. No lado extremamente pessimista (apenas cenários com CDI em baixa), a razão de garantia pode chegar ao nível aproximado de 0,12 e o patrimônio do fundo em cerca de 90 milhões em 2031.



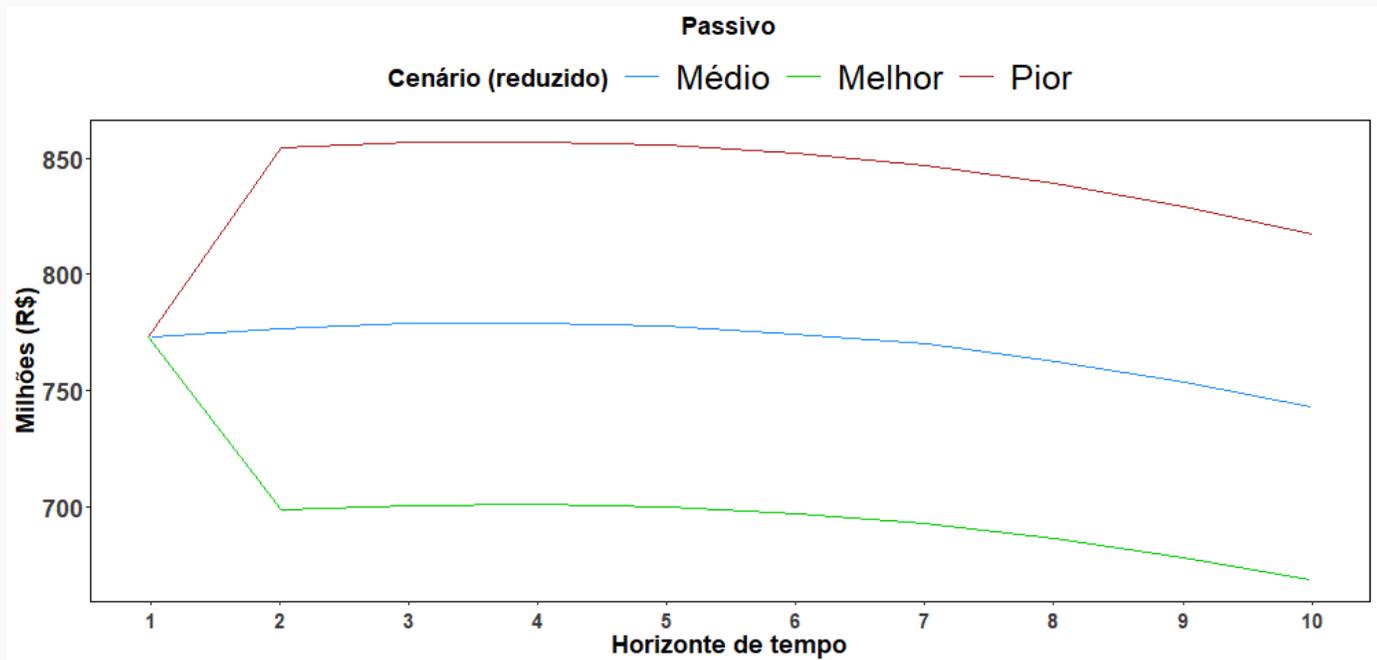
**Figura 4:** Gráfico de ramos extremos para o patrimônio do fundo (projeções para o período de 2024 a 2032).



**Figura 5:** Árvore de possibilidades para a razão de garantia do fundo (projeções para o período de 2024 a 2032). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2024 a 2133.

A Figura 6 contém o gráfico de ramos extremos para as trajetórias correspondendo aos apontamentos do CDI (em alta/média/baixa) do passivo esperado do RPPS Macaíba no período de 2024 a 2032. Na presente análise, consideram-se os valores médios como sendo aqueles divulgados na atuarial do fundo projetada para o referido período, com os valores de alta e baixa sendo obtidos por uma margem de 10% abaixo (cenário melhor) ou 10% acima (cenário pior). Na avaliação, consideram-se as projeções nos anos 2024 a 2032 para o fluxo de caixa descontado de despesas previdenciárias no

período de 2024 a 2133. Como pode-se observar, sob a ocorrência de apenas cenários ruins (bons), a projeção final (em 2032) para o fluxo de caixa das despesas previdenciárias se estabelece em torno de 830 (600) milhões de reais. Sob a ocorrência de apenas cenários de “CDI em média”, a projeção final (em 2032) para o fluxo de caixa das despesas previdenciárias se estabelece em cerca de 750 milhões de reais.



**Figura 6:** Gráfico de ramos extremos para o passivo do fundo (projeções para o período de 2024 a 2032). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2024 a 2133.

As árvores de possibilidades para os retornos cumulativos reais para sobre os ativos do fundo, razão de garantia e pagamentos de benefícios são mostradas nas Figura 7 a 9. Como pode-se observar, a trajetória dos retornos reais cumulativos esperados (Figura 7) finaliza com retornos variando entre 152% (pior cenário) e 217% (melhor cenário) e de 185% no cenário com CDI na média. A Razão de garantia (Figura 8), calculada considerando-se o fluxo de caixa descontado de despesas previdenciárias no período de 2024 a 2133, finaliza com valores entre 0,17 (pior cenário), 0,42 (melhor cenário) e 0,27 no cenário médio. As projeções de pagamentos em benefícios (Figura 9) indicam um fluxo de pagamentos variando entre 29,75 e 36,36 milhões em 2024 e finalizando em aproximadamente 45,85 milhões em todos os cenários econômicos finais (em 2032).

Retornos cumulativos reais sobre os ativos

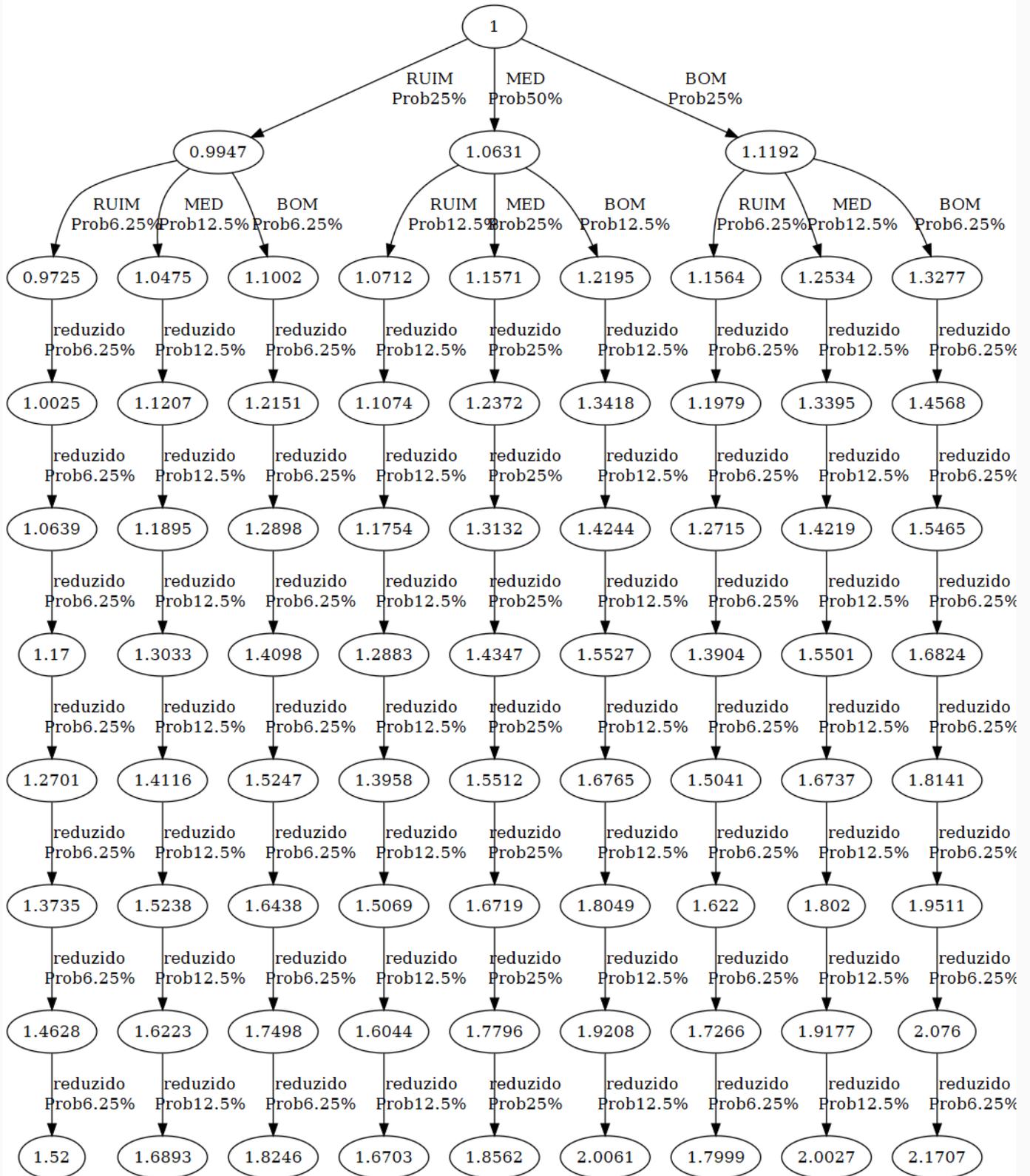
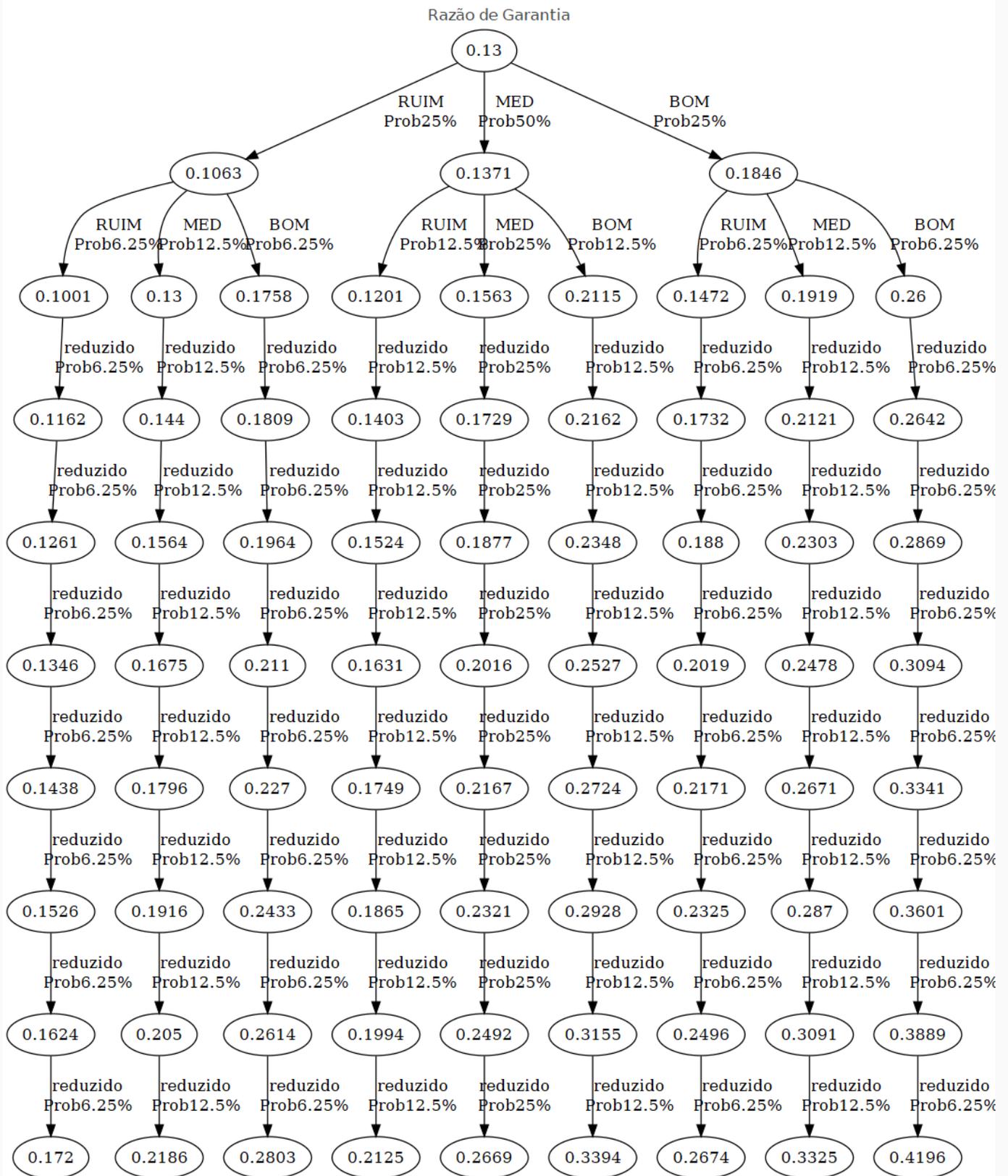


Figura 7: Árvore de possibilidades para os retornos cumulativos reais para sobre os ativos do fundo (projeções para o período de 2024 a 2032).



**Figura 8:** Árvore de possibilidades para a razão de garantia do fundo (projeções para o período de 2024 a 2032). Valores obtidos considerando o fluxo descontado de despesas previdenciárias no período de 2024 a 2133.

As projeções para a trajetória do fluxo de caixa descontado do passivo atuarial são mostradas na Figura 10 (cenários ruim, médio e bom). A estrutura de cenários para o fluxo do passivo atuarial é

construída com base nas projeções da equipe de investimentos do RPPS Macaíba e considerando margens de 10% (para cima ou para baixo) para os cenários ruim (+10%) e bom (-10%). Como pode-se observar, projeta-se um valor (em fluxo de caixa descontado) em torno de 743 milhões para 2032.

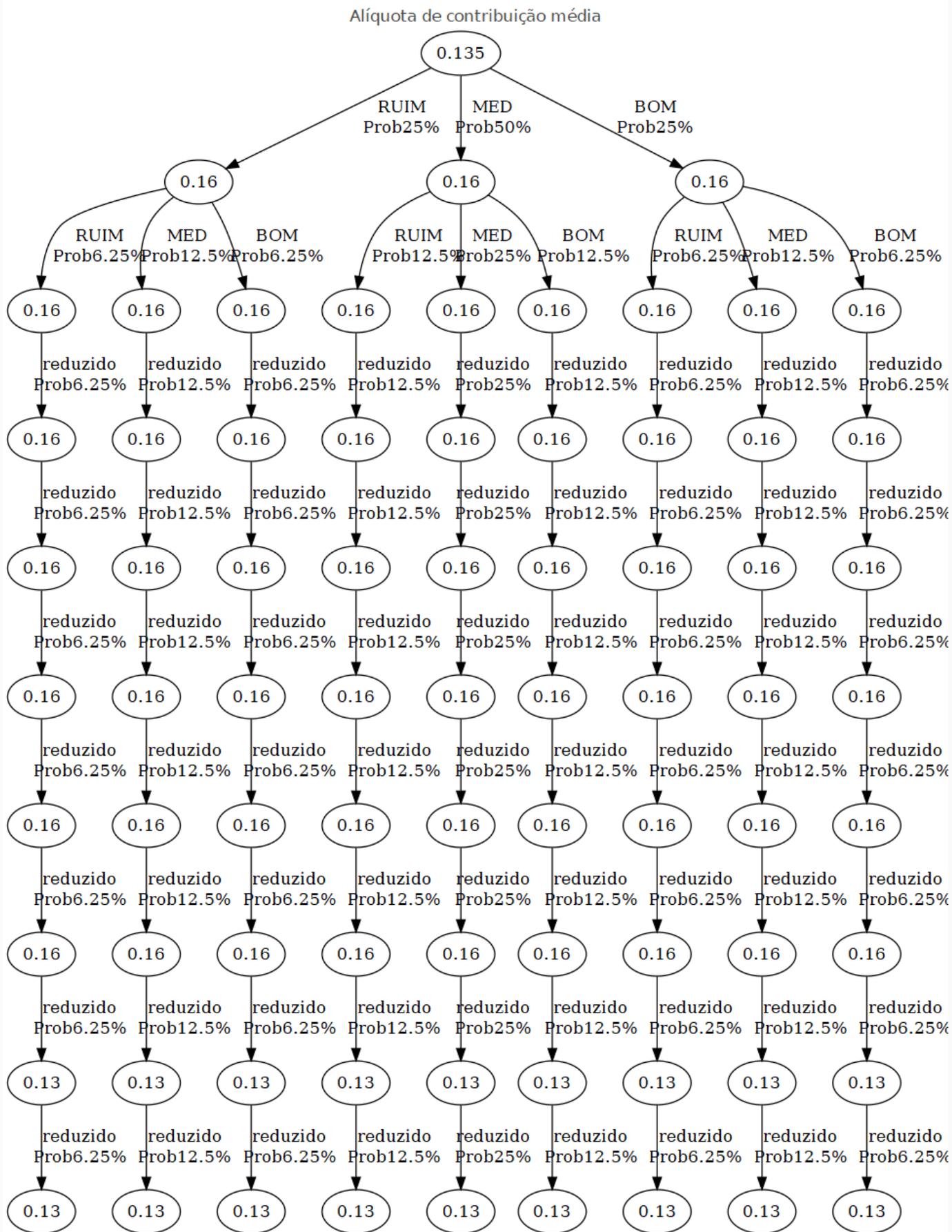


**Figura 9:** Árvore de possibilidades para os pagamentos em benefícios pelo fundo (projeções para o período de 2024 a 2032). Valores obtidos considerando o fluxo financeiro disponível na reavaliação atuarial com data base em Dezembro de 2023.



**Figura 10:** Árvore de possibilidades para o fluxo de caixa descontado do passivo atuarial (projeções para o período de 2024 a 2032). Valores obtidos considerando o fluxo financeiro disponível na reavaliação atuarial com data base em Dezembro de 2023.

As trajetórias possíveis para a alíquota de contribuição podem ser vistas na Figura 11. Como se pode observar, o modelo projeta o valor da alíquota de contribuição média em cerca de 16% entre 2024 e 2030. A longo prazo (ramos finais da árvore - 2032), as projeções para a alíquota média mostram-se estáveis em cerca de 13%. Nesse sentido, é válido notar que, ao menos a curto e médio prazos, não se verifica margem para redução da alíquota média de contribuição previdenciária para o RPPS Macaíba.



**Figura 11:** Árvore de possibilidades para a alíquota de contribuição média do fundo Macaíba (projeções para o período de 2022 a 2031).

## Responsáveis técnicos<sup>9</sup>

Nome	Assinatura
Wilton Bernardino da Silva <sup>10</sup>	
José Marcos Alves de Barros <sup>11</sup>	

1. Os resultados apontados levam em consideração o plano de tarifa suplementar (plano de amortização) proposto para o RPPS Macaíba.↵
2. Referente ao mês de Dezembro/2024.↵
3. O salário agregado é formado pela soma dos montantes relativos aos servidores ativos, atuais inativos e futuros inativos com as parcelas da entidade sobre os servidores ativos, servidores atuais inativos e futuros inativos.↵
4. Referente ao mês de Dezembro/2024.↵
5. (valor não negativo e quanto maior, maior será a aversão ao risco)↵
6. Retornos reais calculados com base no Índice nacional de preços ao consumidor (IPCA) - (ver <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html?=&t=destaques>).↵
7. Os valores medianos foram obtidos com a utilização da base de dados Quantum (ver <https://quantumfinance.com.br/>), IPEADATA (<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>) e Yahoo Finance (<https://finance.yahoo.com/>).↵
8. Os retornos reais são obtidos tendo-se por referência o IPCA.↵
9. **Este relatório tem validade anual, sendo recomendado que seja revisado pelo menos uma vez por ano, com as novas políticas de investimentos do RPPS ou sempre que necessário.**↵
10. Professor Associado II na Universidade Federal de Pernambuco.↵
11. Diretor de Investimentos da Nui consultoria.↵