

8 Aplicação na prática dos modelos apresentados

Como vimos, os modelos de imunização apresentados se mostraram consistentes teoricamente e os resultados obtidos quando aplicados num exemplo teórico foram bastante satisfatórios.

Nesta etapa, nosso objetivo é testar o comportamento destes modelos na prática. Para isso, utilizaremos o fluxo de passivos de um fundo de pensão brasileiro. O fundo de pensão escolhido para análise foi a Petros. Iremos imunizar o fluxo de passivo deste fundo de pensão e acompanhar seu comportamento com o passar dos dias.

Um fundo de pensão está sempre preocupado em garantir uma renda complementar para a aposentadoria de pessoas físicas. Eles precisam estar sempre em condições de cumprir suas obrigações, independentemente do que estiver acontecendo na economia de uma forma geral. Ou seja, este tipo de instituição está interessado em minimizar ou até eliminar muitos dos riscos apresentados anteriormente. Logo, a aplicação da teoria de imunização é de extrema importância para estes fundos, podendo ajudar a controlar o risco de taxa de juros e, como veremos nesta aplicação, sem se descuidar do risco de inflação, já que um fundo de pensão corrige seus fluxos pela inflação.

8.1. Dados iniciais

Para iniciarmos, precisamos identificar o fluxo de caixa o qual desejamos imunizar. Para isso, precisamos dos fluxos de ativos e passivos da Petros. O fluxo de passivos obtido é referente ao mês de janeiro de 2003 com as seguintes características: rotatividade de 5%, crescimento salarial de 2% e tabela de mortalidade EB75. O fluxo ano a ano está apresentado na Ilustração 8.1. A carteira de ativos da Petros (Apêndice B) é em sua grande parte formada por títulos de renda fixa com baixo risco de crédito, em sua maioria Notas do Tesouro

Nacional – NTN (veja seção 11.4). Devido a este fato, iremos apenas considerar como ativos estas NTN's.

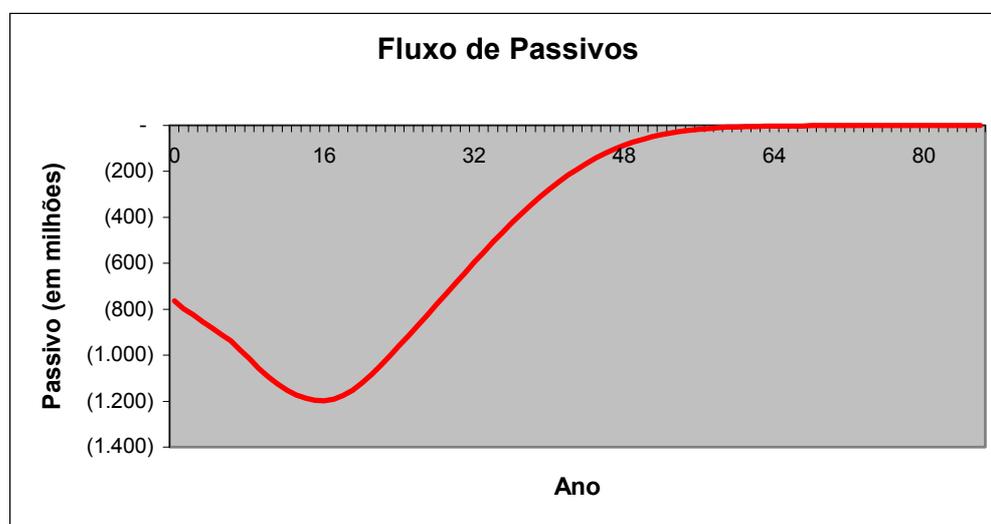


Ilustração 8.1: Fluxo de passivo da Petros

8.1.1. Seleção da curva a ser utilizada

Como sabemos, o objetivo principal de um fundo de pensão é manter todas suas obrigações em dia, independente do que ocorrer na economia. Pela Resolução 2829 do Banco Central do Brasil este fluxo de passivos deve ser descontado numa curva plana (todas as taxas iguais) de 6% ao ano. O que resulta num valor presente extremamente conservador. Alternativamente a isto, podemos utilizar a taxa spot para se descontar este fluxo. Esta taxa, para vencimentos longos, está situada na casa dos 40%, o que, ao contrário do caso anterior, nos fornece um valor presente extremamente arriscado (para se utilizar a taxa spot, este fluxo deveria sofrer algumas alterações).

Para resolver este problema, como o fluxo de um fundo de pensão está intimamente ligado a inflação, nada mais realístico do que utilizarmos uma curva que tenha incorporado na mesma os movimentos da inflação. Uma curva que contém este atributo é a curva do cupom da NTN-C (swap IGP-M x DI - devido as características da NTN, apresenta vínculos com um dos índices medidores de inflação, o IGP-M (Índice Geral de Preços de Mercado)) para a implementação da estratégia.

Foram encontrados 3 curvas diferentes: uma fornecida pela Reuters com 3 vértices (Reuters 3), com vencimentos para 1, 8 e 20 anos, outra também fornecida pela Reuters com 5 vértices (Reuters 5), com vencimentos de 1, 2, 3, 4 e 5 anos e uma da BM&F com 7 (BMF 7), com vértices 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 anos. Para a primeira curva, os dados são bastante restritos, por isso a utilizaremos apenas como mais um exemplo. Já para as outras duas séries, que foram obtidas no mesmo período de tempo e que possuem uma extensão maior de dados, uma análise mais aprofundada assim como uma comparação entre elas poderá ser feita

Vale comentar que todas 3 curvas apresentam uma certa instabilidade no curtíssimo prazo, devido a grandes alterações, no período de análise, da expectativa de inflação futura. O que não afeta de forma alguma a análise, visto que todos os fluxos analisados estão presentes em prazos mais longos.

8.1.2. Seleção de ativos

Até então, o fluxo de passivos está bem definido. Precisamos então definir quais ativos serão utilizados na aplicação. Por simplificação de cálculos, utilizaremos títulos semelhantes as NTN's no que diz respeito a data de vencimento. Para a primeira aplicação (ACP) utilizaremos como dado de entrada somente o fluxo de passivos e para a segunda aplicação (imunização estocástica) iniciaremos com uma carteira formada pelo fluxo de passivos e por um ativo com mesma data de vencimento da NTN predominante na carteira de ativo real.

Os ativos utilizados serão os seguintes:

Ativos	Cupom (a.a.)	Vencimento
AT1	0,0%	2003
AT2	0,0%	2031
AT3	0,0%	2004
AT4	0,0%	2005
AT5	0,0%	2008
AT6	24,9%	2008
AT7	25,1%	2008
AT8	23,0%	2008
AT9	11%,0	2031
AT10	11,0%	2021
AT11	12,0%	2028

Tabela 8.1: Ativos utilizados na aplicação de imunização

8.2. Modelo de imunização utilizando ACP

8.2.1. Passos do modelo

Os passos seguidos para obter a imunização são exatamente os mesmos para as 3 curvas. Primeiro a análise de componentes foi feita, extraindo-se apenas as direções que mais explicam o comportamento da curva. Em seguida as durações direcionais do fluxo de passivos, tal como seu valor presente foram calculados para as diferentes curvas. Por fim, os cálculos necessários foram efetuados, obtendo-se o valor dos ativos que serão utilizados para imunizar o fluxo de passivo.

8.2.2. Reuters 3

O resultado da ACP obtido foi o seguinte:

λ_1	0,0004132	95,28%
λ_2	0,0000167	3,86%
λ_3	0,0000037	0,86%

Tabela 8.2: ACP da curva Reuters 3

Vemos que o primeiro componente (U1) tem um grande poder de explicação, por isso, utilizaremos apenas ele. Em outras palavras, imunizaremos o fluxo de passivos na direção do primeiro componente. E, para que possamos efetuar uma comparação com o modelo tradicional, imunizaremos o mesmo fluxo, utilizando os mesmos ativos, na direção do vetor de variações paralelas. Após feita a ACP, o valor presente, a duração na direção do primeiro componente e a duração de Fisher-Weil do passivo foram calculadas:

Valor presente	(9.353.903.006)
Duração na direção de U1	8,73
Duração de Fisher-Weil	(1,77)

Tabela 8.3: Características do fluxo de passivo da Petros

Sabemos do modelo que, com apenas uma direção, podemos utilizar 2 ativos diferentes para imunizar. Utilizamos um ativo zero-cupom com vencimento

em 2031 (AT2) e outro com vencimento hoje (dinheiro em caixa), o AT1. O resultado obtido está apresentado nas tabelas abaixo.

Direcional:

Ativo	Valor Presente	Valor Futuro
AT1	(1.317.321.664)	(1.317.321.664)
AT2	10.671.224.670	208.600.895.544

Tabela 8.4: Resultado da aplicação do modelo de direção única

Paralela:

Ativo	Valor Presente	Valor Futuro
AT1	6.436.369.224	6.436.369.224
AT2	2.917.533.782	57.031.894.520

Tabela 8.5: Resultado da aplicação do modelo de variações paralelas

Utilizando os ativos acima imunizamos o fluxo de passivo. O resultado do comportamento da carteira após a imunização se encontra no apêndice B. Como esperado, o modelo utilizando ACP se mostrou superior ao modelo de variações paralelas.

8.2.3. Reuters 5

Para esta série histórica, a análise de componentes principais nos forneceu o seguinte:

λ_1	0,0275260	78,54%
λ_2	0,0059125	16,87%
λ_3	0,0011285	3,22%
λ_4	0,00033405	0,95%
λ_5	0,00014431	0,41%

Tabela 8.6: ACP da curva Reuters 5

Diferente do caso anterior, precisamos de mais de um componente para obtermos uma boa explicação das variações na curva. Utilizaremos então, os 3 primeiros componentes, o que nos permite que 4 ativos sejam utilizados na imunização. Na tabela a seguir estão apresentados o valor presente e as durações direcionais do passivo.

Valor presente	(8.385.842.595)
Duração U1	6,45
Duração U2	8,46
Duração U3	7,48

Tabela 8.7: Características do fluxo de passivo da Petros

Os ativos escolhidos para a imunização foram: AT2, AT3, AT4 e AT5. Efetuando-se os cálculos do modelo, chegamos aos valores abaixo:

Ativo	Valor Presente	Valor Futuro
AT3	214.643.711	239.542.175
AT4	1.506.856.495	1.894.634.018
AT5	5.270.012.435	9.466.722.195
AT2	1.394.329.954	37.062.807.733

Tabela 8.8: Resultado da aplicação do modelo de múltiplas direções

8.2.4. BMF 7

Utilizando a curva da BM&F, conseguimos os seguintes componentes principais:

λ_1	0,0316810	66,56%
λ_2	0,0100620	21,14%
λ_3	0,0040020	8,41%
λ_4	0,0011849	2,49%
λ_5	0,00043743	0,92%
λ_6	0,00019754	0,42%
λ_7	3,11E-05	0,07%

Tabela 8.9: ACP da curva BM&F 7

Novamente, iremos necessitar de mais de um componente. Para tal, como os 3 primeiros componentes somados explicam mais de 95% os mesmos serão utilizados. O cálculo do valor presente e durações do passivo ficaram:

Valor presente	(9.004.957.701,16)
Duração U1	7,63
Duração U2	9,31
Duração U3	5,60

Tabela 8.10: Características do fluxo de passivo da Petros

Assim como no caso acima, os ativos utilizados foram AT2, AT3, AT4 e AT5. O resultado obtido foi:

Ativo	Valor Presente	Valor Futuro
AT3	3.806.333.983	4.198.244.731
AT4	(4.032.509.514)	(4.965.871.895)
AT5	7.587.054.915	13.065.086.169
AT2	1.644.078.317	34.590.529.594

Tabela 8.11: Resultado da aplicação do modelo de múltiplas direções

8.2.5. Comparação entre Reuters 5 e BMF 7

Observando o gráfico que plota a evolução das carteiras imunizadas nas duas diferentes curvas (apêndice B) percebemos que ambas as curvas estão bem próximas do valor zero, ou seja, a imunização foi bem sucedida. No entanto, vemos que a carteira imunizada pela curva da BMF apresenta uma volatilidade muito pouco superior à outra. Isto se deve ao fato de que pequenas variações que ocorreram nesta curva (BMF) não eram previstas perfeitamente pela ACP. Mas, como dito, em ambos os casos a estratégia de imunização se comportou de maneira esperada.

8.3. Modelo de imunização estocástica multivariada

Como dissemos, para este modelo, a carteira inicial é formada pelo mesmo fluxo de passivos utilizado no modelo anterior mais um ativo. O ativo utilizado nas diferentes aplicações tem data de vencimento e valor de face igual, a única diferença entre eles é a taxa de cupom anual. Esta diferenciação foi feita somente para evitar grandes valores de excesso na carteira inicial, visto que, dependendo da curva utilizada, o valor presente do passivo sofre variações consideráveis.

Todas as aplicações foram feitas utilizando a teoria de imunização estocástica, minimizando a medida de risco (neste caso somente a variância) sujeito a restrição de ativos limitados (seção 6.33). Ou seja, buscamos minimizar o vetor de duração da carteira num mundo com poucos ativos. Para a estimação prática da duração parcial da carteira utilizamos a seguinte expressão:

$$D_N^\varepsilon(\bar{i}_0) = \frac{[P(\bar{i}_0 + \varepsilon N) - P(\bar{i}_0)]}{\varepsilon P(\bar{i}_0)}$$

8.3.1. Passos do modelo

Assim como no modelo anterior, o primeiro passo é uma análise da série histórica em questão. Calculou-se o vetor de média e a matriz de covariâncias da série. Em seguida, foram feitos os cálculos do valor presente e vetores de duração do ativo e passivo. Após isto, os cálculos do modelo em si foram efetuados e chegou-se aos resultados, ou seja, as operações que deveriam ser feitas para se obter o vetor de duração do excesso desejado.

8.3.2. Reuters 3

Para esta curva, a carteira inicial é formada pelo fluxo de passivos da Petros mais 6.010.000.000,00 de valor de face do ativo AT6. O valor presente e vetor de duração do excesso da carteira inicial são os seguintes:

Valor presente do excesso	576.269,30
Duração total do excesso	(82.141,16)

Tabela 8.12: Características da carteira inicial

Excesso	D1	D2	D3
Vetor de duração	18.873,85	(28.169,06)	(72.845,95)

Tabela 8.13: Valor de duração da carteira inicial

Escolheram-se 2 ativos com os quais serão feitas as operações na carteira de forma a imunizar a mesma. Estes ativos foram o AT4 e AT9. Feita a escolha dos ativos, pode-se efetuar os cálculos do modelo. A resposta obtida foi a seguinte: venda de 8.990.859.497,41 do ativo AT4 e compra no mesmo valor do AT9. Feitas estas negociações, o novo vetor de duração da carteira ficou:

Excesso	D1	D2	D3
Vetor de duração	(396,67)	(20.362,02)	6.300,25

Tabela 8.14: Vetor de duração resultado da aplicação do modelo

Em palavras, o que o modelo sugere é uma redução da duração no primeiro vértice, um aumento do segundo e um grande aumento da duração do terceiro vértice. Seguindo os passos do modelo podemos chegar ao valor de AT4 que

devemos negociar: venda de 8.990.859.497,41. Como queremos operações neutras de caixa devemos então comprar o mesmo valor de AT9. A evolução da carteira imunizada está no apêndice B.

Quando comparado com a carteira sem imunização percebemos que o comportamento da carteira imunizada é bastante estável.

8.3.3. Reuters 5

Neste caso, a carteira inicial será formada também pelo fluxo de passivo Petros mais 6.100.000.000,00 de valor de face do ativo AT8. O valor presente e vetor de duração do excesso da carteira inicial são os seguintes:

Valor presente do excesso	22.202.868,64
Duração total do excesso	(1.700,55)

Tabela 8.15: Característica da carteira inicial

Excesso	D1	D2	D3	D4	D5
Vetor de duração	24,31	41,29	52,17	58,37	(1.876,70)

Tabela 8.16: Vetor de duração da carteira inicial

Como para esta curva temos mais vértices, precisamos de mais ativos para efetuar a imunização. Foram, então escolhidos 4 ativos: AT4, AT5, AT10 e AT11. Usando-se o modelo de imunização chegamos ao seguinte resultado:

Venda de	1.554.623.192,79	AT4
Venda de	681.277.045,03	AT5
Venda de	38.719.851.698,93	AT10
Compra de	40.955.751.936,75	AT11

Tabela 8.17: Resposta do modelo

E efetuando-se as operações necessárias, chegamos ao novo vetor de duração:

Excesso	D1	D2	D3	D4	D5
Vetor de duração	38,24	(74,01)	85,09	(25,43)	(19,87)

Tabela 8.18: Vetor de duração resultado da aplicação do modelo

Novamente, podemos perceber que o comportamento da carteira imunizada é muito menos volátil do que da carteira inicial. Esta diferença de volatilidade pode ser bem vista no dia 29 de janeiro (veja gráfico no apêndice B).

8.3.4. BMF 7

Para esta outra curva, os mesmos passos foram seguidos. A carteira inicial é formada pelo fluxo de passivo, mais 5.995.000.000 do ativo AT7. Novamente, o valor presente e vetor de duração da carteira inicial ficaram:

Valor presente do excesso	7.883.878,14
Duração total do excesso	(5.697,66)

Tabela 8.19: Característica da carteira inicial

Excesso	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Vetor de duração	81,36	140,35	181,23	203,84	2.427,05	(370,84)	(8.360,64)

Tabela 8.20: Vetor de duração da carteira inicial

Os ativos utilizados para serem negociados foram: AT4, AT5, AT10 e AT11. O resultado obtido foi:

Venda de	1.560.398.780,29	AT4
Venda de	4.662.112.256,00	AT5
Venda de	14.443.085.824,00	AT10
Compra de	20.665.596.860,29	AT11

Tabela 8.21: Resposta do modelo

O vetor de duração que se chega ao se efetuar as negociações sugeridas pelo modelo é:

Excesso	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Vetor de duração	165,11	(105,43)	383,70	(1.922,58)	2.695,2	(82,55)	(875,48)

Tabela 8.22: Vetor de duração resultado da aplicação do modelo

Mais uma vez, podemos ver como a estratégia de imunização se mostra eficaz. A evolução da carteira imunizada é muito mais estável do que a carteira não imunizada.