

ALEX CAVALHEIRO SOTTERO

OTIMIZAÇÃO DO RISCO DE MERCADO EM SEGUROS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sob a orientação do Professor Rodrigo de Barros Nabholz.

MOA/EF
2015
5490



Escola Politécnica - EPEL



31500009589

102015F

[2752148]

RESUMO

O trabalho a seguir visa, através de técnicas de programação e otimização, determinar um processo que encontre quais aplicações e suas respectivas quantidades devem ser utilizadas para que uma seguradora atinja o menor valor possível de capital requerido de Risco de Mercado, a partir da fórmula de cálculo padrão do órgão regulador do mercado de seguros do Brasil, a SUSEP.

Palavras Chave: Risco de Mercado, Seguros, Capital Mínimo Requerido, Otimização.

ABSTRACT

The present work intends to, through programming and optimization techniques, create a process that determines the assets and the respective quantities that should be utilized so that an Insurance company reaches the minimum possible value of capital requirement for the Market Risk, based on the standard formula of the Brazilian insurance market regulator, the SUSEP.

Keywords: Market Risk, Insurance, Minimum Capital Requirement, Optimization.

SUMÁRIO

i. INTRODUÇÃO.....	7
1. Capital Mínimo Requerido.....	9
1.1 <i>O início das regras de requerimento de capital</i>	9
1.2 <i>Capitais Baseados em Risco.....</i>	11
1.2.1 <i>Risco de Subscrição.....</i>	12
1.2.2 <i>Risco de Crédito.....</i>	13
1.2.3 <i>Risco Operacional.....</i>	14
1.2.4 <i>Risco de Mercado.....</i>	15
2. Cálculo do Risco de Mercado	17
2.1 <i>Fórmula Padrão.....</i>	17
2.2 <i>Fluxo de Direitos e Obrigações</i>	20
2.3 <i>Fluxos de Ativos Financeiros.....</i>	22
3. Otimização do Risco de Mercado	24
3.1 <i>O conceito de otimização</i>	24
3.2 <i>Formulação do problema de otimização.....</i>	25
3.3 <i>Determinação dos valores Ativo n_y.....</i>	28
3.4 <i>Elaboração do Processo de Otimização.....</i>	30
3.5 <i>Exemplo 1 – Carteira ótima para obrigações Pré-fixadas.....</i>	34
3.6 <i>Exemplo 2 – Carteira ótima para obrigações Pré-fixadas com restrição de recursos... 36</i>	36
3.7 <i>Exemplo 3 – Carteira ótima para Obrigações Pré-Fixadas e atreladas ao IPCA.....</i>	37
3.8 <i>Exemplo 4 – Carteira ótima para Obrigações Pré-Fixadas e atreladas ao IPCA com restrição de recursos.</i>	40
3.9 <i>Exemplo 5 - Realocação de recursos.....</i>	42
ii. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	48
ANEXOS	50

I. INTRODUÇÃO

A contratação de uma apólice de seguros visa obter proteção contra um evento futuro e incerto que possa trazer desequilíbrio financeiro para aquele que está buscando proteção. A seguradora assume o risco e se responsabiliza pelo pagamento financeiro ou reposição do bem danificado em troca do pagamento de um prêmio.

As coberturas oferecidas são as mais diversas, indo desde as cotidianas como seguro de carro, de vida e contra acidentes, até as mais complexas cobrindo grandes projetos de engenharia como usinas hidrelétricas, seguros de garantia para finalização de obras ou então coberturas de lucros cessantes em caso de defeitos nas máquinas de uma indústria.

A seguradora, portanto, é responsável por possuir recursos suficientes para fazer frente a todas essas obrigações adquiridas por meio da venda de apólices, de maneira que caso isso não seja observado a seguradora pode vir à falência, prejudicando todos os segurados que contrataram coberturas e que podem ficar sem a devida indenização justamente em uma época de necessidade.

A Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) é o órgão responsável pelo controle e fiscalização dos mercados de seguro, previdência privada aberta, capitalização e resseguro no Brasil, e tem como algumas de suas atribuições zelar pela defesa dos interesses dos consumidores dos mercados que supervisiona, promover a estabilidade dos mercados sob sua jurisdição, assegurando sua expansão e o funcionamento das entidades que neles operem e também zelar pela liquidez e solvência das sociedades que integram o mercado.

Com isso em vista, a SUSEP vem seguindo a tendência mundial em seus normativos, de forma a cada vez mais fomentar um mercado com gerenciamento baseado em risco para garantir a solidez do setor e assegurar que a sociedade não seja prejudicada por empresas insolventes.

O objetivo deste trabalho é dar um panorama geral sobre a atual regulação de capital mínimo requerido pelo órgão regulador do mercado para operar como uma sociedade seguradora no Brasil, dando foco à parcela de Risco de Mercado, que se trata da parcela mais recente implantada no mercado segurador, onde pelo fato de ser calculada baseada no casamento entre ativos e passivos da companhia, como será explicado no desenvolvimento do trabalho, é possível utilizar técnicas de otimização para minimizar o impacto da implantação desta parcela no requerimento das seguradoras.

A motivação do estudo é demonstrar, através de exemplo prático, a possibilidade de criação de um processo de análise do Risco de Mercado, demonstrando o possível impacto no valor do requerimento ao se utilizar uma carteira de investimentos otimizada.

1. CAPITAL MÍNIMO REQUERIDO

1.1 O início das regras de requerimento de capital

Inicialmente, a exigência de capital para operar como uma sociedade seguradora no Brasil era baseada apenas em uma tabela onde um valor fixo de capital é exigido dependendo das regiões do país onde a sociedade seguradora pretende operar.

O Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP), que é o órgão máximo do setor de seguros no Brasil e que tem os poderes regulatórios para estabelecer políticas gerais de seguros e resseguros, fez a primeira exigência de requerimento de capital mínimo para operação como seguradora no país através da Resolução N°008 de 1978, norma essa que ao longo dos anos foi sendo alterada sucessivamente para atualização dos valores exigidos, porém o conceito de capital regulatório baseado em região de operação da primeira exigência permanece até hoje, como pode ser visto na tabela vigente de requerimento de capital mínimo, hoje presente na Circular SUSEP N° 321 de 2015. Esse requerimento de capital é chamado de Capital Base e consiste de uma parcela fixa de R\$ 1,2 milhões independente de região, somado aos valores das regiões onde a sociedade seguradora atua, conforme segue:

TABELA I – Capital Base

Região	Estados	Parcela Variável (Em Reais)
1	AM, PA, AC, RR, AP, RO	120.000,00
2	PI, MA, CE	120.000,00
3	PE, RN, PB, AL	180.000,00
4	SE, BA	180.000,00
5	GO, DF, TO, MT, MS	600.000,00
6	RJ, ES, MG	2.800.000,00
7	SP	8.800.000,00
8	PR, SC, RS	1.000.000,00

Dessa forma, o capital base máximo é de 15 milhões de reais para uma seguradora que pretenda atuar em todas as regiões do país.

Essa forma de requerimento de capital para operação, embora cumpra o papel de estabelecer um primeiro nível mínimo de exigência, é fraco sobre o ponto de vista de solvência por não levar em consideração o tamanho da operação da seguradora. Desta forma, duas seguradoras com características de operação completamente diferentes possuem a mesma exigência de capital caso operem nas mesmas regiões, por exemplo: Uma seguradora que opere apenas com riscos de engenharia em São Paulo, aceitando riscos com sinistros prováveis de milhões de reais e consequentemente com uma arrecadação de prêmio proporcional ao risco à que está exposta, terá um capital base necessário para operar de 10 milhões de reais, o mesmo valor que uma outra seguradora que opere apenas com garantia estendida de eletrônicos também em São Paulo, e que devido ao tipo de operação possua uma exposição a sinistros de valor bastante inferior à da seguradora anterior.

Embora as exposições ao risco sejam completamente diferentes nos exemplos dados, o capital necessário para operar é o mesmo. Dessa forma, se viu a necessidade de se criar um requerimento de capital que fosse sensível ao volume da operação da seguradora.

Com isso, foi introduzido no mercado brasileiro, através da Resolução CNSP nº 08 de 1989, a Margem de Solvência, com uma métrica baseada em volumes históricos de prêmios e sinistros.

A Margem de Solvência foi a principal de medida de solvência utilizada pelo mercado até a introdução dos capitais baseados em risco em 2008 que veremos a seguir.

A forma de cálculo da Margem de Solvência atualmente é a seguinte:

Máximo entre:

- 20% (vinte por cento) do total de prêmios retidos nos últimos 12 (doze) meses;
- 33% (trinta e três por cento) da média anual do total dos sinistros retidos nos últimos 36 (trinta e seis) meses.

Dessa forma, a partir da inserção da Margem de Solvência no mercado, o capital mínimo para se operar no Brasil passou a ser o maior entre o Capital Base e a Margem de Solvência.

A exigência de capital permaneceu neste molde até o ano de 2008, onde começaram a ser introduzidos os requerimentos de capitais baseados em risco, conforme será descrito a seguir.

1.2 Capitais Baseados em Risco

A *International Association of Insurance Supervisors (IAIS)*, que é a associação responsável pelas diretrizes de supervisão do ramo de seguros na Europa, iniciou o projeto de implementação de um regime de requerimento de capital e de gestão baseada em risco no continente, que passou a ser conhecido como Solvência II.

A partir de 2008, passaram a ser introduzidos os requerimentos de capital baseados em risco, alinhando o mercado brasileiro com as práticas internacionais de implementação do regime de Solvência II. No documento “Application Paper on Regulation and Supervision of Captives Insurers”, o IAIS define (em tradução livre):

- Os requerimentos de capital para fins de solvência, definidos pelo regulador, tem a intenção de garantir que seguradoras possam absorver perdas significativas não previstas, enquanto ainda permitindo variados graus de intervenção por parte do regulador.
- O supervisor deve criar níveis de controle de solvência que ativem diferentes níveis de intervenção. O nível de exigência sobre o qual o controle é feito e as ações de intervenção tomadas pelo supervisor serão influenciados pela tolerância a risco do supervisor.
- O supervisor deve endereçar todas as categorias de risco materiais e relevantes. Essas incluem, no mínimo, o risco de subscrição, risco de crédito, risco de mercado e risco operacional.

Os riscos mencionados pela IAIS contemplam as principais fontes de risco a que uma sociedade seguradora está sujeita, sendo eles, por exemplo, o risco de a empresa ter um erro na sua precificação (risco de subscrição), risco de não pagamento de seus recebíveis pelas contrapartes (risco de crédito), risco de erros ou falhas nos processos internos que levem a

prejuízos (risco operacional), e por finalmente, o risco a que a empresa está exposta em seus investimentos (risco de mercado).

A regulação brasileira hoje já contempla todos os riscos mínimos mencionados pelo IAIS, a seguir os quatro riscos serão resumidos, iniciando pelo risco de subscrição que foi o primeiro a ser introduzido no mercado brasileiro.

1.2.1 Risco de Subscrição

Em 2006, a SUSEP em conjunto com o CNSP introduziu no mercado brasileiro o requerimento de capital do risco de subscrição através da Resolução CNSP nº 158/06, com início de vigência em 1º de janeiro de 2008. Ao longo dos anos o normativo foi alterado com o intuito de atualização dos fatores padrão de cálculo, e recentemente para efeitos de consolidação de normas referentes a requerimentos de capital na Resolução CNSP nº 321 de 2015.

Conforme define Sandström (2006), o risco de subscrição está associado tanto com os riscos cobertos por cada linha de negócios (incêndio, automóvel, acidentes pessoais, morte, tempestades, crédito, etc.), como ao processo específico associados à condução do portfólio de seguros.

Os riscos considerados dentro da parcela de subscrição, de forma geral, são:

- Risco do processo de subscrição: O risco de exposição a perdas financeiras relacionadas à seleção e aceitação dos riscos segurados.
- Risco de precificação: O risco de os preços (prêmio) cobrados pela seguradora serem inadequados para suportar as futuras obrigações advindas das apólices vendidas.
- Risco de desenho de produto: O risco de a seguradora estar exposta a riscos não antecipados na fase de desenho e precificação do produto.
- Risco de sinistros: Inclui tanto o risco de sinistros ocorrerem com frequência maior que a prevista, como também o risco de os sinistros ocorridos serem de valores maior que o antecipado.
- Risco de ambiente econômico: O risco de as condições sociais mudarem de forma que tenham um efeito adverso sobre a companhia.
- Risco de retenção líquida: O risco de que uma exposição maior à retenção de risco de seguro resulte em alta retenção de sinistros devidos a eventos

catastróficos ou experiência de sinistros concentrada em uma determinada região.

- Risco de comportamento do segurado: O risco de que os segurados ajam de maneira não esperada e tenham um agravamento de risco, levando a um efeito adverso na companhia.
- Risco de reservas: O risco de as reservas presentes no balanço patrimonial da companhia seguradora para fazer frente à suas obrigações (incluindo reservas de sinistros e provisões técnicas) estejam mal dimensionadas.

A Susep também define o risco de subscrição na Resolução CNSP nº 321 de 2015:

“Risco de subscrição: possibilidade de ocorrência de perdas que contrariem as expectativas da supervisionada, associadas, diretamente ou indiretamente, às bases técnicas utilizadas para cálculo de prêmios, contribuições, quotas e provisões técnicas.”

1.2.2 Risco de Crédito.

A Resolução CNSP nº 228, de 2010, introduziu a parcela de risco de crédito no mercado, com efeitos a partir de 1º de janeiro de 2011, aumentando assim a exigência de capital baseado em risco para operação no mercado brasileiro.

Conforme define a SUSEP na resolução CNSP nº 321, que possui o texto vigente com relação aos capitais de risco do mercado brasileiro, o risco de crédito é a possibilidade de ocorrência de perdas associadas ao não cumprimento, pelo tomador ou contraparte, das suas respectivas obrigações financeiras nos termos pactuados, e/ou da desvalorização dos recebíveis decorrente da redução na classificação de risco do tomador ou contraparte.

A definição da SUSEP segue a definição dada pela Resolução Legislativa do Parlamento Europeu (Solvency II, 2009), de 22 de abril, que define as diretrizes do projeto de implementação do regime de Solvência II para o mercado europeu, que define:

“ Risco de crédito significa o risco de perda, ou de evolução desfavorável da situação financeira, resultante da flutuação na qualidade de crédito dos emitentes de valores mobiliários, contrapartes e quaisquer devedores que seguradoras e de resseguradoras estão expostos, em forma de risco de default da contraparte, risco de spread ou de risco de concentração do mercado. “

Dessa forma, a metodologia preparada pela SUSEP para o mercado mensura o risco de default da contraparte em duas parcelas:

- Parcela 1: Risco de crédito associado aos recebíveis de resseguradoras, seguradoras, entidades abertas de previdência complementar e sociedades de capitalização;
- Parcela 2: Risco de crédito dos demais recebíveis.

A exposição mais relevante na parcela 1 trata-se dos recebíveis registrados como ativo no balanço da seguradora que sejam fruto de operações de resseguro ou de cosseguro. Já a parcela 2 refere-se, principalmente, aos diferentes ativos da companhia e o possível risco de crédito atrelado a eles.

1.2.3 Risco Operacional.

O risco operacional passou a fazer parte dos capitais de risco exigidos pela SUSEP em 2013, através da Resolução CNSP nº 283, com a finalidade de fazer frente à, conforme definido nesta norma, possibilidade de ocorrência de perdas resultantes de falha, deficiência ou inadequação de processos internos, pessoas e sistemas, ou decorrentes de fraudes ou eventos externos, incluindo-se o risco legal e excluindo-se os riscos decorrentes de decisões estratégicas e à reputação da instituição.

Evento externo se define como eventos ocorridos externamente à empresa, como paralisações por motivo de tumultos, greves, rebeliões, atos terroristas, motins, catástrofes naturais, incêndios, apagões e qualquer outro evento não diretamente relacionado às atividades da instituição e que possa causar falha ou colapso nos serviços essenciais ao desenvolvimento de suas atividades operacionais.

O risco operacional hoje é a parcela de risco que demanda menos capital no mercado segurador brasileiro quando comparada com as demais. Em adição à metodologia atualmente aplicada, a SUSEP elaborou um layout de base de dados de perdas operacionais que passará a ser exigido o seu preenchimento por todas as empresas do mercado que ultrapassem prêmio-base anual e provisões técnicas superiores a 200 milhões de reais no encerramento dos dois últimos exercícios, de maneira a criar uma fonte adicional de informações de perdas operacionais e consequentemente ajustar os fatores atualmente utilizados para o cálculo. O prazo dado pela SUSEP para o desenvolvimento da base de dados de perdas operacionais é de 36 meses a serem contados a partir da data de 6 de Agosto de 2014, de maneira que nesses meses estão incluídas as fases de desenvolvimento dos controles de captura e classificação das perdas operacionais, e também o projeto e implementação do banco de dados.

1.2.4 Risco de Mercado.

Segundo o documento elaborado pela *International Actuarial Association* (IAA,2004), o risco de mercado surge do nível de volatilidade do preço de mercado dos ativos da companhia. Os riscos detectados por essa associação são os seguintes:

- Risco da taxa de juros: risco da exposição a perdas causadas pela flutuação nas taxas de juros.
- Risco de ações e patrimonial: risco de exposição a perdas pela flutuação no valor de mercado de ações e outros ativos.
- Risco cambial: risco de que mudanças relativas em valores cambiais diminuam o valor de ativos estrangeiros ou aumentem o valor de passivos em moedas estrangeiras.
- Risco de base: risco de que rendimentos em aplicações instrumentos financeiros de variadas qualidades de crédito, liquidez e maturidade não se comportem de maneira semelhante, com isso expondo a companhia à variação de valor de mercado que é independentemente dos valores dos passivos.
- Risco de reinvestimento: risco de que os retornos de investimentos atuais a serem reinvestidos cairão abaixo dos níveis esperados.
- Risco de concentração: risco de exposição elevada a perdas devido a concentração de investimentos em uma área geográfica ou outro setor econômico.
- Risco de descasamento entre ativos e passivos: na medida em que os momentos ou o montante do fluxo de caixa dos ativos que suportam os passivos e os fluxos de caixa do passivo são diferentes (ou possam se afastar), a seguradora está sujeita ao risco de descasamento de ativos e passivos.
- Risco extrapatrimonial: risco de alterações em valores de ativos e passivos contingentes, como swaps que não estejam refletidos no balanço.

Dentre as fontes de risco de mercado citadas acima, uma das mais importantes é o risco da taxa de juros, devido ao fato de grande parte dos ativos utilizados pelas sociedades seguradoras como investimento estarem expostos a este risco, bem como grande parte do passivo ser composto pelo pagamento de rendas e indenizações de sinistros ao longo do tempo, muitas vezes atreladas a uma taxa de juros.

Dessa forma, o estudo de caso a ser realizado mais em diante neste trabalho terá como foco a parcela referente ao risco de taxas de juros, uma vez que é a parcela que permite

uma otimização por se beneficiar de um melhor casamento entre os fluxos de ativos e passivos da seguradora, conforme será explicado mais adiante.

O risco de mercado é a última parcela de risco a ser inserida no mercado brasileiro, de maneira que a SUSEP estabeleceu o seguinte cronograma, conforme descrito na resolução CNSP 321 de 2015:

“Art.50 - § 4.º O montante efetivamente exigido do capital de risco de mercado corresponderá a:

- a) 0% do CRmerc até 30/12/2016;
- b) 50% do CRmerc entre 31/12/2016 e 30/12/2017;
- c) 100% do CRmerc a partir de 31/12/2017”

Dessa maneira, as empresas precisarão possuir apenas 50% do capital requerido pela parcela de risco de mercado em 31/12/2016 e o capital total será requerido apenas a partir de 31/12/2017. Com isso, o mercado possui um prazo para se adequar ao novo requerimento, bem como tempo hábil para reposicionar seus ativos caso sejam detectadas oportunidades de redução de risco de mercado através de um portfólio melhor distribuído.

Por se tratar de um requerimento recentemente implementando, para o qual o mercado brasileiro possui um prazo para preparação, se torna relevante a discussão sobre o quão sensível o valor exigido é em relação à carteira de investimentos da empresa.

Com isso, na seção a seguir será dado maior detalhamento sobre a elaboração do cálculo do Risco de Mercado através da fórmula padrão da SUSEP, com o intuito de demonstrar como as empresas podem se beneficiar da utilização de uma carteira de investimentos construída levando em consideração sua estrutura de obrigações futuras.

2. CÁLCULO DO RISCO DE MERCADO

Neste capítulo será demonstrado de forma resumida o cálculo do risco de mercado e como são construídos os fluxos financeiros necessários para o cálculo com base na metodologia padrão da SUSEP, que serão utilizados no exercício de otimização do terceiro capítulo deste trabalho.

2.1 Fórmula Padrão

O capital de Risco de Mercado é calculado baseado na seguinte fórmula:

$$CR_{merc.geral} = \sqrt{E' \times F \times E}$$

Onde F é uma matriz de fatores de risco padrão disponibilizada pela SUSEP, reproduzida no anexo I deste trabalho.

Já o vetor E (e também seu transposto E') é o vetor de exposições líquidas (EL), que deve ser determinado pela companhia na seguinte estrutura:

$$E = (\begin{array}{cccccccc} EL_{pré,1 \text{ mês}} & \dots & EL_{pré,15 \text{ anos}} & EL_{IGPM,3 \text{ meses}} & \dots & EL_{IGPM,50 \text{ anos}} & EL_{IPCA,3 \text{ meses}} & \dots \\ & & EL_{IPCA,50 \text{ anos}} & EL_{TR,3 \text{ meses}} & \dots & EL_{TR,50 \text{ anos}} & EL_{câmbio,1 \text{ mês}} & \dots \\ & & EL_{câmbio,10 \text{ anos}} & EL_{IGPM} & EL_{IPCA} & EL_{TR} & EL_{ações} & EL_{cam} & EL_{com} \end{array})$$

Onde:

- $EL_{pré,j}$: exposição líquida sensível à variação da taxa de juros prefixada no vértice padrão j definido na tabela II.
- $EL_{IGPM,j}$: exposição líquida sensível à variação da taxa de juros de cupom de IGP-M no vértice padrão j definido na tabela II.
- $EL_{IPCA,j}$: exposição líquida sensível à variação da taxa de juros de cupom de IPCA no vértice padrão j definido na tabela II.

- $EL_{TR, j}$: exposição líquida sensível à variação da taxa de juros de cupom de TR no vértice padrão j definido na tabela II.
- $EL_{câmbio, j}$: exposição líquida sensível à variação da taxa de juros de cupom cambial no vértice padrão j definido na tabela II.
- EL_{IGPM} : exposição líquida sujeita à variação do IGP-M
- EL_{IPCA} : exposição líquida sujeita à variação do IPCA
- EL_{TR} : exposição líquida sujeita à variação da TR
- $EL_{ações}$: exposição líquida sujeita à variação dos preços de ações
- EL_{cam} : exposição líquida sujeita à variação dos preços de moedas estrangeiras e ouro
- EL_{com} : exposição líquida sujeita à variação dos preços de mercadorias.

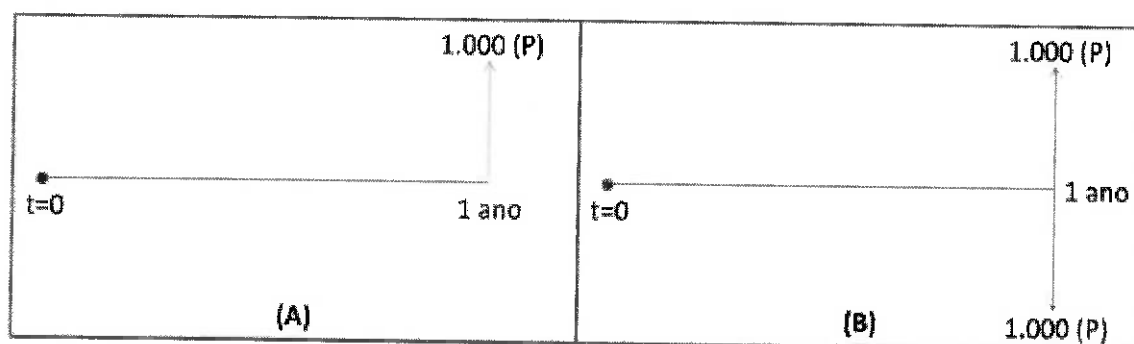
Como exposição líquida entende-se como a subtração do montante de passivos projetados em um determinado vértice de todo o montante de ativos projetados em um mesmo vértice e que possua o mesmo fator de risco dos passivos.

Como fatores de risco de taxa de juros possuímos as obrigações e ativos pré-fixados, os atrelados ao IGPM, IPCA, cupom de TR e cupom cambial.

A título de exemplo, para uma melhor ilustração do conceito de exposição líquida, apresento abaixo o exemplo dado no relatório final de documentação da metodologia de apuração do risco de mercado publicado pela SUSEP (2015):

“Para isso, a título de exemplo, consideremos inicialmente as duas situações ilustradas na figura abaixo:

Figura I – Exemplos de exposição líquida



Nos fluxos representados acima temos duas situações bem simples que definem perfeitamente o conceito de exposição líquida. Primeiramente, ao avaliarmos o fluxo A verificamos que a entidade possui somente uma posição credora cujo valor presente é R\$ 1.000,00 com o prazo de um ano, com

taxa pré-fixada (P), por exemplo, consideremos o recebimento do principal de uma letra do tesouro nacional (LTN). Podemos facilmente calcular o risco desta exposição ao mensurar o VaR deste valor considerando basicamente as oscilações das taxas pré-fixadas ao longo desse período. Mas, e se existisse para este mesmo prazo uma obrigação, por exemplo, a estimativa de um pagamento de um sinistro com o mesmo valor? É exatamente nessa situação que fica evidente o conceito que será utilizado no modelo proposto para o capital de risco de mercado. Para fins de cálculo do capital requerido, consideraremos a exposição líquida no fator de risco²³ prefixado neste prazo, que no caso do fluxo B será zero. Assim, não teríamos o risco de mercado. ”

Os vértices padrão a serem utilizados para determinação das exposições líquidas são os seguintes:

TABELA II – Vértices Padrão

Prazo	Prefixados	Cupons de TR e Cupons de índices de preços	Cupons de moeda es- trangeira
1 mês (21 dias úteis)	x		x
3 meses (63 dias úteis)	x	x	x
6 meses (126 dias úteis)	x	x	x
1 ano (252 dias úteis)	x	x	x
1,5 ano (378 dias úteis)	x	x	x
2 anos (504 dias úteis)	x	x	x
2, 5 anos (630 dias úteis)	x	x	x
3 anos (756 dias úteis)	x	x	x
4 anos (1008 dias úteis)	x	x	x
5 anos (1260 dias úteis)	x	x	x
10 anos (2520 dias úteis)	x	x	x
15 anos (3780 dias úteis)	x	x	
20 anos (5040 dias úteis)		x	
25 anos (6300 dias úteis)		x	
30 anos (7560 dias úteis)		x	
35 anos (8820 dias úteis)		x	
40 anos (10080 dias úteis)		x	
45 anos (11340 dias úteis)		x	
50 anos (12600 dias úteis)		x	

A alocação dos valores calculados dos fluxos dentro dos vértices padrão deve ser feita seguindo as seguintes determinações:

- Os fluxos de caixa com prazos de vencimento (T_i) inferiores ao prazo do primeiro vértice padrão definido para o fator de risco correspondente (P_{prim}), deverão ser alocados a este vértice na proporção de T_i / P_{prim} dos seus valores econômicos

- Os fluxos de caixa com prazos de vencimento (T_i) superiores ao prazo do último vértice padrão definido para o fator de risco correspondente (P_{ult}), deverão ser alocados a este vértice na proporção de T_i / P_{ult} dos seus valores econômicos
- Os fluxos de caixa com prazos de vencimento (T_i) compreendidos entre os prazos do primeiro (P_{prim}) e do último vértice padrão (P_{ult}) definidos para o fator de risco correspondente, deverão ser alocados aos vértices adjacentes a T_i , de acordo com os seguintes critérios:
 - a) no vértice imediatamente anterior (P_j), deverá ser alocada a fração $(P_{j+1} - T_i) / (P_{j+1} - P_j)$ do valor econômico do fluxo;
 - b) no vértice imediatamente posterior (P_{j+1}), deverá ser alocada a fração $(T_i - P_j) / (P_{j+1} - P_j)$ do valor econômico do fluxo.
- Os fluxos de caixa com prazos de vencimento (T_i) coincidentes com o prazo de algum vértice padrão deverão ter seus valores econômicos integralmente alocados a tais vértices

Dessa forma, conforme explicitado pelo exemplo dado pela SUSEP sobre o conceito das exposições líquidas, é verificada a possibilidade de, através de um remanejamento de investimentos, atingir um valor de risco de mercado otimizado ao se fazer o casamento dos vencimentos dos investimentos e das obrigações dentro dos mesmos vértices padrão.

2.2 Fluxo de Direitos e Obrigações

A companhia deve realizar a estimativa de todos os fluxos de caixa esperados dos riscos assumidos até a data-base do cálculo do risco de mercado, incluindo também os prêmios futuros a serem recebidos, de maneira a criar um fluxo de todos os recebíveis e também futuras despesas do seu portfólio.

Os fluxos devem ser trazidos a valor presente utilizando a estrutura a termo da taxa de juros (ETTJ) livre de risco disponibilizadas pela SUSEP, levando em consideração a respectiva curva baseado no indexador da obrigação:

TABELA III – Relação de Indexadores com Curvas de Juros

Indexador da Obrigação/Direito	Cupom da Curva de Juros
PRÉ FIXADO	PRÉ

Indexador da Obrigação/Direito	Cupom da Curva de Juros
IGPM	IGPM
IGPDI	IGPM
IPCA	IPCA
IPC	IPCA
INPC	IPCA
TR	TR
DÓLAR	CAMBIAL

Após a determinação do valor presente dos fluxos, os mesmos devem ser alocados nos vértices padrão conforme descrito na seção anterior para a determinação das exposições líquidas.

Para as seguradoras que operam com seguro de vida e previdência, a projeção das obrigações normalmente é feita utilizando como base as tábuas de mortalidade aderentes à massa segurada.

As tábuas de mortalidade são ferramentas criadas com base em dados de censos demográficos, onde se encontram as probabilidades médias de morte para cada determinada idade, e com isso é possível calcular baseado em probabilidades qual a possível data de um pagamento de seguro de vida para os segurados, ou então a possível data de fim de pagamento de uma renda previdenciária.

Atualmente, a SUSEP adotou como padrão para o cálculo das obrigações do mercado brasileiro a tábua de mortalidade “BR-EMS” (Experiência do mercado segurador brasileiro), que foi construída baseada na experiência brasileira em 2010, ao contrário das tábuas que era normalmente utilizada até então, que eram em sua maioria baseadas na população norte americana.

Para mais informações sobre as tábuas de mortalidade, recomendo a leitura do livro da escola nacional de seguros (Funenseg), chamado Tábuas Biométricas de mortalidade e sobrevivência (2010), que discorre sobre o tema das tábuas biométricas e sobre a elaboração da tábua biométrica brasileira, e também o livro “Cálculo atuarial aplicado” do professor Antonio Cordeiro Filho, que discorre sobre a utilização das tábua para cálculo de obrigações de seguradoras, tema este que não será abordado neste trabalho.

Para as seguradoras que operam com danos, como é o caso dos segmentos de incêndio , engenharia e automóveis, as projeções de sinistro são normalmente feitas utilizando como base o histórico de sinistros da companhia nestes ramos, aplicando para a carteira vigente a sinistralidade máxima esperada baseada nesse histórico, de onde também, é possível extrair o tempo médio de desenvolvimento dos sinistros, ou seja, desde o início das apólices de uma determinada carteira até o seu fim é analisada a concentração de avisos de sinistro ao longo do tempo e dessa forma é possível determinar o comportamento de avisos de sinistros para um determinado ramo.

Esse comportamento médio, aliado à expectativa de sinistros daquela carteira, são então utilizados para a determinação do fluxo futuro de avisos de sinistros.

2.3 Fluxos de Ativos Financeiros.

De forma análoga ao realizado para as obrigações futuras, a sociedade seguradora deve projetar seus fluxos de caixa dos ativos financeiros que possui na data base de cálculo do risco de mercado. Esse procedimento é aplicável, principalmente, sobre os instrumentos de renda fixa e títulos públicos do governo, que representam grande parte dos investimentos das seguradoras no mercado brasileiro.

Investimentos em ações ou derivativos de commodities também devem ser considerados para fins do cálculo de risco de mercado, porém para essas categorias de investimento não há a necessidade de se elaborar um fluxo futuro, de maneira que a exposição líquida a ser considerada nestes tipos de investimento são os valores totais marcados a mercado mantidos pela seguradora na data base de cálculo.

No capítulo a seguir será demonstrado como é possível determinar o fluxo futuro dos ativos financeiros para o cálculo do risco de mercado, bem como a elaboração do processo de otimização a ser aplicado em exemplos práticos.

3. OTIMIZAÇÃO DO RISCO DE MERCADO

Nesta seção será demonstrado como é possível elaborar um processo simples de monitoramento do risco de mercado, de maneira que as sociedades seguradoras possam implementar ferramentas de gestão voltadas à risco para auxiliar no processo de tomada de decisão.

3.1 O conceito de otimização

A Pesquisa Operacional é um conjunto de técnicas e métodos matemáticos para auxiliar a tomada de decisões na operação de organizações, aplicando o método científico para fornecer soluções que sejam mais interessantes dentre uma série de outras opções.

Geralmente, essa abordagem matemática é empregada em cenários onde se visa melhorar um processo, e possui como característica fundamental a existência de recursos escassos, os quais se pretende utilizar da melhor maneira possível para atingir um determinado objetivo, seja este objetivo o lucro na utilização de uma determinada matéria prima em indústrias, maior eficiência energética, ou melhor alocação de ativos financeiros como é o caso do problema a ser desenvolvido a seguir.

Os problemas de otimização, em geral, possuem três elementos essenciais:

- **Variáveis de decisão:** São as variáveis que representam os recursos que possuímos controle no problema raiz e que pretendemos utilizar da melhor maneira possível, as variáveis de decisão podem ser, por exemplo, quantidade de um ou mais produtos a serem produzidos, ou quantidade de dinheiro a ser investido em determinados instrumentos financeiros.
- **Restrições:** Como a característica dos problemas de otimização é a intenção de se utilizar de recursos escassos da melhor maneira possível, as restrições são o conjunto de regras as quais nossa solução deve obedecer. As restrições podem ser, por

exemplo, a quantidade máxima de uma determinada matéria prima disponível, ou a capacidade máxima de produção de um determinado produto.

- **Função objetivo:** É a função matemática construída para descrever a situação real que estamos querendo estudar, ou seja, é a função onde iremos determinar variáveis de decisão que satisfaçam às restrições e otimizem o resultado final. Por otimizar entendemos como uma maximização (maior valor possível) do resultado da função objetivo, ou uma minimização (menor valor possível), dependendo do estudo sendo realizado. Por exemplo, em uma função objetivo que descreve os custos de uma companhia, normalmente terá como objetivo encontrar variáveis para minimizar esta função, enquanto em uma função que descreva o lucro de uma companhia, o objetivo normalmente será o de maximização do resultado final.

3.2 Formulação do problema de otimização

Conforme descrito anteriormente, a fórmula padrão de cálculo do Risco de Mercado disponibilizada pela SUSEP é a seguinte:

$$CR_{merc.geral} = \sqrt{E' \times F \times E}$$

Onde F é a matriz de fatores padrão, e os vetores E e o seu transposto E' são as exposições líquidas calculadas para cada vértice padrão e a correspondente fonte de risco de mercado (Pré, IPCA, IGPM, etc.).

Dessa forma, para nosso estudo, consideraremos como função objetivo a fórmula padrão da SUSEP, de maneira a encontrar formas de minimização de seu resultado, e consequentemente o requerimento de capital para a sociedade seguradora.

A seguir precisamos determinar quais serão as variáveis de decisão que utilizaremos no exercício. Como a matriz F é uma constante de fatores determinados pela SUSEP, concentraremos nossa atenção nos vetores E e E', os quais passarei a chamar simplesmente de vetor E de agora em diante por se tratarem, em essência, do mesmo vetor.

O vetor E é composto pelas exposições líquidas calculadas nos diversos vértices padrão, porém para nosso problema de otimização iremos decompor o vetor para podermos inserir as variáveis de decisão que serão utilizadas.

Inicialmente podemos decompor o vetor E de exposições líquidas em um vetor composto de obrigações e ativos, conforme segue:

$$E = \begin{bmatrix} EL \text{ pré 1 mês} \\ \vdots \\ EL \text{ pré 15 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ igpm 3 meses} \\ \vdots \\ EL \text{ igpm 50 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ ipca 3 meses} \\ \vdots \\ EL \text{ ipca 50 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ tr 3 meses} \\ \vdots \\ EL \text{ tr 50 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ câmbio 1 mês} \\ \vdots \\ EL \text{ câmbio 10 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ igpm} \\ EL \text{ ipca} \\ EL \text{ tr} \\ EL \text{ ações} \\ EL \text{ câmbio} \\ EL \text{ commodities} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Obrigações \text{ pré 1 mês} + Ativos \text{ pré 1 mês} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ pré 15 anos} + Ativos \text{ pré 15 anos} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ igpm 3 meses} + Ativos \text{ igpm 3 meses} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ igpm 50 anos} + Ativos \text{ igpm 50 anos} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ ipca 3 meses} + Ativos \text{ ipca 3 meses} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ ipca 50 anos} + Ativos \text{ ipca 50 anos} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ tr 3 meses} + Ativos \text{ tr 3 meses} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ tr 50 anos} + Ativos \text{ tr 50 anos} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ câmbio 1 mês} + Ativos \text{ câmbio 1 mês} \\ \vdots \\ Obrigações \text{ câmbio 10 anos} + Ativos \text{ câmbio 10 anos} \\ \vdots \\ EL \text{ igpm} \\ EL \text{ ipca} \\ EL \text{ tr} \\ EL \text{ ações} \\ EL \text{ câmbio} \\ EL \text{ commodities} \end{bmatrix}$$

Neste estudo iremos considerar a parcela de obrigações do vetor E como sendo fixa, ou seja, uma vez determinada para cada data base ela não sofrerá alterações ao decorrer do processo de otimização. Isso vem da linha de raciocínio de que, uma vez que a sociedade seguradora vende uma apólice de seguros, ela é responsável por aquele passivo, não podendo, de forma geral, alterar a estrutura de suas obrigações já adquiridas.

A parcela de ativos será decomposta em duas partes:

- Ativos já existentes na carteira (At. Exist.)
- Ativos a serem adicionados à carteira (At. Adic.)

De forma geral, teremos:

$$Ativos_y = At.Exist._y + At.Adic._y$$

Onde:

- y = representa uma linha do vetor E, ou seja, o vértice em questão.
- At. Exist._y = A parcela de ativos já existente, reflete a situação atual da empresa com relação aos seus investimentos, respeitando a alocação nos vértices y do vetor E.
- At. Adic._y = A parcela de ativos a serem adicionados reflete os valores que seriam adicionados a cada um dos vértices y no caso de aquisição de novos ativos.

Essa abertura na parcela de ativos terá um efeito prático visível ao estudar diferentes cenários de alocação de recursos financeiros.

A parcela de ativos a serem adicionados será onde iremos inserir as nossas variáveis de decisão, por se tratar da parcela de ativos que podemos adicionar ou não a nossa carteira e consequentemente aumentar ou diminuir nosso risco de mercado ao incorporarmos esses valores em nosso vetor E.

Dessa forma, podemos descrever os valores de At. Adic. em cada um dos vértices da seguinte maneira:

$$At. Adic._y = x_1 Ativo1_y + x_2 Ativo2_y + \dots + x_{n-1} Ativo\ n - 1_y + x_n Ativo\ n_y$$

Ou seja:

$$At. Adic._y = \sum_{n=1}^n x_n Ativo\ n_y$$

Onde:

- $y =$ é o vértice que está sendo calculado no momento, ou seja, cada uma das linhas do vetor E.
- $Ativo\ n_y =$ É o valor que um determinado ativo adicionará no vértice y caso seja comprado, a variável n denota a quantidade de ativos sendo considerados no estudo, variando de 1 a n.
- $x_n =$ É a quantidade comprada do ativo n em questão.

Com isso, é necessário estabelecer para cada ativo considerado no estudo como opção para compra qual será o valor que ele representará dentro de cada um dos vértices do vetor E caso seja adicionado à carteira.

As quantidades x_n de cada ativo serão nossas variáveis de decisão, pois elas representam quanto foi comprado de cada um dos ativos disponíveis.

3.3 Determinação dos valores Ativo n_t

Para determinar o impacto de cada ativo no cálculo do risco de mercado, é necessário realizar a projeção de fluxo de caixa do ativo em questão e efetuar a devida alocação em vértices.

Com isso, utilizaremos como exemplo a NTN-F (Notas do tesouro nacional série F), com vencimento em 1 de janeiro de 2021 e a NTN-B (Notas do tesouro nacional série B), com vencimento em 15 de agosto de 2020, para demonstrar o processo a ser repetido para cada ativo a compor o estudo.

Inicialmente é necessário determinar o fluxo de recebimentos que cada unidade dos ativos proporcionará. Para isso utilizaremos, neste caso, a metodologia de cálculo dos títulos públicos divulgado pelo Tesouro Nacional.

Ambos os ativos utilizados como exemplo possuem a característica de pagarem cupons de juros semestrais e o recebimento do principal na data de vencimento, porém, enquanto a NTN-F é um papel do tesouro nacional com característica pré-fixada, a NTN-B é um papel atrelado ao IPCA, o que significa que no cálculo do risco de mercado eles serão alocados em vértices diferentes.

Tomaremos como base para todos os cálculos a data base de 30 de Junho de 2015.

Com isso, o fluxo de valores futuros da NTN-F e da NTN-B são os seguintes:

TABELA IV – Valores Futuros de NTN-F e NTN-B

NTN-F			NTN-B		
Data do fluxo	Valor futuro	Tipo	Data do fluxo	Valor futuro	Tipo
01/01/2016	48,81	Cupom de juros	15/08/2015	78,30	Cupom de juros
01/07/2016	48,81	Cupom de juros	15/02/2016	78,30	Cupom de juros
01/01/2017	48,81	Cupom de juros	15/08/2016	78,30	Cupom de juros
01/07/2017	48,81	Cupom de juros	15/02/2017	78,30	Cupom de juros
01/01/2018	48,81	Cupom de juros	15/08/2017	78,30	Cupom de juros
01/07/2018	48,81	Cupom de juros	15/02/2018	78,30	Cupom de juros
01/01/2019	48,81	Cupom de juros	15/08/2018	78,30	Cupom de juros
01/07/2019	48,81	Cupom de juros	15/02/2019	78,30	Cupom de juros
01/01/2020	48,81	Cupom de juros	15/08/2019	78,30	Cupom de juros
01/07/2020	48,81	Cupom de juros	15/02/2020	78,30	Cupom de juros
01/01/2021	1.048,81	Cupom + Principal	15/08/2020	2.726,98	Cupom + Principal

Após a determinação dos valores futuros, é necessário realizar o cálculo dos valores presentes dos fluxos e a alocação dos valores nos vértices padrão do vetor E.

A SUSEP disponibiliza mensalmente em seu sítio a estrutura a termo da taxa de juros (ETTJ) livre de risco, que deve ser utilizada para o cálculo dos valores presentes dos fluxos de caixa a serem utilizados no cálculo do risco de mercado. Desta forma, foi utilizada a ETTJ pré-fixada para o cálculo dos valores presentes da NTN-F e a ETTJ de IPCA para a NTN-B, resultando nos seguintes valores:

TABELA V – Valores Presentes de NTN-F e NTN-B

NTN-F				NTN-B			
Data do fluxo	Valor futuro	Dias úteis	Valor Presente	Data do fluxo	Valor futuro	Dias úteis	Valor Presente
01/01/2016	48,81	129	45,59	15/08/2015	78,30	34	76,71
01/07/2016	48,81	254	42,69	15/02/2016	78,30	158	73,95
01/01/2017	48,81	380	40,10	15/08/2016	78,30	285	72,10
01/07/2017	48,81	504	37,82	15/02/2017	78,30	413	70,05
01/01/2018	48,81	629	35,71	15/08/2017	78,30	536	67,87
01/07/2018	48,81	753	33,76	15/02/2018	78,30	660	65,78
01/01/2019	48,81	879	31,90	15/08/2018	78,30	786	63,67
01/07/2019	48,81	1.003	30,17	15/02/2019	78,30	912	61,71
01/01/2020	48,81	1.132	28,46	15/08/2019	78,30	1.036	59,79
01/07/2020	48,81	1.256	26,90	15/02/2020	78,30	1.164	57,98
01/01/2021	1.048,81	1.383	545,49	15/08/2020	2.726,98	1.288	1.958,44

O próximo passo é a alocação dos valores nos vértices padrão conforme a metodologia descrita anteriormente no item 2.1 deste trabalho, que ao ser aplicada para os ativos utilizados como exemplo trará os seguintes percentuais de alocação:

TABELA VI – Alocação dias úteis em vértices padrão para NTN-F e NTN-B

NTN-F					NTN-B				
Dias Úteis	Vértice anterior	Vértice posterior	Proporção anterior	Proporção posterior	Dias Úteis	Vértice anterior	Vértice posterior	Proporção anterior	Proporção posterior
129	0,50	1,00	97,62%	2,38%	34	-	0,25	0,00%	100,00%
254	1,00	1,50	98,41%	1,59%	158	0,5	1	74,60%	25,40%
380	1,50	2,00	98,41%	1,59%	285	1	1,5	73,81%	26,19%
504	1,50	2,00	0,00%	100,00%	413	1,5	2	72,22%	27,78%
629	2,00	2,50	0,79%	99,21%	536	2	2,5	74,60%	25,40%
753	2,50	3,00	2,38%	97,62%	660	2,5	3	76,19%	23,81%
879	3,00	4,00	51,19%	48,81%	786	3	4	88,10%	11,90%
1.003	3,00	4,00	1,98%	98,02%	912	3	4	38,10%	61,90%

NTN-F					NTN-B				
Dias Uteis	Vértice anterior	Vértice posterior	Proporção anterior	Proporção posterior	Dias Uteis	Vértice anterior	Vértice posterior	Proporção anterior	Proporção posterior
1.132	4,00	5,00	50,79%	49,21%	1.036	4	5	88,89%	11,11%
1.256	4,00	5,00	1,59%	98,41%	1.164	4	5	38,10%	61,90%
1.383	5,00	10,00	90,24%	9,76%	1.288	5	10	97,78%	2,22%

Aplicando as proporções de alocação em vértices acima sobre os valores presentes correspondentes dos fluxos de cada ativo, obtemos as seguintes alocações finais em vértice:

TABELA VII – Valores presentes alocados em vértices padrão para NTN-F e NTN-B

Vértice	NTN-F Pré	NTN-B IPCA
0,08	10,00	0
0,25	0,00	76,71
0,5	44,50	55,17
1	43,10	71,99
1,5	40,14	69,48
2	38,74	70,09
2,5	36,23	67,35
3	49,88	95,26
4	60,02	121,02
5	532,72	1.957,46
10	53,25	43,52

Sendo assim, determinamos quanto cada unidade comprada de NTN-F ou NTN-B terá de impacto sobre os respectivos vértices do vetor E.

O mesmo procedimento foi realizado para outros 14 ativos, sendo 8 ativos pré-fixados e 6 ativos atrelados ao IPCA que serão utilizados como alternativas de investimento no exercício de otimização proposto. O resultado final de alocação em vértices destes ativos pode ser visto no anexo II deste trabalho.

3.4 Elaboração do Processo de Otimização

Em posse dos valores que a compra de cada um dos 14 ativos terá na matriz de exposições líquidas, o próximo passo é montar o cálculo do Risco de Mercado em um software que nos dê a opção de manter as variáveis de decisão em aberto, para implementarmos o processo de otimização.

Neste estudo a ferramenta escolhida foi o Excel por já possuir em sua ferramenta chamada Solver um processo poderoso o suficiente para calcular e demonstrar as possíveis aplicações do método descrito neste trabalho, sendo este o objetivo. Para aplicações mais complexas, considerando números maiores de ativos, ou então contendo mais limitações no modelo, a utilização de softwares mais poderosos é indicada, como por exemplo o MATLAB, que necessita de uma programação um pouco mais complexa, porém compensa isso com uma capacidade de processamento superior e também com capacidade de análise de cenários mais complexos que o que podemos desenvolver no Excel.

O processo de elaboração da planilha Excel para otimização do Risco de Mercado consistiu em, primeiramente, construir o cálculo do Vetor E com as aberturas descritas anteriormente na seção 3.2 deste trabalho, considerando os valores de Obrigação para linha n do vetor E e a soma de ativos, sendo esses divididos em ativos existentes e ativos adicionais.

Para os Ativos Adicionais, os valores a serem considerados em cada uma das linhas do vetor E será o valor que os 14 ativos estudados tem de impacto no respectivo vértice do vetor E multiplicados pela quantidade de cada um deles, onde as quantidades são nossas variáveis de decisão que utilizaremos na ferramenta Solver do Excel.

Para um melhor entendimento da construção do vetor E, o anexo III apresenta uma imagem que exemplifica o processo.

Uma vez tendo o nosso vetor E construído, o próximo passo é realizar o cálculo do Risco de Mercado utilizando o mesmo, para isso utilizamos a matriz F de fatores padrão da SUSEP e aplicamos a forma padrão:

$$CR_{merc.geral} = \sqrt{E' \times F \times E}$$

Que no Excel pode ser calculado da seguinte forma utilizando o cálculo de matrizes:

$$\{SQRT(MMULT(MMULT(TRANSPPOSE(E);F);(E)))\}$$

Onde E e F são as áreas onde as respectivas matrizes se encontram na planilha Excel.

O último passo é fazer o cálculo do total de dinheiro investido em cada um dos cenários. Para isso foram coletados os preços de compra de cada um dos 14 ativos na data base de cálculo e armazenados em uma tabela auxiliar dentro da planilha. Para o cálculo do total investido fazemos a multiplicação dos preços de cada ativo com as respectivas quantidades compradas, que são nossas variáveis de decisão do modelo. Assim podemos determinar o montante de recursos necessários para realizarmos cada um dos cenários projetados.

Com isso podemos implementar o processo de otimização dentro da ferramenta Solver do Excel, da seguinte forma:

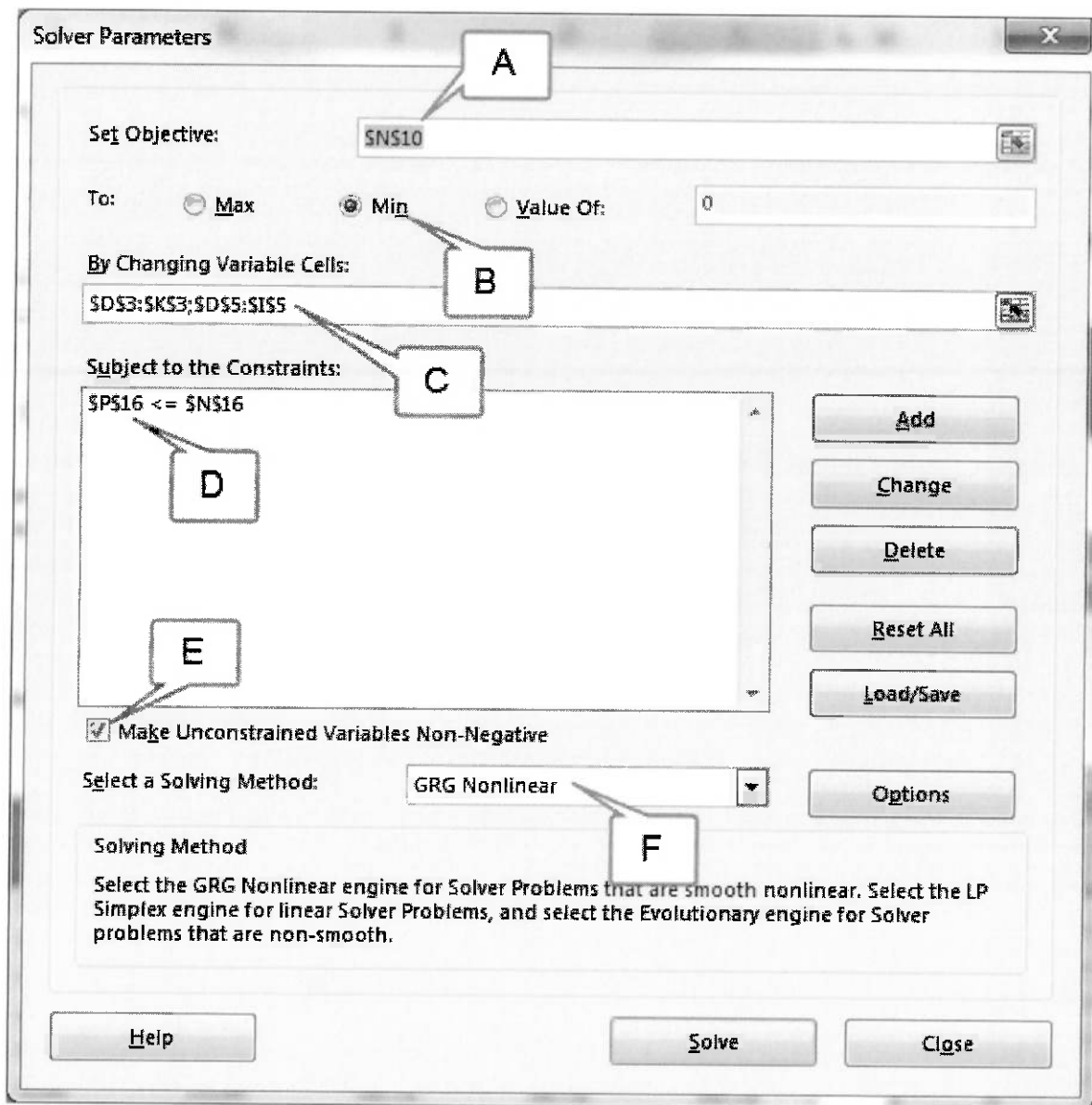


Figura II – Exemplo da ferramenta Solver

Onde:

- A. Célula onde se encontra nossa função objetivo do problema de otimização, no caso deste estudo é a célula onde se encontra o cálculo do Risco de Mercado através da fórmula padrão da SUSEP

- B. Nesta opção podemos escolher Maximizar, Minimizar ou determinar um valor específico para a nossa função objetivo. Neste estudo selecionamos a opção “Min “para minimizarmos a função objetivo Risco de Mercado.
- C. Nesta área deve ser selecionada a localização de todas as nossas variáveis de decisão que serão utilizadas pela ferramenta para atingir o objetivo de minimização. No nosso estudo, foram selecionadas as células que representam as quantidades a serem compradas de cada um dos 14 ativos estudados.
- D. Nesta área a ferramenta Solver nos possibilita inserir restrições aos cálculos. No nosso estudo utilizaremos como restrição o volume de ativos financeiros disponíveis para a realização de cada cenário. Com isso, foi criada a restrição de que o total aplicado (calculada através da multiplicação do preço dos ativos e as quantidades determinadas pelas variáveis de decisão) deve ser menor ou igual ao total de recursos disponíveis, que será uma célula auxiliar na planilha Excel, onde podemos determinar diferentes valores de recursos financeiros disponíveis.
- E. Esta opção faz com a ferramenta não traga soluções que possuam variáveis de decisão negativas. Estamos habilitando essa opção pois estaremos analisando apenas a possibilidade de compra de novos ativos, ou seja, quantidades positivas de ativos novos. Em uma modelagem diferente, onde a venda de ativos estivesse incluída no processo de cálculo, a utilização dessa opção deveria ser feita de forma diferente, onde quantidades negativas de ativos sugeririam a venda dos mesmos.
- F. O método selecionado para a resolução dos problemas será o GRG Nonlinear (Generalized Reduced Gradient), que é a opção de método de resolução para problemas não lineares mais indicada dentre as contidas no Solver.

Com isso, o processo de otimização está pronto para ser executado. Nos próximos itens serão demonstrados diferentes maneiras que processo descrito pode ser executado para atingir objetivos diferentes de minimização do risco de mercado.

3.5 Exemplo 1 – Carteira ótima para obrigações Pré-fixadas

Neste exemplo consideraremos uma empresa que possua apenas obrigações Pré-fixadas, e rodaremos a ferramenta de minimização de risco de mercado com o objetivo de determinar a carteira ótima para minimização do Risco de Mercado.

Os fluxos de obrigações considerados para este cenário foram os seguintes:

TABELA VIII – Fluxo de obrigações (Exemplo 1)

Vértice	TIPO	PASSIVO
0,08	Pré	2.218.738,94
0,25	Pré	-17.292.054,90
0,50	Pré	17.031.315,90
1,00	Pré	-113.024.334,38
1,50	Pré	-164.635.798,59
2,00	Pré	-107.399.953,04
2,50	Pré	-76.442.017,27
3,00	Pré	-67.002.966,46
4,00	Pré	-52.621.238,80
5,00	Pré	-46.905.780,45
10,00	Pré	-12.172.396,61
15,00	Pré	-165.447,89

Como o objetivo deste cenário é determinar a carteira ótima, o processo será realizado sem considerar valores já existentes de ativos na carteira. Além disso, não será colocada nenhuma restrição sobre o valor de recursos disponíveis para compra de ativos, uma vez que o objetivo deste estudo será justamente determinar qual o valor de ativos necessário para minimizar o risco de mercado e qual a alocação ótima deste montante.

Aplicando a fórmula padrão apenas sobre o fluxo de obrigações demonstrado acima, chegamos a um valor de Risco de Mercado de R\$ 26.893.737,83 , o qual deverá ser reduzido com a compra de ativos pré-fixados.

Resultado:

Após o processo de otimização através do Solver, chegamos ao seguinte resultado:

TABELA IX – Quantidades investidas (Exemplo 1)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	29.374,20	28.136.660,21
	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/18	271.408,30	196.673.307,62
	01/jan/21	0,00	0,00
NTN-F	01/jan/17	295.696,90	284.472.246,28
	01/jan/21	147.825,94	124.939.524,33
	01/jan/23	10.642,67	8.574.799,56
	01/jan/25	0,00	0,00
NTN-B	15/mai/17	0,00	0,00
	15/ago/20	0,00	0,00
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mai/30	0,00	0,00
	15/mai/45	0,00	0,00
	15/ago/50	0,00	0,00
TOTAL		754.948,00	642.796.537,99

Através das quantidades acima, foi determinado a seguinte composição do vetor E:

TABELA X – Composição do Vetor E (Exemplo 1)

		Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA
Vértice	TIPO	At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	VETOR E
0,08	Pré	0,00	2.218.738,94	0,00	2.218.738,94
0,25	Pré	0,00	-17.292.054,90	0,00	-17.292.054,90
0,5	Pré	0,00	17.031.315,90	46.994.198,80	64.025.514,70
1	Pré	0,00	-113.024.334,38	20.227.902,42	-92.796.431,96
1,5	Pré	0,00	-164.635.798,59	257.331.842,27	92.696.043,68
2	Pré	0,00	-107.399.953,04	11.759.169,32	-95.640.783,72
2,5	Pré	0,00	-76.442.017,27	202.722.093,99	126.280.076,72
3	Pré	0,00	-67.002.966,46	7.905.176,35	-59.097.790,11
4	Pré	0,00	-52.621.238,80	9.511.916,57	-43.109.322,23
5	Pré	0,00	-46.905.780,45	82.253.419,09	35.347.638,64
10	Pré	0,00	-12.172.396,61	10.390.030,67	-1.782.365,94
15	Pré	0,00	-165.447,89	0,00	-165.447,89

Resultando em um valor final de Risco de Mercado igual a R\$ 51.791,29.

Como podemos ver, a ferramenta foi capaz de, através da escolha balanceada dos ativos pré-fixados disponíveis, determinar uma carteira que fizesse com que o Risco de Mercado fosse reduzido de R\$ 26.893.737,83 para R\$ 51.790,22.

Para atingir esse objetivo, a empresa teria que dispor de R\$ 642.796.537,99 na compra de ativos de renda fixa pré-fixada.

3.6 Exemplo 2 – Carteira ótima para obrigações Pré-fixadas com restrição de recursos.

Neste exemplo, faremos a simulação utilizando a mesma estrutura de obrigações do exemplo 1, porém adicionaremos uma restrição de recursos disponíveis pela empresa para a compra de ativos para verificar qual o melhor cenário possível para cada volume de recursos disponível.

Cenário 2.a – Recursos Limitados a R\$ 600 milhões

TABELA XI – Quantidades Investidas (Exemplo 2.a)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	0,00	0,00
	01/jan/17	361.934,92	300.923.553,46
	01/jan/18	285.202,05	206.668.810,75
	01/jan/21	193.814,61	92.271.261,71
NTN-F	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/21	0,00	0,00
	01/jan/23	0,00	0,00
	01/jan/25	175,33	136.373,97
NTN-B	15/mai/17	0,00	0,00
	15/ago/20	0,00	0,00
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mai/30	0,00	0,00
	15/mai/45	0,00	0,00
	15/ago/50	0,00	0,00
TOTAL		841.126,91	599.999.999,89

Com limitação de 600 milhões de reais a serem investidos, o melhor cenário encontrado resultou em um Risco de Mercado de R\$ 189.761.87.

Cenário 2.b – Recursos Limitados a R\$ 400 milhões

TABELA XI – Quantidades Investidas (Exemplo 2.b)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	0,00	0,00
	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/18	389.154,69	281.997.056,54
	01/jan/21	247.863,67	118.002.933,64
NTN-F	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/21	0,00	0,00
	01/jan/23	0,00	0,00
	01/jan/25	0,00	0,00
NTN-B	15/mai/17	0,00	0,00
	15/ago/20	0,00	0,00
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mai/30	0,00	0,00
	15/mai/45	0,00	0,00
	15/ago/50	0,00	0,00
TOTAL		637.018,36	399.999.990,17

Neste cenário o valor do Risco de Mercado é de R\$ 3.121.634,59 , demonstrando que conforme a quantidade de recursos disponíveis cai, a capacidade de minimizar o Risco de Mercado vai sendo reduzida.

3.7 Exemplo 3 – Carteira ótima para Obrigações Pré-Fixadas e atreladas ao IPCA.

Neste exemplo, iremos determinar a carteira ótima para uma empresa que possua obrigações tanto pré-fixadas como atreladas ao IPCA.

De forma semelhante ao realizado no exemplo 1, não serão feitas restrições sobre o montante de recursos disponíveis para a compra de ativos.

Os fluxos das obrigações da empresa a serem considerados neste exemplo são os seguintes:

TABELA XII – Fluxo de obrigações (Exemplo 3)

Vértice	TIPO	PASSIVO
0,08	Pré	1.464.368
0,25	Pré	-11.412.756
0,50	Pré	11.240.668
1,00	Pré	-74.596.061
1,50	Pré	-108.659.627
2,00	Pré	-70.883.969
2,50	Pré	-50.451.731
3,00	Pré	-44.221.958
4,00	Pré	-34.730.018
5,00	Pré	-30.957.815
10,00	Pré	-8.033.782
15,00	Pré	-109.196
0,25	IPCA	13.344.368
0,5	IPCA	-14.071.928
1	IPCA	13.859.744
1,5	IPCA	-91.976.943
2	IPCA	-107.195.259
2,5	IPCA	-82.296.725
3	IPCA	-39.211.063
4	IPCA	-118.818.019
5	IPCA	-143.389.645
10	IPCA	-101.841.784
15	IPCA	-58.485.513
20	IPCA	-44.331.153
25	IPCA	-46.190.923
30	IPCA	-41.173.894
35	IPCA	-10.684.930
40	IPCA	-145.230
45	IPCA	0
50	IPCA	0

O Risco de Mercado para o fluxo de obrigações descrito acima é de R\$ 105.856.493,34, e deverá ser minimizado através da construção da carteira ótima, desta vez comprando ativos pré-fixados e também ativos atrelados ao IPCA.

Resultado:

Após o processo de otimização através do Solver, chegamos ao seguinte resultado:

TABELA XIII – Quantidades Investidas (Exemplo 3)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	0,00	0,00
	01/jan/17	265.486,73	220.733.632,44
	01/jan/18	191.421,22	138.711.475,59
	01/jan/21	129.989,04	61.885.181,59
NTN-F	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/21	0,00	0,00
	01/jan/23	8.465,85	6.820.936,67
	01/jan/25	34,71	26.998,29
NTN-B	15/mai/17	86.000,14	227.350.817,36
	15/ago/20	94.215,66	250.316.880,93
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mai/30	32.007,03	84.570.898,11
	15/mai/45	129.105,55	342.376.301,38
	15/ago/50	3.770,15	10.208.685,62
TOTAL		940.496,08	1.343.001.807,99

Através das quantidades acima, foi determinado a seguinte composição do vetor E:

TABELA XIV – Composição do Vetor E (Exemplo 3)

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA VETOR E
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
0,08	Pré	0,00	1.464.367,70	0,00	1.464.367,70
0,25	Pré	0,00	-11.412.756,23	0,00	-11.412.756,23
0,5	Pré	0,00	11.240.668,49	378.297,52	11.618.966,01
1	Pré	0,00	-74.596.060,69	366.376,75	-74.229.683,95
1,5	Pré	0,00	-108.659.627,07	215.013.054,96	106.353.427,89
2	Pré	0,00	-70.883.969,01	4.903.165,71	-65.980.803,29
2,5	Pré	0,00	-50.451.731,40	139.236.510,79	88.784.779,39
3	Pré	0,00	-44.221.957,86	424.048,94	-43.797.908,93
4	Pré	0,00	-34.730.017,61	510.237,59	-34.219.780,02
5	Pré	0,00	-30.957.815,10	63.801.048,95	32.843.233,85
10	Pré	0,00	-8.033.781,76	8.615.969,77	582.188,01
15	Pré	0,00	-109.195,61	0,00	-109.195,61
0,25	IPCA	0,00	13.344.367,70	16.332.718,14	29.677.085,84
0,5	IPCA	0,00	-14.071.928,44	19.689.454,57	5.617.526,13
1	IPCA	0,00	13.859.744,25	24.848.220,81	38.707.965,07
1,5	IPCA	0,00	-91.976.942,83	77.081.422,04	-14.895.520,79

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA VETOR E
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
2	IPCA	0,00	-107.195.259,37	170.314.978,38	63.119.719,01
2,5	IPCA	0,00	-82.296.725,24	17.525.037,22	-64.771.688,02
3	IPCA	0,00	-39.211.062,90	24.713.304,07	-14.497.758,83
4	IPCA	0,00	-118.818.018,55	31.192.078,99	-87.625.939,57
5	IPCA	0,00	-143.389.644,68	236.653.360,47	93.263.715,79
10	IPCA	0,00	-101.841.784,10	75.957.428,95	-25.884.355,16
15	IPCA	0,00	-58.485.513,16	82.277.859,88	23.792.346,72
20	IPCA	0,00	-44.331.153,47	32.333.951,09	-11.997.202,38
25	IPCA	0,00	-46.190.923,42	27.016.448,07	-19.174.475,35
30	IPCA	0,00	-41.173.894,08	68.221.563,89	27.047.669,81
35	IPCA	0,00	-10.684.929,74	1.547.039,44	-9.137.890,30
40	IPCA	0,00	-145.230,16	3.223,01	-142.007,15
45	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00
50	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00

Resultando em um valor final de Risco de Mercado igual a R\$ 994.891,56

Como podemos ver, a ferramenta foi capaz de, através da escolha balanceada dos ativos pré-fixados e atrelados ao IPCA disponíveis, determinar uma carteira que fizesse com que o Risco de Mercado fosse reduzido de R\$ 105.856.493,34 para R\$ 994.891,56.

Para atingir esse objetivo, a empresa teria que dispor de R\$ 1.343.001.807,99 na compra de ativos de renda fixa pré-fixada e atrelados ao IPCA

3.8 Exemplo 4 – Carteira ótima para Obrigações Pré-Fixadas e atreladas ao IPCA com restrição de recursos.

Neste exemplo, faremos a simulação utilizando a mesma estrutura de obrigações do exemplo 3, porém adicionaremos uma restrição de recursos disponíveis pela empresa para a compra de ativos para verificar qual o melhor cenário possível para cada volume de recursos disponível.

Os recursos disponíveis serão limitados a 1 bilhão de reais.

Resultado:

Após o processo de otimização através do Solver, chegamos ao seguinte resultado:

TABELA XV – Quantidades Investidas (Exemplo 4)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	0,00	0,00
	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/18	0,00	0,00
	01/jan/21	311.177,09	148.145.187,39
NTN-F	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/21	0,00	0,00
	01/jan/23	0,00	0,00
	01/jan/25	0,00	0,00
NTN-B	15/mai/17	34.520,84	91.259.628,21
	15/ago/20	130.136,91	345.754.238,59
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mai/30	14.252,72	37.659.387,01
	15/mai/45	142.230,15	377.181.558,79
	15/ago/50	0,00	0,00
TOTAL		632.317,70	999.999.999,99

Através das quantidades acima, foi determinado a seguinte composição do vetor E:

TABELA XVI – Composição do Vetor E (Exemplo 4)

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA VETOR E
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
0,08	Pré	0,00	1.464.367,70	0,00	1.464.367,70
0,25	Pré	0,00	-11.412.756,23	0,00	-11.412.756,23
0,5	Pré	0,00	11.240.668,49	0,00	11.240.668,49
1	Pré	0,00	-74.596.060,69	0,00	-74.596.060,69
1,5	Pré	0,00	-108.659.627,07	0,00	-108.659.627,07
2	Pré	0,00	-70.883.969,01	0,00	-70.883.969,01
2,5	Pré	0,00	-50.451.731,40	0,00	-50.451.731,40
3	Pré	0,00	-44.221.957,86	0,00	-44.221.957,86
4	Pré	0,00	-34.730.017,61	0,00	-34.730.017,61
5	Pré	0,00	-30.957.815,10	146.046.422,14	115.088.607,04
10	Pré	0,00	-8.033.781,76	15.799.217,17	7.765.435,41
15	Pré	0,00	-109.195,61	0,00	-109.195,61
0,25	IPCA	0,00	13.344.367,70	16.797.160,91	30.141.528,61
0,5	IPCA	0,00	-14.071.928,44	18.219.781,29	4.147.852,86
1	IPCA	0,00	13.859.744,25	23.122.629,66	36.982.373,92
1,5	IPCA	0,00	-91.976.942,83	43.829.999,03	-48.146.943,80
2	IPCA	0,00	-107.195.259,37	80.962.378,95	-26.232.880,41

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA VETOR E
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
2,5	IPCA	0,00	-82.296.725,24	19.376.532,77	-62.920.192,47
3	IPCA	0,00	-39.211.062,90	27.334.142,00	-11.876.920,91
4	IPCA	0,00	-118.818.018,55	34.527.385,38	-84.290.633,17
5	IPCA	0,00	-143.389.644,68	304.308.598,22	160.918.953,54
10	IPCA	0,00	-101.841.784,10	73.202.639,07	-28.639.145,03
15	IPCA	0,00	-58.485.513,16	63.418.330,18	4.932.817,02
20	IPCA	0,00	-44.331.153,47	34.610.246,61	-9.720.906,86
25	IPCA	0,00	-46.190.923,42	29.002.162,05	-17.188.761,36
30	IPCA	0,00	-41.173.894,08	74.581.920,88	33.408.026,80
35	IPCA	0,00	-10.684.929,74	0,00	-10.684.929,74
40	IPCA	0,00	-145.230,16	0,00	-145.230,16
45	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00
50	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00

Resultando em um valor de Risco de Mercado de R\$ 6.307.670,32.

Podemos verificar nesse cenário que a ferramenta de otimização, dada a quantidade de recursos escassos, decidiu por inicialmente casar as obrigações atreladas ao IPCA com os respectivos ativos para só depois iniciar a cobertura das obrigações pré-fixadas com ativos.

3.9 Exemplo 5 - Realocação de recursos

Uma outra possível aplicação de um processo de otimização como o desenvolvido neste trabalho, é a possibilidade de estudar o impacto de uma realocação de recursos já existentes em uma carteira.

Neste exemplo, iremos estudar o impacto sobre o risco de mercado onde já existe uma carteira de ativos e a companhia possui R\$ 300 milhões aplicados em ações do IBOVESPA.

Dessa forma, analisaremos qual o impacto sobre o Risco de Mercado ao se desfazer de parte dessas ações e aplicar o montante resultante dessa venda em títulos públicos.

O fluxo de obrigações e de ativos existentes a ser considerado para este exemplo é o seguinte:

TABELA XVII – Fluxo de Obrigações (Exemplo 5)

Vértice	TIPO	Situação atual	
		At.Exist.	PASSIVO
0,08	Pré	0,00	1.464.367,70
0,25	Pré	0,00	-11.412.756,23
0,5	Pré	2.629.160,35	11.240.668,49
1	Pré	1.402.948,35	-74.596.060,69
1,5	Pré	7.385.121,83	-108.659.627,07
2	Pré	1.211.999,69	-70.883.969,01
2,5	Pré	4.742.281,44	-50.451.731,40
3	Pré	1.392.274,79	-44.221.957,86
4	Pré	1.675.256,96	-34.730.017,61
5	Pré	12.385.890,23	-30.957.815,10
10	Pré	6.630.609,27	-8.033.781,76
15	Pré	0,00	-109.195,61
0,25	IPCA	11.770.574,02	13.344.367,70
0,5	IPCA	11.932.494,01	-14.071.928,44
1	IPCA	15.202.516,18	13.859.744,25
1,5	IPCA	22.358.273,34	-91.976.942,83
2	IPCA	35.354.981,46	-107.195.259,37
2,5	IPCA	13.443.959,04	-82.296.725,24
3	IPCA	18.971.064,87	-39.211.062,90
4	IPCA	23.979.792,69	-118.818.018,55
5	IPCA	111.427.712,56	-143.389.644,68
10	IPCA	108.342.642,15	-101.841.784,10
15	IPCA	82.051.521,25	-58.485.513,16
20	IPCA	25.274.919,42	-44.331.153,47
25	IPCA	20.191.499,80	-46.190.923,42
30	IPCA	36.094.456,54	-41.173.894,08
35	IPCA	19.530.780,86	-10.684.929,74
40	IPCA	40.689,22	-145.230,16
45	IPCA	0,00	0,00
50	IPCA	0,00	0,00
IBOVESPA		300.000.000,00	0,00

O Risco de Mercado resultante da exposição acima é de R\$ 59.741.330,93 , que deverá ser minimizado através da venda das ações e compra de títulos públicos nos cenários a seguir:

Com a venda de 300 milhões de ações, será feito o processo de otimização considerando os fluxos já existentes de ativos e obrigações, adicionando para otimização o montante máximo de 70 milhões de reais em títulos públicos atrelados ao IPCA ou Pré-fixados.

Com isso, o processo de otimização resultou no seguinte cenário:

TABELA XVIII – Quantidades Investidas (Exemplo 5)

Ativo	Vencimento	Quantidade	Total Investido
LTN	01/jan/16	0,00	0,00
	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/18	0,00	0,00
	01/jan/21	271.819,49	129.407.821,72
NTN-F	01/jan/17	0,00	0,00
	01/jan/21	0,00	0,00
	01/jan/23	0,00	0,00
	01/jan/25	0,00	0,00
NTN-B	15/mar/17	0,00	0,00
	15/ago/20	39.929,90	106.087.760,36
	15/ago/24	0,00	0,00
	15/mar/30	0,00	0,00
	15/mar/45	24.323,76	64.504.416,61
	15/ago/50	0,00	0,00
TOTAL		336.073,15	299.999.998,69

Resultando na seguinte composição do Vetor E:

TABELA XVIII – Composição do Vetor E (Exemplo 5)

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	VETOR E
0,08	Pré	0,00	1.464.367,70	0,00	1.464.367,70
0,25	Pré	0,00	-11.412.756,23	0,00	-11.412.756,23
0,5	Pré	2.629.160,35	11.240.668,49	0,00	13.869.828,84
1	Pré	1.402.948,35	-74.596.060,69	0,00	-73.193.112,34
1,5	Pré	7.385.121,83	-108.659.627,07	0,00	-101.274.505,24
2	Pré	1.211.999,69	-70.883.969,01	0,00	-69.671.969,31
2,5	Pré	4.742.281,44	-50.451.731,40	0,00	-45.709.449,96
3	Pré	1.392.274,79	-44.221.957,86	0,00	-42.829.683,07
4	Pré	1.675.256,96	-34.730.017,61	0,00	-33.054.760,65
5	Pré	12.385.890,23	-30.957.815,10	127.574.507,77	109.002.582,89

Vértice	TIPO	Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LÍQUIDA
		At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
10	Pré	6.630.609,27	-8.033.781,76	13.800.936,20	12.397.763,71
15	Pré	0,00	-109.195,61	0,00	-109.195,61
0,25	IPCA	11.770.574,02	13.344.367,70	3.930.781,26	29.045.722,98
0,5	IPCA	11.932.494,01	-14.071.928,44	3.608.755,87	1.469.321,45
1	IPCA	15.202.516,18	13.859.744,25	4.626.170,97	33.688.431,41
1,5	IPCA	22.358.273,34	-91.976.942,83	4.517.533,23	-65.101.136,26
2	IPCA	35.354.981,46	-107.195.259,37	4.449.912,98	-67.390.364,94
2,5	IPCA	13.443.959,04	-82.296.725,24	4.338.827,34	-64.513.938,85
3	IPCA	18.971.064,87	-39.211.062,90	6.125.615,20	-14.114.382,84
4	IPCA	23.979.792,69	-118.818.018,55	7.751.184,93	-87.087.040,93
5	IPCA	111.427.712,56	-143.389.644,68	85.866.459,41	53.904.527,30
10	IPCA	108.342.642,15	-101.841.784,10	12.145.863,49	18.646.721,53
15	IPCA	82.051.521,25	-58.485.513,16	7.842.428,20	31.408.436,29
20	IPCA	25.274.919,42	-44.331.153,47	5.918.936,69	-13.137.297,36
25	IPCA	20.191.499,80	-46.190.923,42	4.959.859,52	-21.039.564,10
30	IPCA	36.094.456,54	-41.173.894,08	12.754.768,05	7.675.330,51
35	IPCA	19.530.780,86	-10.684.929,74	0,00	8.845.851,11
40	IPCA	40.689,22	-145.230,16	0,00	-104.540,94
45	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00
50	IPCA	0,00	0,00	0,00	0,00
IBOVESPA		0,00	0,00	0,00	0,00

O Risco de Mercado resultante da exposição acima é de R\$ 9.522.689,25. Com a venda das ações na carteira, o Risco de Mercado já é reduzido para R\$ 34.082.343,12 sendo a diminuição deste valor para o resultado final atingido através da distribuição dos 300 milhões de reais em títulos públicos.

Através deste exercício, é possível ver como a escolha da composição da carteira de investimentos de uma companhia pode gerar resultados bastante diferentes em termos de Risco de Mercado.

II. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo demonstrar o atual cenário de requerimento de capital do mercado segurador brasileiro, ressaltando a importância da existência de tais exigências para a saúde financeira das empresas do setor, através da demonstração dos diversos fatores de risco aos quais uma empresa de seguros está exposta. A exigência de capital baseado em risco é extremamente importante para a existência de um mercado forte e sólido, de forma a proteger, principalmente, o consumidor de seguros.

Dentre os capitais de risco exigidos, o Risco de Mercado, conforme demonstrado ao longo do trabalho, surge do nível de volatilidade do preço de mercado dos ativos da companhia, de maneira que o seu cálculo é baseado na exposição líquida entre os ativos e passivos futuros da empresa.

Com isso, o processo descrito neste trabalho visou demonstrar que é possível criar uma ferramenta de cálculo do Risco de Mercado que leve em consideração a possibilidade de adição de novos ativos à carteira de investimentos da empresa, onde, através de ferramentas de otimização, é possível definir quais os melhores investimentos a serem feitos com os recursos disponíveis.

Esse tipo de processo pode ser facilmente implementado pelas seguradoras, possibilitando principalmente o entendimento de seu portfólio de riscos e consequentemente auxiliando na tarefa de minimizar sua exposição aos fatores de mercado presentes nessa exposição. Essa minimização da exposição tem consequentemente o efeito de uma exigência de capital reduzida para se operar no mercado, possibilitando as empresas a terem maior flexibilidade na utilização de seu capital.

A ferramenta proposta neste trabalho é uma ideia inicial do que pode ser atingido ao se aplicar um processo de otimização dentro das empresas do mercado, de maneira que para

aplicação deste tipo de análise cada seguradora deveria realizar adaptações ao modelo proposto, para capturar a complexidade de suas operações.

Uma adaptação possível, por exemplo, seria programar o processo de otimização para também levar em consideração o retorno esperado dos títulos, uma vez que a relocação de portfólio de investimento sugerida pelo processo de otimização também terá efeito nos retornos financeiros da companhia. Por isso é importante ressaltar que a ferramenta proposta deve ser utilizada como um instrumento adicional para tomada de decisão no processo de investimentos das sociedades seguradoras, onde outros fatores também devem ser levados em consideração.

REFERÊNCIAS

- Sandström, A. 2006. *Solvency: models, assessment and regulation*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Sandström, A. 2010. *Handbook of solvency for actuaries and risk managers: theory and practice*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- European Parliament and the Council of the European Union, 2009. *Directive 2009/138/EC of the European Parliament and the Council of the European Union of 25 November 2009 on the taking-up and pursuit of the business of Insurance and Reinsurance (Solvency II)*.
- International Association of Insurance Supervisors (IAIS), 2015. *Application paper on the regulation and supervision of captive insurers*.
- International Actuarial Association (IAA), 2004. *A Global Framework for Insurer Solvency Assessment: A Report by the Insurer Solvency Assessment Working Party of the International Actuarial Association*.
- Cordeiro Filho, Antonio 2014. *Cálculo actuarial aplicado: teoria e aplicações*. 2. Ed. – São Paulo: Atlas, 2014.
- De Oliveira, Mario, et al, 2012. *Tábuas biométricas de mortalidade e sobrevivência: experiência do mercado segurador brasileiro*. Rio de Janeiro : Funenseg, 2012.
- Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), 2015. *Capital de Risco baseado no Risco de Mercado – Relatório Final*.
- Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), 2010. *Risco de Crédito – Relatório*.
- Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), 2012. *Capital adicional relativo ao Risco Operacional – Relatório Final*.
- Resolução n. 8, de 04 de maio de 1978. (1978). Dispõe sobre o capital mínimo das sociedades seguradoras. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.
- Resolução n. 8, de 21 de julho de 1989. (1989). Dispõe sobre margem de solvência e ativo líquido das sociedades seguradoras. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

Resolução n. 158, de 26 de dezembro de 2006. (2006). Dispõe sobre as regras sobre o capital adicional baseado nos riscos de subscrição das sociedades seguradoras e das outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

Resolução n. 228, de 06 de dezembro de 2010. (2010). Dispõe sobre os critérios de estabelecimento do capital adicional baseado no risco de crédito das sociedades seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores locais. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

Resolução n. 283, de 30 de janeiro de 2013. (2013). Dispõe sobre os critérios de estabelecimento do capital adicional baseado no risco operacional das sociedades seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores locais. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

Resolução n. 321, de 15 de julho de 2015. (2015). Dispõe sobre provisões técnicas, ativos redutores da necessidade de cobertura das provisões técnicas, capital de risco baseado nos riscos de subscrição, de crédito, operacional e de mercado, patrimônio líquido ajustado, capital mínimo requerido, plano de regularização de solvência, limites de retenção, critérios para a realização de investimentos, normas contábeis, auditoria contábil e auditoria atuarial independentes e Comitê de Auditoria referentes a seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

Circular n. 517, de 30 de julho de 2015. (2015). Dispõe sobre provisões técnicas; teste de adequação de passivos; ativos redutores; capital de risco de subscrição, crédito, operacional e mercado; constituição de banco de dados de perdas operacionais; plano de regularização de solvência; registro, custódia e movimentação de ativos, títulos e valores mobiliários garantidores das provisões técnicas; Formulário de Informações Periódicas – FIP/SUSEP; Normas Contábeis e auditoria contábil independente das seguradoras, entidades abertas de previdência complementar, sociedades de capitalização e resseguradores; exame de certificação e educação profissional continuada do auditor contábil independente e sobre os Pronunciamentos Técnicos elaborados pelo Instituto Brasileiro de Atuária – IBA.. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Conselho Nacional de Seguros Privados.

ANEXOS

Anexo I – Matriz de Fatores de Risco

A matriz de fatores de risco de mercado está apresentada nas tabelas de 1 a 9 deste anexo:

Tabela 1 – Matriz de Fatores de Risco

A	B	C	D
E	F	G	H

Tabela 3 – Matriz de Fatores de Risco – Partição B

	Item 1268	Item 2026	Item 3780	Item 5534	Item 7288	Item 9042	Item 10796	Item 12550	Item 14304	Item 16058	Item 17812	Item 19566	Item 21320	Item 23074	Item 24828	Item 26582	Item 28336	Item 30090	Item 31844	Item 33598	Item 35352	Item 37106	Item 38860	Item 40614	Item 42368	Item 44122	Item 45876	Item 47630	Item 49384	Item 51138	Item 52892	Item 54646	Item 56400	Item 58154	Item 59908	Item 61662	Item 63416	Item 65170	Item 66924	Item 68678	Item 70432	Item 72186	Item 73940	Item 75694	Item 77448	Item 79202	Item 80956	Item 82710	Item 84464	Item 86218	Item 87972	Item 89726	Item 91480	Item 93234	Item 94988	Item 96742	Item 98496	Item 100250	Item 102004	Item 103758	Item 105512	Item 107266	Item 109020	Item 110774	Item 112528	Item 114282	Item 116036	Item 117790	Item 119544	Item 121298	Item 123052	Item 124806	Item 126560	Item 128314	Item 130068	Item 131822	Item 133576	Item 135330	Item 137084	Item 138838	Item 140592	Item 142346	Item 144100	Item 145854	Item 147608	Item 149362	Item 151116	Item 152870	Item 154624	Item 156378	Item 158132	Item 159886	Item 161640	Item 163394	Item 165148	Item 166902	Item 168656	Item 170410	Item 172164	Item 173918	Item 175672	Item 177426	Item 179180	Item 180934	Item 182688	Item 184442	Item 186196	Item 187950	Item 189704	Item 191458	Item 193212	Item 194966	Item 196720	Item 198474	Item 200228	Item 201982	Item 203736	Item 205490	Item 207244	Item 208998	Item 210752	Item 212506	Item 214260	Item 216014	Item 217768	Item 219522	Item 221276	Item 223030	Item 224784	Item 226538	Item 228292	Item 230046	Item 231800	Item 233554	Item 235308	Item 237062	Item 238816	Item 240570	Item 242324	Item 244078	Item 245832	Item 247586	Item 249340	Item 251094	Item 252848	Item 254602	Item 256356	Item 258110	Item 259864	Item 26
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	---------

Tabela 6 – Matriz de Fatores de Risco – Partição E

[illegible]

Tabela 7 – Matriz de Fatores de Risco – Partição F

[illegible]

[illegible]

Anexo III – Exemplo de planilha para cálculo do vetor E

Vértice	TIPO	a	b	c	d	e	f	g	h
0,08	Pré	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	Pré	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	Pré	311,77	0,00	0,00	0,00	44,50	44,50	44,50	44,50
1,00	Pré	22,24	0,00	0,00	0,00	43,10	43,10	43,10	43,10
1,50	Pré	0,00	808,60	0,00	0,00	848,74	40,14	40,14	40,14
2,00	Pré	0,00	13,04	5,81	0,00	13,68	38,74	38,74	38,74
2,50	Pré	0,00	0,00	725,77	0,00	0,00	36,23	36,23	36,23
3,00	Pré	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,88	49,88	49,88
4,00	Pré	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,02	60,02	60,02
5,00	Pré	0,00	0,00	0,00	469,34	532,72	323,15	323,15	173,82
10,00	Pré	0,00	0,00	0,00	50,77	53,25	236,61	236,61	373,47
15,00	Pré	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde:

- Fluxo da LTN vencimento Janeiro de 2016.
- Fluxo da LTN vencimento Janeiro de 2017.
- Fluxo da LTN vencimento Janeiro de 2018.
- Fluxo da LTN vencimento Janeiro de 2021.
- Fluxo da NTN-F vencimento Janeiro de 2017.
- Fluxo da NTN-F vencimento Janeiro de 2021.
- Fluxo da NTN-F vencimento Janeiro de 2023.
- Fluxo da NTN-F vencimento Janeiro de 2025.

O vetor E, neste exemplo, está sendo composto por 0 ativos existentes, um fluxo de passivo pré-determinado e a compra de 1 unidade do ativo h na parcela de ativos adicionais. O vetor E é a soma dos Ativos existentes, Passivos e Ativos adicionais em cada vértice.

Situação atual		Simulação	EXPOSIÇÃO LIQUIDA VETOR E
At.Exist.	PASSIVO	At. Adic.	
0	-500.000	0	-500.000
0	-460.000	0	-460.000
0	-420.000	45	-419.955
0	-380.000	43	-379.957
0	-340.000	40	-339.960
0	-300.000	39	-299.961
0	-260.000	36	-259.964
0	-220.000	50	-219.950
0	-180.000	60	-179.940
0	-140.000	174	-138.826
0	-100.000	373	-99.627
0	-60.000	0	-60.000