

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

MESTRADO EM: Ciências Actuariais

REQUISITOS DE CAPITAL E SOLVÊNCIA II

Uma Aplicação ao Seguro Automóvel

ANA TERESA ROQUETE DE SOUSA VICENTE

Orientação: Professor Doutor Alfredo Duarte Egídio dos Reis

Professora Doutora Raquel Maria Medeiros Gaspar

Júri:

Presidente: Professor Doutor João Manuel Andrade e Silva

Vogais: Professor Doutor Alfredo Duarte Egídio dos Reis

Professora Doutora Raquel Maria Medeiros Gaspar

Professor Doutor Rui Manuel Rodrigues Cardoso

Outubro/2007

Lista de Abreviaturas

CEA – *Comité Européen des Assurances*

CEIOPS – *Committee of European Insurance and Occupational Pension Supervision*

CRO Forum – *Chief Risk Officer Forum*

ETTJ – *Estrutura Temporal de Taxas de Juro*

IAA – *Institute of Actuaries of Australia*

IAIS – *International Association of Insurance Supervisors*

IAS – *International Accounting Standards*

MCR – *Minimum Capital Requirement*

QIS – *Quantitative Impact Study*

SCR – *Solvency Capital Requirement*

VaR – *Value-at-Risk*

Lista de Notação

A^e	- Valor dos activos expressos em moeda estrangeira.
$A^{e,i}$	- Valor dos activos expressos na moeda estrangeira i .
$B^i(0)$	- Valor actual da obrigação i , sem considerar o prémio de risco.
$B^{i,t}(0)$	- Valor actual da obrigação i no momento t , sem considerar o prémio de risco.
$B^P(0)$	- Valor actual da carteira de obrigações, sem considerar o prémio de risco.
BE_t	- <i>Best Estimate</i> para o ano t .
c	- Factor de credibilidade para a determinação do desvio padrão do risco de prémios.
c^i	- Valor do cupão da obrigação i .
C_{ij}	- Pagamentos incrementais efectuados no ano j , relativos a sinistros ocorridos no ano i .
CF_t	- Custos de funcionamento ocorridos no momento t .
CK_t	- Custo do capital referente ao ano t .
CoC	- Coeficiente do custo do capital.
CR	- Custo de reposição do resseguro em caso de incumprimento do ressegurador.
CS_t	- Custos com sinistros referentes ao ano t .
D^i	- Duração da obrigação i .
D^P	- Duração da carteira total de obrigações.
DBE	- <i>Best Estimate</i> descontada total.
DBE_t	- <i>Best Estimate</i> descontada relativa ao momento t .
$DF(T)$	- Factor de desconto, ou seja, o preço de uma obrigação sem risco de crédito e de cupão zero que paga 1 u.m. no vencimento e vence em T .
$DSCR$	- Requisito de capital descontado.
ER_t	- Rácio de despesas referente ao momento t .

$ETTJ^*$	- Estrutura Temporal de Taxas de Juro após cenário de aumento das taxas de juro.
EXP^i	- Exposição ao emitente i , considerando todos os títulos em carteira.
f_{ij}	- Factor de desenvolvimento do ano j para os sinistros ocorridos no ano i .
f_j	- Factor de desenvolvimento do ano j .
F^i	- Função relacionada com o <i>rating</i> da obrigação i .
$f(\sigma^{subscricao})$	- Função do desvio padrão do rácio combinado
LC^i	- Limite de concentração, de acordo com o <i>rating</i> do emitente i .
LR_t	- Taxa de sinistralidade do ano t .
LR_α	- Rácio mais elevado da distribuição da taxa de sinistralidade, excluindo $(\alpha \times 100)\%$ dos piores rácios.
M^i	- Função relacionada com a duração da obrigação i .
MR	- Margem de risco.
P	- Carteira global de títulos.
$P_t^{acções}$	- Carteira de acções no momento t .
$P_\alpha^{acções}$	- Valor mínimo que a carteira de acções assume excluindo $(\alpha \times 100)\%$ dos piores casos.
P_t^e	- Valor da carteira de títulos investidos em moeda estrangeira no momento t .
PA_{it}	- Prémios adquiridos líquidos de resseguro referentes à seguradora i e ao momento t .
PA_t	- Prémios adquiridos líquidos de resseguro referentes ao ano t .
PBA_t	- Prémios brutos adquiridos no ano t .
PD^i	- Probabilidade de incumprimento do ressegurador i , de acordo com o seu <i>rating</i> .
PE_t	- Prémios emitidos líquidos de resseguro correspondentes ao ano t .
Pr	- Probabilidade
PR^{rc}	- Prémios de resseguro cedido líquidos de reembolsos.
PS_t	- Provisão para sinistros constituída no ano t .

PT^{rc}	-	Provisões técnicas de resseguro cedido.
PTB_t	-	Provisões técnicas brutas constituídas no ano t.
Q^i	-	Quantidade investida no título i.
r_t	-	Taxa de juro <i>spot</i> em vigor no momento t.
r_T	-	Taxa de juro em vigor no momento da avaliação para a maturidade T.
$R_{x,t}$	-	Taxa de rendibilidade da carteira x no momento t.
\bar{R}_x	-	Média das taxas de rendibilidade da carteira x.
$R_{d,t}^{acções}$	-	Taxa de rendibilidade diária da carteira de acções no momento t.
$R_{\alpha}^{acções}$	-	Taxa de rendibilidade anual da carteira de acções associada ao VaR a $(\alpha \times 100)\%$.
$R_{\alpha,d}^{acções}$	-	Taxa de rendibilidade diária da carteira de acções associada ao VaR a $(\alpha \times 100)\%$.
$r_{i,t}^e$	-	Taxa de câmbio da moeda i no momento t.
$R_{d,t}^e$	-	Taxa de rendibilidade da carteira expressa em moeda estrangeira.
$R^{tx\ juro}$	-	Taxa de rendibilidade diária da taxa de juro.
$R_{\alpha,d}^{tx\ juro}$	-	Taxa de rendibilidade da taxa de juro, diária, mais elevada, excluindo $(\alpha \times 100)\%$ das rendibilidades mais altas.
$R_{\alpha,y}^{tx\ juro}$	-	Taxa de rendibilidade da taxa de juro, anual, mais elevada, excluindo $(\alpha \times 100)\%$ das rendibilidades mais altas.
$Rating^i$	-	<i>Rating</i> da obrigação i.
RC_t	-	Rácio combinado referente ao momento t.
RES_i	-	Provisão ou reserva para os sinistros ocorridos no ano i.
RES_{α}	-	Montante mais elevado que a reserva para sinistros assume, excluindo $(\alpha \times 100)\%$ das reservas mais graves.
$RES^{sinistros}$	-	Provisão ou reserva para os sinistros totais.

- $Risco_c^{acções}$ - Montante em risco determinado para cada um dos índices das colunas da matriz $\rho_{lc}^{acções}$.
- $Risco_l^{acções}$ - Montante em risco determinado para cada um dos índices das linhas da matriz $\rho_{lc}^{acções}$.
- $Risco_{MI}^{acções}$ - Montante anual em risco relativo ao investimento em acções, determinado pelo modelo interno.
- $Risco_{QIS3}^{acções}$ - Montante em risco relativo ao investimento em acções (risco sistemático), determinado pelo modelo *standard*.
- $Risco_{MI}^{cambial}$ - Montante em risco derivado da exposição à evolução das taxas de câmbio, determinado pelo modelo interno.
- $Risco_{QIS3}^{cambial}$ - Montante em risco relativo às responsabilidades e activos sujeitos à evolução das taxas de câmbio, determinado pelo modelo *standard*.
- $Risco^{conc}$ - Montante em risco relativo à concentração de títulos do mesmo emitente.
- $Risco^{credito}$ - Montante em risco relativo ao incumprimento dos emitentes das obrigações, para o modelo *standard* e para o modelo interno.
- $Risco_c^{mercado}$ - Montante em risco determinado para cada um dos factores de risco das colunas da matriz $\rho_{lc,QIS3}^{mercado}$ ou $\rho_{lc,MI}^{mercado}$, conforme o modelo que se está a considerar, *standard* ou alternativo, respectivamente.
- $Risco_l^{mercado}$ - Montante em risco determinado para cada um dos factores de risco das linhas da matriz $\rho_{lc,QIS3}^{mercado}$ ou $\rho_{lc,MI}^{mercado}$, conforme o modelo que se está a considerar, *standard* ou alternativo, respectivamente.
- $Risco_{MI}^{premios}$ - Montante em risco relativo à possibilidade do valor actual dos *cash-flows* futuros serem superiores aos prémios, determinado pelo modelo interno.
- $Risco_{MI}^{reservas}$ - Montante em risco relativo ao desenvolvimento adverso de reservas determinado pelo modelo interno.
- $Risco_{MI}^{tx\ juro}$ - Montante em risco relativo aos activos e responsabilidades sujeitos à evolução da taxa de juro, determinado pelo modelo interno.
- $Risco_{QIS3}^{tx\ juro}$ - Montante em risco relativo às responsabilidades e activos sujeitos à evolução da taxa de juro, determinado pelo modelo *standard*.

- RSP^e - Valor das responsabilidades expressas em moeda estrangeira.
- $RSP^{e,i}$ - Valor das responsabilidades expressas na moeda estrangeira i.
- RSP^{div} - Responsabilidades ao justo valor, ou seja, valor de mercado das responsabilidades.
- S_{ij} - Pagamentos acumulados até ao ano j, relativos aos sinistros ocorridos no ano i.
- $S_{i,\infty}$ - Estimativa do total dos custos com sinistros ocorridos no ano i para todo o *run-off*.
- $S^d(T)$ - Cenário de descida das taxas de juro com maturidade T.
- $S^u(T)$ - Cenário de aumento das taxas de juro com maturidade T.
- SCR_t - Requisito de capital necessário para o t-ésimo ano seguinte.
- SCR_{MI}^{basico} - Requisito de capital que agrega o risco de mercado, o risco de contraparte e o risco de subscrição do modelo interno.
- SCR_{QIS3}^{basico} - Requisito de capital que agrega o risco de mercado, o risco de contraparte e o risco de subscrição, do modelo *standard*.
- SCR^c - Requisito de capital determinado para cada uma das colunas da matriz ρ_{lc}^{basico} .
- $SCR^{contraparte}$ - Requisito de capital associado ao risco de contraparte, para o modelo *standard* e para o modelo interno.
- SCR^l - Requisito de capital determinado para cada uma das linhas da matriz ρ_{lc}^{basico} .
- $SCR_{MI}^{mercado}$ - Requisito de capital associado ao risco de mercado para o modelo interno.
- $SCR_{QIS3}^{mercado}$ - Requisito de capital associado ao risco de mercado para o modelo *standard*.
- $SCR_{MI}^{operacional}$ - Requisito de capital associado ao risco operacional do modelo interno.
- $SCR_{QIS3}^{operacional}$ - Requisito de capital associado ao risco operacional do modelo *standard*.
- $SCR_{MI}^{subscricao}$ - Requisito de capital associado ao risco de subscrição do modelo interno.
- $SCR_{QIS3}^{subscricao}$ - Requisito de capital associado ao risco de subscrição do modelo *standard*.
- $SE_{boot,Z}$ - Erro-padrão das estatísticas de interesse da distribuição *Bootstrap*.
- SP_t - Prémio de risco da carteira de obrigações no momento t.

V^i	- Valor de mercado do título i.
$V^{i,t}$	- Valor de mercado do título i no momento t.
VM	- Montante sujeito ao risco de subscrição.
$VM^{prémios}$	- Montante sujeito ao risco de prémios. Corresponde à estimativa dos prémios para o ano seguinte.
$VM^{reservas}$	- Montante sujeito ao risco de reservas. Corresponde à provisão para sinistros constituída no ano da análise.
VN^i	- Valor nominal da obrigação i.
X_{it}	- Rácio de sinistralidade da seguradora i no momento t.
XC^i	- Excesso de concentração de títulos no emitente i.
Y_{it}	- Logaritmo do rácio de sinistralidade da seguradora i no momento t.
Z	- Estatística de interesse que se refere à reserva para sinistros total.
z_i^*	- Valor observado para a estatística λ na i-ésima pseudo-amostra <i>Bootstrap</i> .
\bar{z}^*	- Média da amostra <i>Bootstrap</i> obtida.
α	- Ordem do quantil associado ao VaR.
β_t	- Variável aleatória, relacionada com o período da análise, que define parte do logaritmo da taxa de sinistralidade.
λ_i	- Constante associada à seguradora i, que corresponde à média da distribuição do rácio de sinistralidade.
$\mu_{f,j}$	- Média dos factores de desenvolvimento do ano j.
μ^{LR}	- Valor esperado da taxa de sinistralidade da Seguradora.
θ_1 e θ_2	- Constantes que definem a variância da distribuição do logaritmo do rácio de sinistralidade.
ρ^{media}	- Média do coeficiente de correlação entre as provisões para sinistros e os prémios do mercado segurador automóvel.
ρ_{xy}	- Correlação entre as taxas de rendibilidade da carteira x e da carteira y.

- $\rho_{lc}^{acções}$ - Matriz de correlação dos índices das acções.
- ρ_{lc}^{basico} - Matriz de correlação dos vários riscos que agregam o requisito de capital básico.
- $\rho_{lc,MI}^{mercado}$ - Matriz de correlação entre os vários riscos que englobam o risco de mercado, determinada pelo modelo interno.
- $\rho_{lc,QIS3}^{mercado}$ - Matriz de correlação dos vários riscos que englobam o risco de mercado, estabelecida pelo modelo *standard*.
- $\rho_{lc,MI}^{subscricao}$ - Matriz de correlação entre o risco de prémios e o risco de reservas para o modelo interno.
- $\sigma_{M,premios}$ - Desvio padrão dos prémios do Mercado.
- $\sigma_{S,premios}$ - Desvio padrão dos prémios da Seguradora.
- σ_x - Desvio padrão das taxas de rendibilidade da carteira x.
- σ_{xy} - Covariância entre as taxas de rendibilidade da carteira x e da carteira y.
- $\sigma^{premios}$ - Desvio padrão do risco de prémios utilizado no modelo *standard*.
- $\sigma^{reservas}$ - Desvio padrão do risco de reservas utilizado no modelo *standard*.
- $\sigma^{subscricao}$ - Desvio padrão do rácio combinado.
- $\sigma_c^{subscricao}$ - Montante em risco determinado para cada um dos factores de risco das colunas da matriz $\rho_{lc,MI}^{subscricao}$.
- $\sigma_l^{subscricao}$ - Montante em risco determinado para cada um dos factores de risco das linhas da matriz $\rho_{lc,MI}^{subscricao}$.
- ω_{it} - Variável aleatória que, dependendo simultaneamente da seguradora i e do momento t, define parte do logaritmo do rácio de sinistralidade.

REQUISITOS DE CAPITAL E SOLVÊNCIA II: Uma Aplicação ao Seguro Automóvel

Ana Teresa Roquete de Sousa Vicente

Mestrado em: Ciências Actuarias

Orientadores: Professor Doutor Alfredo Duarte Egídio dos Reis

Professora Doutora Raquel Maria Medeiros Gaspar

Provas Concluídas em:

Resumo

Os mais recentes desenvolvimentos em torno do mercado europeu único, a ocorrência de diversos escândalos financeiros e a volatilidade dos mercados financeiros criaram novas exigências regulamentares para os serviços financeiros.

Para o mercado segurador encontra-se em desenvolvimento o projecto Solvência II, que tem por objectivo principal estabelecer um sistema de solvência coerente, que capte adequadamente os riscos de todos os tipos de negócios. Este novo sistema, não obstante estar a desenvolver uma fórmula *standard* de determinação dos requisitos de capital das empresas de seguros, dá a oportunidade às próprias companhias de definirem o seu modelo interno de solvência de acordo com as suas especificidades.

A presente dissertação pretende formular um modelo interno de solvência que determine a margem de risco incluída no requisito de capital de uma empresa de seguros que explora o seguro Automóvel, calculado tendo em consideração a medida de risco *Value-at-Risk* e o método Custo do Capital. Para o efeito, apresentam-se os objectivos e as definições do Solvência II, expõe-se o modelo *standard* estabelecido pelo QIS3 e formula-se o modelo alternativo de solvência, sendo para tal definidos os diversos factores de risco considerados, estudada a sua modelação individual e respectiva agregação. Os modelos apresentados são aplicados a uma seguradora não vida, calculando-se a margem de risco e as responsabilidades ao justo valor. Por último, efectua-se a comparação de ambos os modelos, retiram-se conclusões e apresentam-se propostas de investigação futura.

Palavras Chave: Solvência II, modelo de solvência interno, margem de risco, *Value-at-Risk*, QIS3, custo do capital.

CAPITAL REQUIREMENT AND SOLVENCY II: An Application to Automobile Branch

Ana Teresa Roquete de Sousa Vicente

Master in: Actuarial Science

Advisors: Professor Alfredo Duarte Egídio dos Reis

Professor Raquel Maria Medeiros Gaspar

Approved in:

Abstract

Recent developments towards a general single EU market as well as turbulences in the financial markets lead to increase financial services regulation.

The Solvency II project that has been in progress for the insurance market, which aims to provide a coherent framework with consistent solvency measures across all types of the insurance business. This new framework, besides develop a standard approach to define capital requirements of the insurance business, gives the possibility to use internal risk models constructed by the insurers for their specific needs.

This dissertation considers the Automobile branch of an insurer and formulates an internal solvency model that calculates the risk margin enclosed in the capital requirement, taking in account the Value-at-Risk and the Cost of Capital approach. First, we outline the characteristics of Solvency II, and according with this project we introduce the standard model defined by *Third Quantitative Impact Study*. Also, we formulate the alternative solvency model, namely through the definition of the risk factors involved, its explanation and aggregation. The models presented are tested in a general insurance company, where the risk margin and the fair value of liabilities are calculated. Finally, we compare both models, take conclusions and suggest important areas of future research.

Keywords: Solvency II, internal solvency model, risk margin, Value-at-Risk, QIS3, cost of capital.

Índice

Lista de Tabelas	15
Lista de Figuras	17
Introdução	18
1. Solvência II	22
1.1. Sistema Solvência actual	22
1.2. Objectivos do Projecto Solvência II	23
1.3. Provisões Técnicas e Requisitos de Capital	24
2. Generalidades dos Modelos	28
2.1. Medida de Risco - <i>Value-at-Risk</i>	28
2.1.1. Definição	28
2.1.2. Metodologias de cálculo	28
2.2. <i>Best Estimate</i>	29
3. <i>Quantitative Impact Study 3 (QIS3)</i>	33
3.1. Risco de Mercado	34
3.1.1. Risco de Acções	34
3.1.2. Risco de Taxa de Juro	35
3.1.3. Risco Cambial	37

3.1.4. Risco de Crédito	38
3.1.5. Risco de Concentração	39
3.1.6. Agregação dos Riscos	40
3.2. Risco de Contraparte	41
3.3. Risco de Subscrição	42
3.4. Risco Operacional	45
3.5. Requisito de Capital e Margem de Risco	45
4. Modelo Alternativo (Interno)	47
4.1. Risco de Mercado	47
4.1.1. Risco de Acções	47
4.1.2. Risco de Taxa de Juro	48
4.1.3. Risco Cambial	50
4.1.4. Risco de Crédito	50
4.1.5. Agregação dos Riscos	51
4.2. Risco de Contraparte	52
4.3. Risco de Subscrição	52
4.3.1. Risco de Prémios	52
4.3.2. Risco de Reservas	56
4.3.3. Agregação dos Riscos	59
4.4. Risco Operacional	59

4.5. Requisito de Capital e Margem de Risco	60
5. Aplicação	60
5.1. Considerações Gerais	60
5.2. <i>Best Estimate</i>	61
5.3. QIS3	62
5.4. Modelo Interno	69
5.5. Comparação	81
Conclusão	86
Bibliografia	89
Anexo A – Carteira de Obrigações de Cupão Fixo	
Anexo B – Risco de Crédito	
Anexo C – Resultados do teste <i>Kolmogorov-Smirnov</i> ao histórico das Taxas de Juro	

Lista de Tabelas

Tabela 2.1– Matriz de Sinistros Pagos.....	30
Tabela 3.1 – Correlação do Risco de Acções (QIS3).....	35
Tabela 3.2 – Medida F^i	39
Tabela 3.3 – Limites de Concentração.....	40
Tabela 3.4 – Parâmetros g_0 e g_1	41
Tabela 3.5 – Correlação do Risco de Mercado (QIS3).....	41
Tabela 3.6 – Probabilidades de Incumprimento do Ressegurador.....	42
Tabela 3.7– Correlação Requisito Capital Básico.....	45
Tabela 5.1 – Matriz de dados (Sinistros Pagos, valores incrementais).....	61
Tabela 5.2 – Matriz de Sinistros Pagos Acumulados e factores de desenvolvimento.....	61
Tabela 5.3 – Matriz das Estimativas dos Custos com Sinistros (valores incrementais).....	61
Tabela 5.4– <i>Best Estimate</i> da Provisão para Sinistros.....	62
Tabela 5.5 – Taxa de Juro sem risco utilizada para o desconto da <i>Best Estimate</i>	62
Tabela 5.6 – Decomposição da Carteira Accionista por Índices.....	62
Tabela 5.7 – Risco Sistemático de Acções (QIS3).....	63
Tabela 5.8 – <i>Best Estimate</i> Descontada antes e após aumento de taxa de juro (QIS3).....	64
Tabela 5.9 – Risco de Taxa de Juro (QIS3).....	64
Tabela 5.10 – Risco Cambial (QIS3).....	65
Tabela 5.11 – Risco de Mercado (QIS3).....	66
Tabela 5.12 – Risco de Contraparte.....	66
Tabela 5.13 – Medida do Risco de Subscrição (QIS3).....	67
Tabela 5.14 – Desvio Padrão do Risco de Prémios.....	67
Tabela 5.15 – Risco de Subscrição (QIS3).....	68
Tabela 5.16 – Requisito de Capital Básico.....	68
Tabela 5.17 – Risco Operacional (QIS3).....	69
Tabela 5.18 – Margem de Risco (QIS3).....	69
Tabela 5.19 – Risco de Preço das Acções (Modelo Interno).....	70

Tabela 5.20 – <i>Best Estimate</i> Descontada antes e após aumento de taxa de juro (Modelo Interno) ...	72
Tabela 5.21 – Risco de Taxa de Juro (Modelo Interno)	72
Tabela 5.22 – Risco Cambial (Modelo Interno)	73
Tabela 5.23 – Correlação Risco de Mercado (Modelo Interno).....	74
Tabela 5.24 – Risco de Mercado (Modelo Interno).....	75
Tabela 5.25 – Estimativas iniciais dos parâmetros θ_1 e θ_2	75
Tabela 5.26 – Estimativa dos λ 's da primeira iteração	76
Tabela 5.27 – Estimativas Finais dos parâmetros θ_1 e θ_2	76
Tabela 5.28 – Estimativa final dos λ 's	77
Tabela 5.29 – Estimativa da Média e Variância da distribuição Y_t	77
Tabela 5.30 – Risco de Prémios (Modelo Interno).....	78
Tabela 5.31 – Factores de Desenvolvimento	78
Tabela 5.32 – Matriz dos Sinistros Pagos – valores acumulados (Novo Triângulo)	79
Tabela 5.33 – Matriz dos Resíduos.....	79
Tabela 5.34 – Risco de Reservas.....	79
Tabela 5.35 – Correlação Risco de Subscrição (Modelo Interno)	80
Tabela 5.36 – Risco de Subscrição (Modelo Interno)	80
Tabela 5.37 – Requisito de Capital Básico (Modelo Interno)	80
Tabela 5.38 – Risco Operacional (Modelo Interno).....	81
Tabela 5.39 – Requisito de Capital para o primeiro ano (Modelo Interno)	81
Tabela 5.40 – Margem de Risco (Modelo Interno)	81
Tabela 5.41 – Comparação Riscos QIS3 vs Modelo Interno.....	82
Tabela 5.42 – Comparação da Margem de Risco QIS3 vs Modelo Interno.....	84
Tabela 5.43 – Responsabilidades ao Valor de Mercado	85

Lista de Figuras

Figura 5-1 – Aumentos da ETTJ (QIS3)	63
Figura 5-2 – Carteira em Moeda Estrangeira	64
Figura 5-3 – Distribuição da Carteira de Acções (Modelo Interno)	70
Figura 5-4 – Aumento da ETTJ (Modelo Interno)	71
Figura 5-5 – Distribuição da Carteira em Divisa Estrangeira (Modelo Interno)	73
Figura 5-6 – Carteira Obrigacionista Valor Mercado vs Valor Teórico	74
Figura 5-7 – Distribuição das Taxas de Sinistralidade Simuladas	78
Figura 5-8 – Distribuição das Reservas Simuladas	79
Figura 5-9 – Comparação Aumentos da ETTJ QIS3 vs Modelo Interno	82

Agradecimentos

Aos Professores Alfredo Duarte Egídio dos Reis e Raquel Maria Medeiros Gaspar pela orientação e aconselhamento prestados para a concretização da presente dissertação.

Ao Conselho Directivo do Instituto de Seguros de Portugal, Dr. António Egídio dos Reis e Dra. Maria Amélia Vicente por me terem proporcionado a frequência deste Mestrado e disponibilizado os dados que foram testados na parte prática.

Ao Dr. Hugo Borginho pela sugestão do tema, pelos conselhos, esclarecimentos prestados e referências bibliográficas fornecidas.

Ao meu colega e amigo Ricardo Garcia por todo o apoio material e emocional dado ao longo da realização desta dissertação.

Ao Dr. Hugo Sousa, ao Dr. José Pinto Sá, à Dra. Carla Azevedo e ao Dr. Luís Nunes, pelos esclarecimentos e apoio fornecidos.

À minha família e aos restantes amigos por todo o apoio e compreensão demonstrados. Em particular, às minhas amigas Célia e Rita pela ajuda preciosa ao longo da frequência deste Mestrado.

Introdução

As mudanças do meio envolvente, que introduziram conceitos como a globalização dos mercados, traduziram-se no aumento da concorrência. Além disso, os escândalos financeiros que atingiram empresas como a Enron, a World.com ou a Parmalat, a volatilidade dos mercados financeiros, as catástrofes naturais e os atentados terroristas, suscitaram uma reflexão global sobre a real estabilidade das organizações, bem como a adequação das regras que lhe estão subjacentes.

Dado o actual papel das seguradoras na actividade económica e a importância das empresas de seguros como investidores institucionais, torna-se urgente garantir, com elevada probabilidade, que o capital das seguradoras seja suficiente para absorver perdas significativas decorrentes de situações adversas, permitindo desta forma a prossecução das suas operações.

Na actividade seguradora os requisitos de capital são de extrema importância para assegurar o cumprimento das responsabilidades assumidas perante os credores de seguros específicos. Facilmente se entende que os riscos assumidos pelas companhias diferem substancialmente, e naturalmente os requisitos de capital também devem ser diferenciados, consoante os riscos assumidos.

Os principais activos susceptíveis de influenciarem as necessidades de capital de uma empresa de seguros que explore os ramos não vida são os seguintes: acções e partes de capital; obrigações e outros activos de rendimento fixo; derivados; depósitos bancários; unidades de participação em fundos de investimento; imóveis e créditos sobre tomadores de seguros e resseguradores.

As responsabilidades dessas mesmas empresas de seguros, correspondem sobretudo às provisões técnicas: provisão para sinistros, provisão para prémios não adquiridos e provisão para riscos em curso.

O actual sistema de solvência europeu – que praticamente se baseia apenas em factores quantitativos – não é suficientemente sensível aos vários factores de risco que influenciam o valor das empresas. Actualmente, e no seguimento do novo sistema de solvência para o sector bancário, estabelecido pelo acordo de Basileia II, encontra-se em desenvolvimento um projecto de revisão das garantias financeiras para a actividade

seguradora, designado por Solvência II. Este novo sistema, que dará particular ênfase ao desenvolvimento de modelos internos, específicos de cada companhia, pretende criar um sistema prudente que reflecta os principais riscos assumidos por uma empresa de seguros, incentivando as próprias companhias a gerirem e avaliarem os seus riscos.

O objectivo da presente dissertação é, numa primeira fase, evidenciar os desenvolvimentos do projecto Solvência II, nomeadamente os objectivos e as diferentes abordagens em estudo para o cálculo da margem de risco associada ao capital exigido. Numa segunda fase, expor as definições subjacentes ao mais recente estudo de impacto, realizado a nível europeu, para implementação de uma fórmula *standard* para o cálculo do requisito de capital e da margem de risco, o designado *Third Quantitative Impact Study* (QIS3). Por último, tendo presente que o modelo *standard* será calibrado para uma realidade bastante abrangente, introduz-se a necessidade de criação de um modelo interno que se baseie na actividade específica de uma empresa de seguros que explore o seguro automóvel. Deste modo, o modelo alternativo, que permitirá um maior controlo interno e gestão dos riscos, visa assegurar que a Seguradora, supondo que se mantém a sua actual estrutura de activos e responsabilidades, permaneça solvente durante o próximo exercício económico com elevada probabilidade.

O requisito de capital corresponderá à agregação dos principais riscos a que uma seguradora se encontra exposta, designadamente, risco de mercado, risco de incumprimento da contraparte, risco operacional e risco de subscrição. A medida utilizada na determinação dos vários riscos será o *Value-at-Risk*.

Neste trabalho quer na parte da aplicação do QIS3, quer na parte de desenvolvimento de um modelo alternativo, utilizam-se metodologias existentes, pelo que não serão realizadas demonstrações de resultados, indicando-se, contudo, as referências bibliográficas onde possam ser consultados. Trata-se acima de tudo de aplicar, ao caso de uma Seguradora o modelo *standard* (QIS3) e comparar a sua performance com a de um modelo interno alternativo proposto nesta dissertação.

O corpo da dissertação encontra-se dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se o sistema de solvência actual e os desenvolvimentos a nível europeu do projecto Solvência II, definindo os designados três objectivos basilares, focando essencialmente os requisitos quantitativos.

No capítulo seguinte, definem-se alguns aspectos relevantes genéricos para a apresentação e utilização dos modelos, nomeadamente, define-se a medida de risco utilizada (*Value-at-Risk*) e a *best estimate*.

No terceiro capítulo, efectua-se o enquadramento dos estudos de impacto (QIS) que têm sido realizados e enunciam-se os pressupostos base e as definições da forma de cálculo determinada pelo QIS3.

No quarto capítulo é formulado um modelo alternativo de solvência, aqui designado modelo interno, evidenciando-se os diversos factores de risco individuais considerados e a sua modelação.

No último capítulo, aplicam-se os modelos *standard* e interno à seguradora em análise determinando-se o requisito de capital para o horizonte temporal de um ano e a margem de risco incorporada, obtendo-se por fim as responsabilidades ao justo valor. Finalmente, comparam-se e interpretam-se os resultados, retirando conclusões e apresentando pistas de investigação futura.

Por último, efectuar-se-á a comparação da fórmula *standard* definida pelo QIS3 e o modelo interno formulado.

1. Solvência II

1.1. Sistema Solvência actual

As principais operações levadas a cabo pelas companhias de seguros prendem-se com a subscrição de contratos de seguro e com a obrigação de regularizar os sinistros ocorridos relativos a esses contratos, durante o período de vigência destes.

Como consequência do crescimento da complexidade do mercado de serviços financeiros e a tendência para a concretização de um “mercado único”, em 1998 a Comissão Europeia desenvolveu um “plano de acção” a aplicar à actividade de serviços financeiros.

O principal objectivo desse plano prende-se com o estabelecimento de elevados níveis de protecção ao consumidor aquando da integração do mercado financeiro.

No mercado segurador essa protecção ao consumidor está a ser implementada em duas fases: Solvência I, que entrou em vigor em Janeiro de 2004, e Solvência II, actualmente a ser desenvolvida.

No sistema actualmente em uso (Solvência I), o nível de solvência exigido depende apenas, de forma bastante simplificada, do montante de prémios ou sinistros, não existindo qualquer relação entre o requisito de capital e o risco assumido. A margem de solvência serve de “almofada” para absorver os riscos potenciais, mas nem sempre reflecte os verdadeiros riscos de uma dada carteira do negócio segurador, tal como preconizado na *EU Directive 2002/13/EC*.

O Solvência II pretende adoptar uma abordagem económica baseada no risco e é muito diferente do Solvência I (ver CEA, “Assessing the Impact of Solvency *II* on the Average Level of Capital”, 2006).

Existem outros projectos internacionais em curso, designadamente ao nível das *International Accounting Standards* (IAS), da *International Association of Insurance Supervisors* (IAIS) e do *Institute of Actuaries of Australia* (IAA), que podem igualmente influenciar o desenrolar do projecto Solvência II.

Na actividade seguradora existem diversos tipos de riscos que afectam os activos e/ou as responsabilidades, designadamente: risco de acções, risco cambial, risco de taxa de juro, risco de *credit spread*, risco de subscrição, risco de crédito e risco operacional.

1.2. Objectivos do Projecto Solvência II

Solvência II é um projecto europeu cujo principal intuito é desenvolver um sistema coerente e válido para uma supervisão prudente das responsabilidades das empresas de seguros, de forma a responder aos desafios actuais de globalização e crescente concorrência.

O novo sistema pretende proporcionar, às autoridades de supervisão, meios adequados que permitam identificar atempadamente falhas ou situações adversas das empresas de seguros sob sua responsabilidade.

Esse sistema de solvência deve ainda promover o equilíbrio e a equidade do negócio segurador, proporcionando-lhe comparabilidade, transparência e coerência, enquanto evita complexidades desnecessárias. Neste sentido, o estabelecimento de princípios deve prevalecer às excessivas prescrições de regras, devendo também reflectir os recentes desenvolvimentos do mercado em campos como o da “transferência alternativa de risco”, dos derivados financeiros e da gestão activo/passivo, entre outros.

Além disso, o sistema a desenvolver deve estabelecer requisitos de margem de solvência melhor adaptados ao risco efectivamente incorrido pela companhia e evitar custos de capital desnecessários para a indústria seguradora, que prejudicam a competitividade global.

O projecto Solvência II foi estruturado tendo em conta três grandes objectivos estratégicos (à semelhança do projecto Basileia II para o sector bancário), que deram origem aos conhecidos três pilares.

O primeiro pilar, designado de Requisitos Quantitativos de Capital, tem como objectivo determinar o montante de capital necessário para cada empresa de seguros, utilizando medidas sensíveis aos riscos efectivamente assumidos. Este pilar inclui a avaliação dos activos, das provisões técnicas e do capital, tendo ainda em atenção o efeito das estratégias de mitigação do risco (como por exemplo, o resseguro e a utilização de instrumentos financeiros derivados).

Relativamente ao pilar II, denominado Processo de Revisão da Supervisão, pode ser entendido como um complemento do pilar I, incluindo medidas mais qualitativas e princípios respeitantes aos procedimentos de supervisão.

A complexidade dos negócios das seguradoras e das técnicas de gestão do risco no futuro, provavelmente não permitirão que as fórmulas e os modelos internos detectem determinadas situações de risco. Desta forma, pretende-se que o processo de supervisão consista numa revisão da adequabilidade do capital exigido no pilar I, em virtude de poderem surgir exigências adicionais, em matérias de controlo interno e gestão de riscos ou mesmo de conduta de mercado, para determinada empresa de seguros. Assim sendo, o ajustamento no requisito de capital (*capital add-on*) permitirá traduzir com maior veracidade o perfil de risco de uma companhia específica.

Finalmente, o terceiro pilar, conhecido por Conduta de Mercado, visa estabelecer a informação que as entidades e a supervisão deverão divulgar, quer para com o público em geral, quer para efeitos de cooperação entre supervisores, no sentido de aumentar a transparência e disciplina de mercado.

Esta dissertação irá focar sobretudo alguns aspectos do pilar I do projecto Solvência II, designadamente os requisitos quantitativos de capital de uma companhia de seguros. Serão também abordados outros aspectos, tais como as provisões técnicas e os investimentos.

1.3. Provisões Técnicas e Requisitos de Capital

Foi estabelecido que o pilar I vai basear-se numa abordagem "*Total Balance Sheet*", ou seja, quer os activos, quer as responsabilidades, devem ser consideradas ao valor de mercado. Enquanto o justo valor dos activos é relativamente fácil de determinar, o valor de mercado das responsabilidades levanta algumas dificuldades.

O capital disponível para efeitos de solvência deverá ser definido como a diferença entre o valor de mercado dos activos e o justo valor das responsabilidades.

As provisões técnicas e o capital são os aspectos fundamentais dos requisitos quantitativos.

Em relação aos requisitos de capital de uma empresa de seguros, devem existir dois níveis de risco: o mais baixo, correspondente aos requisitos de capital mínimos, designado por *Minimum Capital Requirement* (MCR) e o nível ideal relativo aos requisitos de capital económico (capital necessário do ponto de vista da solvência), conhecido por *Solvency Capital Requirement* (SCR).

O MCR diz respeito ao limite mínimo de capital abaixo do qual a seguradora apresenta um risco excessivo para os tomadores de seguros e beneficiários. Corresponde também a um nível de intervenção da autoridade de supervisão, que pode implicar o encerramento da seguradora à comercialização de novos contratos. O cálculo do MCR deve ser efectuado de uma forma simples e objectiva, devendo funcionar como mínimo para o SCR.

O SCR corresponde ao montante de capital necessário para o cumprimento de todas as responsabilidades emergentes durante um ano, com um nível de confiança de 99,5%, abaixo do qual a autoridade de supervisão deverá tomar medidas de acordo com as regras definidas no pilar II. O montante do SCR deve permitir ainda assegurar, no final desse ano, a possibilidade de transferência das responsabilidades para uma outra companhia.

Os requisitos de capital, além de garantirem a existência de meios para cobrir as responsabilidades, visam incentivar a companhia a evitar níveis indesejáveis de risco e promover a gestão de riscos dentro das companhias.

Para a determinação do SCR está a ser desenvolvida uma fórmula *standard* a nível europeu, devendo para o efeito ser considerados todos os riscos materiais e quantificáveis. O modelo *standard* deve permitir o cálculo de cargas de capital explícitas para cada categoria de risco: risco de subscrição, risco de mercado, risco de crédito e risco operacional. No entanto, cada empresa de seguros poderá constituir um modelo interno específico de cálculo do SCR, adaptado à sua própria realidade, que será analisado e, posteriormente, aceite pelas autoridades de supervisão. Conforme referido por Ronkainen, Koskinen e Berglund (2007), a principal razão para dar oportunidade às empresas de seguros europeias de desenvolver modelos internos no âmbito do Solvência II, prende-se com a criação de melhores práticas de gestão dos riscos e apuramento do requisito de capital baseado no risco mais adequado ao obtido pela fórmula *standard*.

Por outro lado, Liebwein (2006) defendeu que um modelo de risco interno não deve servir apenas as exigências legais, e que as seguradoras obtêm maior valor acrescentado para os accionistas se o modelo incorporar os processos de gestão do risco, nomeadamente as decisões relacionadas com o risco.

No que respeita às provisões técnicas, devem considerar todo o período de *run-off* das responsabilidades, ser avaliadas separadamente as provisões para prémios e as provisões para sinistros pendentes e ser calculadas de acordo com a segmentação da carteira mais adequada.

De acordo com as orientações emanadas pelo *Committee of European Insurance and Occupational Pension Supervision* (CEIOPS), as provisões técnicas deverão, na ausência de um mercado activo, ser calculadas com base na *best estimate* adicionada de uma margem de risco.

A *best estimate* corresponde à média da distribuição de probabilidades dos *cash-flows* da empresa de seguros. Este valor esperado das responsabilidades da companhia deverá estar associado a um valor sem qualquer tipo de prudência, ao qual será acrescido uma margem de risco.

A margem de risco não é mais que uma carga adicional que visa assegurar o *run-off* ou a transferência das responsabilidades com um elevado nível de confiança. A determinação da margem de risco deve ter em consideração a volatilidade dos factores de risco, o grau de incerteza da *best estimate*, o risco associado à carteira de seguros detida e os erros de estimação do modelo e dos parâmetros utilizados.

Todavia, ainda existem algumas dúvidas quanto ao método de estimação destas provisões, mais propriamente da margem de risco, defendendo-se, por um lado, uma aproximação baseada no Percentil e, por outro, uma aproximação baseada no Custo do Capital ("*Cost of Capital*").

A determinação dessa margem de risco levanta alguns problemas. Se por um lado o CEIOPS defende o seu apuramento através da determinação de um quantil de ordem α (p.e., matematicamente, $q_{60\%}$, $q_{75\%}$ ou $q_{90\%}$) a aplicar à distribuição que melhor se adequa às responsabilidades da empresa de seguros, por outro, o *Comité Européen des Assurances* (CEA - Federação das Seguradoras e Resseguradoras europeias que

representam cerca de 94% do total dos prémios emitidos europeus) e o *Chief Risk Officer Forum* (CRO Fórum - composto pelos *Chief Risk Officers* da maioria das companhias de seguros e dos conglomerados financeiros europeus) defendem que a margem deverá reflectir o valor que um comprador, conhecedor do mercado, exigirá para assumir essa responsabilidade (Custo do Capital).

Em seguida efectua-se uma comparação entre ambas as abordagens em discussão, conforme exposto pelo *Swiss Federal Office of Private Insurance* (2006), bem como pelo *Groupe Consultatif Actuariel Europeen* (2006).

A adopção do método do Percentil contraria por completo o princípio basilar de “*total balance sheet*” e “*economical approach*”, uma vez que não reflecte qualquer valor de mercado mas um quantil conservador. Na realidade, não existe qualquer relação objectiva entre o percentil de uma distribuição de perdas e o risco inerente aos produtos, levando a um desconhecimento do risco real da seguradora.

A abordagem Custo do Capital garante, pelo contrário, que as seguradoras considerem as caudas das distribuições de perdas, capturando de forma mais adequada o risco inerente a estas, permitindo-lhes gerirem os seus riscos com maior eficiência e tomarem decisões de gestão baseadas na sua realidade económica. Além disso, separa por completo os requisitos de capital e o valor de mercado das responsabilidades.

O método Custo do Capital requer determinados pressupostos que são claramente identificados e facilmente verificados pelas autoridades de supervisão, enquanto a aproximação através do Percentil depende de pressupostos mais subjectivos. Deste modo, o primeiro modelo é mais simples e de aplicação homogénea.

Por último, cumpre referir que as medidas de risco aconselhadas são o *Conditional Tail Expectation* e o *Value-at-Risk*, pretendendo-se que a fórmula standard tenha incorporado o cálculo destas medidas. Por ora, o CEIOPS definiu como medida standard o *Value-at-Risk*, medida que será utilizada no presente trabalho.

2. Generalidades dos Modelos

2.1. Medida de Risco - *Value-at-Risk*

2.1.1. Definição

Seja X uma variável aleatória que pode representar, por exemplo, o valor de uma carteira ou uma taxa de rentabilidade. Então, o *Value-at-Risk* respeitante à variável X , adiante designado de VaR, pode ser definido,

$$VaR_{\alpha} = \inf[x \in \mathfrak{R} : P(X > x) \leq 1 - \alpha] \quad (2.1)$$

correspondendo a um quantil de ordem α da função de distribuição de X .

2.1.2. Metodologias de cálculo

A determinação do VaR requer que a distribuição da variável X seja conhecida, no entanto, a maioria dos casos não possui informação acerca da distribuição de X . Deste modo, existem diferentes métodos de estimação do VaR.

Cada metodologia tem as suas vantagens e limitações, tal como evidenciado por Linsmeier e Pearson (1996) e Jorion (2000). Na presente dissertação, e mais especificamente no modelo interno, optou-se por escolher a metodologia que melhor se adapte a cada risco, dada a informação disponível e a exequibilidade da sua implementação.

Desta forma, o VaR será calculado, para efeitos do modelo interno, utilizando, para a determinação do risco de mercado, o método de simulação histórica, e para a avaliação do risco de subscrição, a metodologia de simulação estocástica e uma abordagem paramétrica.

Particularmente, a metodologia de simulação histórica é uma abordagem que pretende obter o VaR a partir da simulação de cenários futuros, tendo por base a distribuição empírica obtida a partir do histórico da rentabilidade da variável em estudo. Esta abordagem é fácil de implementar e de entender, e não considera qualquer pressuposto específico acerca da variância dos dados, nem se baseia em valores médios, razão pela qual a designam de “realista”. De uma maneira geral, este método simplesmente ordena do pior para o melhor cenário possível as rentabilidades históricas simuladas,

assumindo que o passado se repercutirá no futuro. Desta forma, é uma técnica simples, que computacionalmente reage de forma rápida, e não se baseia em demasiados pressupostos teóricos.

Esta aproximação apenas necessitará do registo diário dos preços das variáveis objecto de análise, através dos quais se obtém as rendibilidades passadas.

A metodologia de simulação estocástica a utilizar corresponderá à técnica de *Bootstrap*. Este método, que também se baseia em dados passados, permite gerar uma distribuição empírica para determinada variável que se pretenda estudar, através da criação de uma amostra de números aleatórios com reposição, a partir da qual será possível determinar o quantil de ordem α .

A abordagem paramétrica consiste em assumir que a variável em análise segue uma distribuição conhecida, usualmente a distribuição Normal, por se tratar de uma distribuição que goza de importantes propriedades que a tornam muito atraente para as aplicações práticas e teóricas. Assim, a partir da informação histórica actual determinar-se-ão os parâmetros da distribuição, com os quais se obterá estimativas através de simulação.

Para qualquer uma das metodologias adoptadas, assumir-se-á que as variações do valor da carteira histórica da variável em estudo são independentes e identicamente distribuídas.

Por último, cumpre salientar que se assumiu ainda um α igual a 0,005 e um horizonte temporal de 1 ano, em virtude de serem os pressupostos assumidos para o estudo QIS3 e provavelmente os seleccionados para o futuro sistema do Solvência II.

2.2. Best Estimate

A estimativa do custo total que uma empresa de seguros terá de suportar para regularizar todos os sinistros que ocorrem até ao final do exercício, assume uma importância fulcral para o cálculo das necessidades de capital. A incerteza inerente é descrita pela distribuição das possíveis responsabilidades futuras, que permitirá determinar a melhor estimativa da reserva a constituir.

A *best estimate* corresponde à estimativa do valor das responsabilidades da empresa de seguros que poderão surgir ao longo do período que decorre até à regularização do

sinistro (adiante designado por *run-off*). Essa estimativa deve corresponder ao valor esperado das responsabilidades, não incluindo qualquer tipo de prudência, i.e., a *best estimate* não deve ser determinada, por exemplo, por um quantil de ordem 0.25, mas sim pela média associada à distribuição dos *cash-flows*.

O modelo de cálculo do valor esperado das responsabilidades, que deve estar em constante revisão e adaptação, deve basear-se em pressupostos actuariais e económicos realistas, e ainda identificar e considerar outros factores que tenham impacto no montante ou probabilidade dos *cash flows* futuros.

Em virtude de se pretender que o modelo seja o mais realista possível, os *cash flows* futuros devem ser descontados com recurso à estrutura temporal das taxas de juro sem risco, de modo a se ter em consideração os custos de oportunidade. Importa ainda salientar que os pressupostos não devem ser apenas baseados na experiência passada, devendo-se incorporar no modelo o que se considerar pertinente, mesmo que não seja consonante com o passado.

A *best estimate*, de uma maneira geral, incorpora as provisões para prémios e as provisões para sinistros.

A empresa de seguros deve possuir informação fiável do passado de forma a permitir a aplicação de métodos estatísticos.

Para a determinação do valor esperado da provisão para sinistros, utilizar-se-á uma metodologia estatística tendo por base a informação do passado.

Assim, tendo em consideração que o ano actual é o ano n , represente-se os pagamentos incrementais efectuados no ano de desenvolvimento j (inclusive) por C_{ij} , relativos a sinistros ocorridos no ano i , conforme representado na figura seguinte:

Tabela 2.1– Matriz de Sinistros Pagos

Ano de Ocorrência	Ano de Desenvolvimento							
	1	2	...	j	...	n-1	n	∞
1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1j}	...	$C_{1,n-1}$	$C_{1,n}$	$C_{1,\infty}$
2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2j}	...	$C_{2,n-1}$		
...			
i	C_{i1}	C_{i2}	...	$C_{i,n+1-i}$				
...					
n-1	$C_{n-1,1}$	$C_{n-1,2}$						
n	$C_{n,1}$							

Mais do que estimar os valores individuais C_{ij} ($i = 2, 3, \dots, n$ e $j = n+2-i, n+3-i, \dots, n$), pretende-se prever o total das linhas, $C_{i\bullet}$ ($i = 2, 3, \dots, n$), nomeadamente o montante necessário para fazer face às responsabilidades surgidas no ano i . O $C_{i\infty}$ corresponde aos pagamentos de todos os sinistros ocorridos no período i mas cujo encerramento ocorre passado mais de n períodos de tempo. Constata-se, portanto, que a provisão ou reserva (*RES*) para cada ano de ocorrência corresponde a

$$RES_i = S_{i,\infty} - S_{i,n+1-i} \quad (2.2)$$

em que S_{ij} representa os pagamentos acumulados até ao ano j dos sinistros ocorridos no ano i ($S_{ij} = \sum_{k=1}^j C_{i,k}$). O ano de pagamento é definido por k (i.e., $k = i + j$), enquanto os pagamentos acumulados até à presente data representa-se por $S_{i,n+1-i}$.

Não obstante existirem diversos métodos de cálculo das reservas, o mais usual designa-se por técnica de *Chain Ladder*.

Assim, optou-se por esse método estatístico na sua forma mais simples, que assume que a frequência de sinistralidade pode variar ao longo do tempo e pressupõe que os factores de desenvolvimento são constantes ao longo dos anos. Este método mais não é que o cálculo de uma média ponderada de todos os rácios do triângulo, em que o ponderador é o montante dos sinistros pagos.

Tendo por base o triângulo de montantes pagos acumulados, obtém-se facilmente os respectivos factores (f) para cada um dos anos de desenvolvimento ($j = 1, \dots, n$), através da expressão,

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n+1-j} S_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n+1-j} S_{i,j-1}} \quad (2.3)$$

Para se obter a estimativa do total dos custos com sinistros, ocorridos no ano i , para todo o *run-off* ($S_{i,\infty}$), multiplica-se o valor da última diagonal do triângulo de montantes acumulados pelos respectivos factores de desenvolvimento médios de acordo com os anos de desenvolvimento que ainda faltam para completar o *run-off*, nomeadamente,

$$S_{i,\infty} = S_{i,n+1-i} \times f_{n+2-i} \times f_{n+3-i} \times \dots \times f_{n+n-i} . \quad (2.4)$$

Desta forma, torna-se possível obter o valor esperado das responsabilidades com sinistros pendentes, através da fórmula

$$RES^{sinistros} = \sum_{i=1}^n RES_i . \quad (2.5)$$

O método aqui definido apresenta duas limitações. O primeiro prende-se com o facto de estabelecer que existe independência entre os diversos anos de ocorrência. O segundo consiste no facto de assumir que o factor de desenvolvimento é o mesmo ao longo dos anos de ocorrência dos sinistros.

Existem algumas outras metodologias de cálculo da *best estimate* da provisão para sinistros que se baseiam no método de *Chain Ladder*, mas que tentam ultrapassar essas limitações, tal como referido e exemplificado por Verrall (1994). No entanto, conforme enunciado por Mack (1993), a estimativa obtida por um método estatístico não passa disso mesmo, pois o passado pode não vir a replicar-se no futuro, requerendo uma análise aprofundada por parte do actuário da seguradora. Por esse motivo, mais vale um método simples, onde o utilizador saiba exactamente como funciona e quais as suas fraquezas. Além disso, a margem de risco acrescentará a essa estimativa o risco associado ao desenvolvimento adverso de reservas.

Relativamente à *best estimate* da provisão para prémios, resulta simplesmente da provisão para prémios não adquiridos adicionada da provisão para riscos em curso. No âmbito do projecto Solvência II, vai ser definido um modo de cálculo destas provisões. No entanto, visto não ser objecto deste trabalho a determinação da provisão para prémios, por simplificação, consideraram-se as provisões que vão ser substituídas por essa reserva.

Portanto, a *best estimate* total (*BE*) corresponde à agregação da reserva para sinistros à reserva para prémios.

Pretende-se neste trabalho indicar apenas a ideia do significado da *best estimate*, pelo que a aplicação do modelo de determinação da margem de risco aqui apresentado não se restringirá a estes métodos propostos.

3. Quantitative Impact Study 3 (QIS3)

A aplicação de um modelo de análise de risco representa um desafio importante mas de difícil implementação, que terá um impacto significativo na actividade seguradora e resseguradora Europeia.

Nesse sentido, o grupo de trabalho do CEA, por solicitação do CEIOPS, tem conduzido uma série de estudos, os *Quantitative Impact Studies* (QIS), que visam avaliar o impacto da introdução de um novo modelo de Solvência.

O estudo de impacto mais recente, o QIS3, foi efectuado entre os meses de Abril e Junho de 2007. Este terceiro estudo tem como principais objectivos:

- Recolher informação qualitativa sobre a exequibilidade e adequação das metodologias de cálculo utilizadas;
- Verificar os impactos ao nível do Balanço e dos Requisitos de Capital;
- Recolher informação sobre a adequação da calibração de factores utilizada neste exercício;
- Testar a aplicação das novas metodologias a Grupos.

As alterações mais visíveis face às estruturas testadas nos estudos anteriores são, em primeiro lugar, o facto de o módulo de risco operacional ter sido transferido para um nível superior (o que implica a perda de benefícios de diversificação face aos restantes módulos de riscos principais – mercado, contraparte e subscrição). Em segundo, o facto de a capacidade de absorção do risco passar a ser avaliada ao nível dos módulos individuais, alteração esta que resultou das dificuldades sentidas e reportadas pelos participantes do QIS2.

Pretende-se nesta secção definir os pressupostos base estabelecidos pelo estudo de impacto QIS3 e as respectivas adaptações efectuadas para a determinação de cada um dos riscos.

Serão apenas tidos em consideração os riscos base de uma seguradora que explore exclusivamente o ramo Automóvel, que não detenha derivados para cobertura de risco e que não possua imóveis em carteira (estes pressupostos surgem do facto do modelo vir a ser aplicado em particular a uma seguradora).

A calibração de cada um dos riscos nesta secção foi desenvolvida pelo CEIOPS, com a colaboração do CEA e do CRO Forum.

3.1. Risco de Mercado

O risco de mercado será medido através do impacto dos movimentos das variáveis financeiras que o compõem, nomeadamente: acções, taxa de juro, imóveis, *credit spread* e taxa de câmbio.

Trata-se de uma análise estática, pressupondo que os activos da carteira permaneçam imutáveis. Na prática este pressuposto não é verdadeiro, mas para colmatar esta limitação a análise deverá ser efectuada periodicamente.

Ter-se-á ainda em atenção o risco de concentração de títulos do mesmo emitente ou sector de actividade.

O risco total de mercado resultará da agregação dos montantes obtidos para cada risco, tendo em consideração a correlação existente entre eles.

3.1.1. Risco de Acções

O risco de acções resulta das flutuações futuras do valor de mercado das carteiras de acções.

Este risco pode ser dividido em risco sistemático e risco específico. O primeiro refere-se à sensibilidade dos resultados das acções no mercado e o segundo corresponde ao risco diversificável, que será apenas considerado na secção referente ao risco de concentração.

Em primeiro lugar, separar-se-á as acções em dois índices, designados de “Global” e “Outros”. O primeiro índice inclui as acções de países europeus e dos mercados considerados globais, enquanto o segundo engloba os títulos de mercados emergentes (a Argentina, o Brasil, a China, a Índia, a Indonésia, o México, a Polónia, a África do Sul, a Coreia do Sul e a Turquia), as acções não listadas e os investimentos alternativos.

Os cenários considerados para o cálculo da carga de capital do risco de acções são, por um lado, a depreciação de 32% dos títulos que integram o índice “Global” e, por outro, a desvalorização de 45% para os investimentos associados a acções compreendidas na categoria “Outros”.

A volatilidade utilizada para o índice Global (32%) foi calibrada tendo por base os resultados trimestrais do índice *MSCI Developed Markets* no período compreendido entre 1970 e 2005 (o índice *MSCI* abrange 23 índices de países desenvolvidos - Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hong Kong, Irlanda, Itália, Japão, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Portugal, Singapura, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido e Estados Unidos - não incluindo mercados emergentes e investimentos em acções privadas).

Para o efeito, foi assumido que os resultados do índice *MSCI* seguem uma distribuição Normal, resultando uma depreciação dessas acções de 32%, tendo por base um nível de confiança de 99,5%.

As depreciações a aplicar a cada índice reflectem o risco sistemático inerente à carteira de mercado, assumindo que as carteiras de acções das seguradoras têm a mesma exposição ao risco sistemático como o próprio índice.

Para determinar o valor em risco, no que se refere à detenção de acções, obtém-se, para cada índice, o montante de títulos expostos a esse risco, calculando-se em seguida a desvalorização da carteira de acções para os cenários supra referidos.

A agregação dos montantes em risco será obtida aplicando a seguinte fórmula:

$$Risco_{QIS3}^{acções} = \sqrt{\sum_{l,c} \rho_{lc}^{acções} \times Risco_l^{acções} \times Risco_c^{acções}} \quad (3.1)$$

onde a matriz $\rho_{lc}^{acções}$ corresponde a:

Tabela 3.1 – Correlação do Risco de Acções (QIS3)

$\rho_{lc}^{acções}$	Global	Outros
Global	1	
Outros	0,75	1

Fonte: QIS3

e as variáveis $Risco_l^{acções}$ e $Risco_c^{acções}$ referem-se aos montantes em risco calculados para cada um dos índices de acordo com as linhas e colunas da matriz, respectivamente.

3.1.2. Risco de Taxa de Juro

Uma seguradora fica exposta ao risco de taxa de juro quando detém activos cujo valor é sensível à volatilidade da taxa de juro, designadamente obrigações e outros títulos de

taxa fixa, instrumentos de financiamento, derivados de taxa de juro e responsabilidade de seguros.

Assumiu-se que os títulos de rendimento fixo com cupão variável não estão expostos ao risco de taxa de juro, pelo que não foram considerados para efeitos de cálculo e de modelação.

A determinação do valor em risco neste ponto, segundo o QIS3, fundamenta-se na aplicação de variações (aumentos e diminuições) à estrutura temporal da taxa de juro (ETTJ), calibradas tendo por base os seguintes dados: taxas de cupão zero alemãs, com maturidades de 1y a 10y, desde 1972, com periodicidade mensal (extraídas da base de dados do *Bundesbank*); e as taxas de cupão zero dos swaps europeus, com maturidades de 1y-5y-10y-15y-20y-25y-30y, desde 1997, com periodicidade diária (obtidas do sistemas da *Datastream*).

A ETTJ consiste num conjunto de taxas de juro em vigor para investimentos de diferentes maturidades, pertencentes à mesma classe de risco, numa dada economia.

Considerou-se que as taxas de juro seguem uma distribuição Lognormal e, por sua vez, a variação das taxas de juro tem por base uma distribuição Normal.

Para as taxas de juro com maturidades maiores que 10 anos, em virtude de não existir informação suficiente, os “choques” paralelos da ETTJ foram determinados através de ajustes às variações das taxas de maturidades mais baixas, de acordo com a informação das duas bases de dados já referidas.

As novas ETTJ são derivadas da multiplicação da actual curva (baseada nas taxas spot em vigor no final do exercício de 2006 e é facultada no âmbito do QIS3) por $(1+S^u(T))$ e $(1+S^d(T))$, onde o $S^u(T)$ e o $S^d(T)$ representam cenários de aumento e diminuição das taxas de juro para o período $[0$ a $T]$, respectivamente.

Refira-se que para as maturidades intermédias (semestrais, trimestrais, ...), tendo em consideração que não é indicado um procedimento uniforme, adoptou-se a técnica de interpolação linear para obter as taxas respectivas, por se tratar de um método simples e de fácil aplicação.

Para determinar a carga de capital para fazer face a este risco, considerar-se-á a seguinte expressão,

$$Risco_{QIS3}^{tx\ juro} = (DBE^* - DBE) + \sum_i [B^i(0)^* - B^i(0)] \quad (3.2)$$

em que DBE^* e DBE referem-se à estimativa das responsabilidades do *run-off*, descontadas tendo por base a ETTJ sem risco após e antes do aumento da taxa de juro, respectivamente. O valor actual teórico da obrigação i antes e após aumento da taxa de juro representa-se, respectivamente, por $B^i(0)$ e $B^i(0)^*$.

O valor actual da obrigação ($B(0)$) será obtido tendo por base a actualização dos *cash-flows* futuros e do valor nominal, ou seja,

$$B^i(0) = c^i \sum_{j=1}^n DF(t_j^i) + DF(T^i) VN^i \quad (3.3)$$

$$B^i(0)^* = c^i \sum_{j=1}^n DF(t_j^i)^* + DF(T^i)^* VN^i \quad (3.4)$$

onde c^i equivale ao valor do cupão e VN^i ao valor nominal da obrigação i . Os factores de desconto, antes e após o cenário de aumento de taxas de juro, respectivamente, representam-se por $DF(t_j^i)$ e $DF(t_j^i)^*$, em que t_j^i corresponde aos períodos ($j = 1, \dots, n$) de vencimento dos cupões e $t_n^i = T^i$ à maturidade da obrigação i .

3.1.3. Risco Cambial

Este risco surge da possibilidade de ocorrência de alterações significativas nas taxas de câmbio, nomeadamente diminuição do valor dos activos e aumento do valor das responsabilidades expressos na moeda estrangeira.

O cálculo do valor em risco conforme estabelecido no estudo QIS3 consiste na aplicação de uma desvalorização de 20% no montante dos activos que não se encontram expressos em euros e na diminuição das responsabilidades em moeda estrangeira nessa mesma proporção, ou vice versa (quando a variação das responsabilidades é maior que a dos activos).

Essa depreciação foi calibrada pelo CEIOPS com base no histórico das taxas de câmbio em relação ao euro, no período compreendido entre 1958 e 2006, usando uma

frequência mensal (extraída do sistema da *Datastream*), de sete moedas (Dólar Americano, Libra Esterlina, Peso Argentino, Iene Japonês, Coroa Sueca, Franco Suíço e o Dólar Australiano).

Foi assumido que as variações relativas das taxas de câmbio seguem uma distribuição Normal, resultando, a um nível de confiança de 99,5%, uma desvalorização média de cerca de 17%, contudo, excluindo o período de Bretton-Woods (1992-2001, período que definiu a adopção de uma política monetária que estabilizasse a taxa de câmbio de cada país), essa desvalorização atinge os 20%.

Portanto, a carga a adicionar ao requisito de capital para fazer face ao risco cambial, para o modelo baseado no QIS3, será obtida a partir da expressão,

$$Risco_{QIS3}^{cambial} = (A^e - RSP^e) \times 20\% , \quad (3.5)$$

onde A^e e RSP^e correspondem ao montante de activos e responsabilidades expressos em moeda estrangeira, respectivamente.

3.1.4. Risco de Crédito

Todos os instrumentos de dívida, além de estarem sujeitos ao risco de taxa de juro, possuem também o risco de *credit spread*, que corresponde ao prémio de risco adicional em relação ao rendimento do activo sem risco, exigido pelo mercado em virtude de se assumir uma determinada exposição ao crédito. Reflecte a variação do valor derivada de uma mudança na curva de crédito em relação à ETTJ sem risco.

O risco de crédito resulta, de acordo com o estabelecido no QIS3, da expressão

$$Risco^{credito} = \sum_{i=1}^n V^i \times M^i \times F^i , \quad (3.6)$$

onde existem n títulos expostos ao risco de crédito. O valor de mercado do título i representa-se por V^i , enquanto M^i e F^i são medidas relacionadas com a duração efectiva e *rating* externo do mesmo título, respectivamente.

Para se determinar a medida M^i , obteve-se duração de cada obrigação (D^i) de acordo com a definição de *Fisher-Weil*, a que corresponde a fórmula

$$D^i = \frac{c^i \sum_{j=1}^n t_j^i DF(t_j^i) + T^i DF(T^i) VN^i}{B^i(0)}. \quad (3.7)$$

Os factores de desconto [$DF(t_j^i)$] e o valor actual da obrigação i [$B^i(0)$], foram explicados na secção 3.1.2.

A função da duração (M^i) é definida da forma seguinte,

$$M^i = \begin{cases} \min(D^i; 8) & \text{se } rating_i = BB \text{ ou sem rating} \\ \min(D^i; 6) & \text{se } rating_i = B \\ \min(D^i; 4) & \text{se } rating_i = CCC \\ D^i & \text{Outros} \end{cases}$$

A medida que varia de acordo com a classe de *rating* em que se insere o título i (F^i) foi calibrada de modo a devolver impactos consistentes com um VaR a 99,5%, que se desagrega da seguinte forma,

Tabela 3.2 – Medida F^i

<i>Rating</i> _{i}	F^i
AAA	0,25%
AA	0,25%
A	1,03%
BBB	1,25%
BB	3,39%
B	5,60%
CCC	11,20%
NR	2%

Fonte: QIS3

3.1.5. Risco de Concentração

De acordo com o mencionado na secção referente ao risco de acções, existe uma parte do risco dos activos que é específica e pode ser diversificável, i.e., está relacionada com uma determinada empresa e com o sector em que ela se insere.

O risco de concentração servirá deste modo para medir o risco decorrente de uma inadequada diversificação da carteira em termos de exposição ao risco de volatilidade de títulos de uma mesma empresa.

Nesse sentido, em primeiro lugar, determina-se a exposição ao risco de cada uma das empresas emissoras dos títulos em carteira (EXP^i , onde i representa a empresa), obtendo-se por sua vez o peso dessa exposição na carteira total.

As obrigações governamentais são excluídas deste risco, em virtude de se considerar existir credibilidade ao nível dos estados nacionais.

Tendo em consideração que nem todas as empresas têm a mesma probabilidade de incorrerem em situações que possam provocar a desvalorização dos títulos emitidos, o QIS3 estabeleceu diferentes limites de concentração de acordo com o *rating* de cada emitente, conforme se apresenta,

Tabela 3.3 – Limites de Concentração

Rating _i	LC
AA - AAA	5%
A	5%
BBB	3%
BB ou Inferior	3%

Fonte: QIS3

Comparando a percentagem de exposição de determinada empresa na carteira total (P) com o limite de concentração (LC^i) respectivo, obteve-se o excesso (XC) para cada empresa i ,

$$XC^i = \frac{EXP^i}{P} - LC^i \quad (3.8)$$

O montante em risco relativo à concentração de títulos do mesmo emitente, assumindo independência entre os vários emitentes, resulta da expressão,

$$Risco^{conc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [P \times XC^i \times (g_0 + g_1 \times XC^i)]} \quad (3.9)$$

Onde os parâmetros g_0 e g_1 dependem do rating do emitente, conforme determinado,

Tabela 3.4 – Parâmetros g_0 e g_1

Rating _i	g_0	g_1
AAA	0,1840	0,0401
AA	0,1840	0,0401
A	0,2684	-0,0163
BBB	0,3862	-0,0416
BB, mais baixo ou sem rating	0,9227	-0,4314

Fonte: QIS3

3.1.6. Agregação dos Riscos

O risco de mercado engloba os vários riscos acima calculados, cuja agregação deverá ter em consideração a correlação existente entre os mesmos, pois o aumento de um dos riscos poderá condicionar a evolução dos outros. Deste modo, o QIS3 estabelece que o montante de capital para fazer face ao risco de mercado ($SCR_{QIS3}^{mercado}$) será determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$SCR_{QIS3}^{mercado} = \sqrt{\sum_{l,c} \rho_{lc,QIS3}^{mercado} \times Risco_l^{mercado} \times Risco_c^{mercado}}, \quad (3.10)$$

onde $Risco_l^{mercado}$ e $Risco_c^{mercado}$ referem-se às cargas de cada risco de acordo com as linhas e colunas da matriz $\rho_{lc,QIS3}^{mercado}$, respectivamente, que é definida da forma que se segue,

Tabela 3.5 – Correlação do Risco de Mercado (QIS3)

$\rho_{lc,QIS3}^{mercado}$	Taxa Juro	Acções	Credit Spread	Concentração	Cambial
Taxa Juro	1				
Acções	0	1			
Credit Spread	0,25	0,25	1		
Concentração	0	0	0	1	
Cambial	0,25	0,25	0,25	0	1

Fonte: QIS3

3.2. Risco de Contraparte

Este risco respeita à incerteza da contraparte de um determinado contrato cumprir com as suas obrigações financeiras. A exposição a este risco surge na sequência da realização de contratos de resseguro ou de derivados.

Considerou-se apenas a existência de um contrato de resseguro. No caso de existir mais que um ressegurador ver QIS3 Technical Specifications, part I: Instructions (2007).

Para determinar a carga de capital necessária para fazer face ao risco de contraparte, obteve-se em primeiro lugar o custo de reposição do resseguro (CR) em caso de incumprimento do ressegurador, de acordo com a seguinte expressão,

$$CR = PT^{rc} + PR^{rc} \quad (3.11)$$

onde PT^{rc} corresponde às provisões técnicas de resseguro cedido e PR^{rc} aos prémios cedidos líquidos de reembolsos.

A probabilidade de incumprimento do ressegurador, PD^i , foi determinada de acordo com o seu *rating* e tendo em consideração a seguinte tabela,

Tabela 3.6 – Probabilidades de Incumprimento do Ressegurador

Rating	PD^i
AAA	0,002%
AA	0,01%
A	0,05%
BBB	0,24%
BB	1,20%
B	6,04%
CCC, mais baixo ou sem rating	30,41%

fonte: QIS3

Tendo presente que a exposição ao ressegurador é total, uma vez que apenas existe um contrato, o capital a afectar a este risco foi determinado de acordo com a seguinte fórmula,

$$SCR^{contraparte} = CR \times \min(100 \times PD^i; 1). \quad (3.12)$$

3.3. Risco de Subscrição

Existem alguns riscos que derivam da própria actividade seguradora. Riscos esses que se designam por Actuariais (ou de Subscrição).

Para o caso dos ramos não vida, o risco de Subscrição divide-se em dois grandes grupos: Risco de Prémios e Risco de Reservas.

De acordo com a metodologia sugerida pelo QIS3, o cálculo deste risco será efectuado de forma agregada.

Em primeiro lugar, definem-se os montantes sujeitos a cada um dos riscos, designadamente,

$$VM^{premios} = 1,05 \times PE_t \quad (3.13)$$

$$VM^{reservas} = PS_t \quad (3.14)$$

onde PE_t diz respeito aos prémios emitidos líquidos de resseguro relativos ao exercício de t e PS_t à provisão para sinistros constituída no mesmo ano. $VM^{premios}$ diz respeito à estimativa dos prémios referentes ao próximo ano, no entanto, como essa informação não está disponível, adoptou-se apenas a terceira opção do QIS3.

O valor total da medida do risco é calculado somando os dois montantes,

$$VM = VM^{premios} + V^{reservas} . \quad (3.15)$$

Foi determinado um valor específico para o desvio padrão das reservas, $\sigma^{reservas}$. Relativamente ao desvio padrão do risco de prémios ($\sigma^{premios}$), tendo por base a teoria da credibilidade, calcula-se através da expressão,

$$\sigma^{premios} = \sqrt{c\sigma_{S,premios}^2 + (1-c)\sigma_{M,premios}^2} , \quad (3.16)$$

em que c corresponde ao factor de credibilidade calculado de acordo com o modelo clássico de *Bulmann-Straub*, $\sigma_{S,premios}$ e $\sigma_{M,premios}$ aos desvios padrão da Seguradora e do mercado, respectivamente.

Para o ramo Automóvel foi estabelecido que $\sigma_{M,premios}$ corresponde a 10%, enquanto o factor de credibilidade será determinado da seguinte forma,

$$c = \begin{cases} \frac{n}{n+k} & \text{se } n \geq 7 \\ 0 & \text{outros} \end{cases}$$

onde n corresponde ao número de anos de informação histórica e k a uma constante igual a 4.

O desvio padrão específico da Seguradora, $\sigma_{S,premios}$, será calculado tendo por base a volatilidade dos rácios de sinistralidade históricos, nomeadamente,

$$\sigma_{S,premios} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)VM^{premios}} \sum_{t=1}^n PA_t (LR_t - \mu^{LR})^2}, \quad (3.17)$$

em que LR_t corresponde à taxa de sinistralidade referente ao ano t, definida tal que

$$LR_t = \frac{CS_t}{PA_t} \text{ para } t = 1, \dots, n \quad (3.18)$$

onde PA_t refere-se aos prémios adquiridos líquidos de resseguro e CS_t aos custos com sinistros, ambos referentes ao ano t.

O valor esperado da taxa de sinistralidade da Seguradora, μ^{LR} , é definido como uma média ponderada, i.e,

$$\mu^{LR} = \frac{\sum_{t=1}^n PA_t LR_t}{\sum_{t=1}^n PA_t} \quad (3.19)$$

Assim, o desvio padrão do rácio combinado ($\sigma^{subscricao}$) da carteira da Seguradora em análise será determinado de acordo com expressão,

$$\sigma^{subscricao} = \sqrt{\frac{1}{VM^2} (VM^{premios} \times VM^{reservas} \times \sigma^{premios} \times \sigma^{reservas})} \quad (3.20)$$

Obtido o desvio padrão e a medida de risco agregados, pode-se portanto calcular o risco de subscrição ($SCR_{QIS3}^{subscricao}$), com base na seguinte fórmula,

$$SCR_{QIS3}^{subscricao} = f(\sigma^{subscricao}) VM \quad (3.21)$$

em que $f(\sigma^{subscricao})$ é uma função do desvio padrão, definida como abaixo se indica,

$$f(\sigma^{subscricao}) = \frac{\exp(N_{0,995} \sqrt{\ln(\sigma^2 + 1)})}{\sqrt{\sigma^2 + 1}} - 1,$$

onde $N_{0,995}$ corresponde ao quantil de ordem 0,005 de uma distribuição Normal estandardizada.

3.4. Risco Operacional

O risco operacional advém de perdas relacionadas com falhas ao nível de sistemas internos, dos recursos humanos, de acontecimentos externos, do risco legal, entre outros.

O QIS3, estabelece, para a determinação do risco operacional, a seguinte fórmula,

$$SCR_{QIS3}^{operacional} = \min\{30\% \times SCR_{QIS3}^{basico}; \max\{0,02 \times PBA_T; 0,02 \times PTB_T\}\} \quad (3.22)$$

onde PBA_T e PTB_T correspondem aos prémios brutos adquiridos e provisões técnicas brutas dos ramos não vida do exercício em análise, respectivamente.

O SCR básico corresponde à agregação dos riscos de mercado, de contraparte e de subscrição, que de acordo com o estabelecido no QIS3 será efectuada através da expressão

$$SCR_{QIS3}^{basico} = \sqrt{\sum_{l,c} \rho_{lc}^{basico} \times SCR^l \times SCR^c}, \quad (3.23)$$

onde ρ_{lc}^{basico} é uma matriz de correlação definida de acordo com a Tabela 3.7,

Tabela 3.7– Correlação Requisito Capital Básico

ρ_{lc}^{basico}	Mercado	Contraparte	Subscrição
Mercado	1		
Contraparte	0,25	1	
Subscrição	0,25	0,5	1

fonte: QIS3

As variáveis SCR^l e SCR^c correspondem às cargas de capital atrás calculadas para cada uma das categorias das linhas e colunas da matriz, respectivamente.

3.5. Requisito de Capital e Margem de Risco

O Requisito de Capital para o primeiro ano, SCR_1 , será determinado pela soma do SCR básico e do SCR operacional, ou seja, matematicamente,

$$SCR_1 = SCR_{QIS3}^{basico} + SCR_{QIS3}^{operacional} \quad (3.24)$$

Uma vez calculado o SCR_1 , e assumindo que a carteira comercial não se altera, i.e, não é subscrito novo negócio, e não existe nenhum benefício adicional para o segurador que tome a seu cargo a carteira dessa empresa de seguros, calcular-se-á o SCR para cada um dos próximos anos do *run-off* (SCR_t , para $t = 2, 3, \dots, n$).

O SCR_t será determinado fazendo-o depender da *best estimate* prevista para cada ano do *run-off* (BE_t), conforme estabelecido no *Swiss Solvency Test*, designadamente,

$$\frac{SCR_1}{BE_1} \approx \frac{SCR_t}{BE_t} \Leftrightarrow SCR_t = SCR_1 \times \frac{BE_t}{BE_1} \quad (3.25)$$

Determinadas as estimativas das provisões técnicas para cada ano do *run-off*, obtém-se os vários SCR_t para cada um desses anos, através da fórmula (3.25). Posto isto, actualizam-se os valores dos vários requisitos de capital, utilizando a ETTJ sem risco, para as maturidades respectivas.

O custo do capital em cada ano corresponderá ao valor determinado pela seguinte fórmula,

$$CK_t = CoC \times DSCR_t \quad (3.26)$$

onde CoC é o coeficiente do custo do capital, definido em 6%, e $DSCR_t$ corresponde ao requisito de capital descontado relativo ao ano t .

Por sua vez, a margem de risco (MR) obter-se-á a partir da soma do custo do capital de cada ano do *run-off*, tal que

$$MR = \sum_{t=1}^n CK_t \quad (3.27)$$

O cálculo das responsabilidades ao valor de mercado (RSP^{jv}) será efectuado através da expressão indicada,

$$RSP^{jv} = DBE + MR \quad (3.28)$$

4. Modelo Alternativo (Interno)

O objectivo do presente capítulo é o de formular um modelo de determinação do requisito de capital necessário para permitir fazer face à presente estrutura de activos e responsabilidades de determinada empresa de seguros, num período de um ano e com um nível de confiança de 99,5%.

Trata-se igualmente de uma análise estática, que deverá ser efectuada periodicamente, pois no período de um ano a estrutura dos activos e dos passivos não deverá permanecer constante.

Entendeu-se analisar individualmente os riscos, tal como no modelo *standard*, em virtude de ser mais fácil para a seguradora identificar quais os riscos a que está mais exposta e as técnicas de cobertura que deve utilizar para efeitos de gestão do risco.

4.1. Risco de Mercado

4.1.1. Risco de Acções

A actual dinâmica do mercado financeiro, latente, em certa medida, na elevada volatilidade do preço das acções, pode dar origem a depreciações no valor desses títulos, provocando perdas.

Nesta secção será efectuada uma análise que permite testar a variação anual de cada uma das acções incluídas na própria carteira da Companhia.

A análise consistiu em determinar o VaR a 0,5% através do método da simulação histórica, mediante os seguintes passos:

- 1) Obtenção da cotação histórica diária de cada uma das acções em carteira.
- 2) Cálculo do valor da carteira ($P^{acções}$) ao longo do tempo ($t = 1, \dots, n$), de acordo com a fórmula

$$P_t^{acções} = \sum_{i=1}^N V^{i,t} Q^i \quad (4.1)$$

onde $V^{i,t}$ corresponde ao preço da acção i no momento t e Q^i a quantidade investida em i . O número de acções incluídas na carteira representa-se por N .

- 3) Determinação da taxa de rendibilidade histórica diária da carteira ($R_{d,t}^{acções}$), obtida da seguinte forma:

$$R_{d,t}^{acções} = \frac{P_t^{acções}}{P_{t-1}^{acções}} - 1. \quad (4.2)$$

- 4) Cálculo do VaR, $R_d^{acções*}$, associado às rendibilidades diárias,

$$\Pr(R_{d,t}^{acções} < R_{\alpha,d}^{acções}) = 0,005. \quad (4.3)$$

- 5) Assumindo que o histórico da carteira de acções é temporalmente independente e identicamente distribuído, anualizou-se a rendibilidade diária correspondente ao VaR, i.e.,

$$R_{\alpha}^{acções} = R_{\alpha,d}^{acções} \times \sqrt{252} \quad (4.4)$$

- 6) O valor em risco associado à detenção de acções ($Risco_{MI}^{acções}$) determina-se a partir da seguinte fórmula,

$$Risco_{MI}^{acções} = P_n^{acções} \times R_{\alpha}^{acções}. \quad (4.5)$$

4.1.2. Risco de Taxa de Juro

O valor de mercado de um instrumento de dívida é função das características técnicas desse produto e essencialmente da ETTJ e do risco de crédito desse instrumento.

Em relação ao risco de *credit spread*, será tratado individualmente na respectiva secção.

Deste modo, para modelar o risco associado à detenção de instrumentos de dívida, torna-se necessário modelar o risco de taxa de juro a que estes instrumentos se encontram sujeitos.

Neste módulo utilizar-se-á, genericamente, o termo obrigação para designar um título de dívida.

Para determinar a carga de capital para o risco de taxa de juro específico da carteira de activos de determinada seguradora, dever-se-á, em primeiro lugar, obter o histórico da ETTJ mais adequada à carteira de obrigações. Para determinação das maturidades intermédias, utilizou-se a técnica de interpolação linear.

Nesta secção, a variável em estudo será a taxa de rendibilidade diária, correspondendo a,

$$R^{tx\ juro} = \ln\left(\frac{r_t}{r_{t-1}}\right), \quad (4.6)$$

onde r_t e r_{t-1} representam as taxas de juro do período t e $t-1$, respectivamente.

Optou-se por calcular o VaR histórico, pelo que, a partir da evolução histórica da rendibilidade diária das taxas de juro, calculou-se o percentil 99,5 ($R_{\alpha,d}^{tx\ juro}$) para cada uma das maturidades, convertendo-se posteriormente numa taxa anual, assumindo uma vez mais a hipótese de interdependência temporal,

$$R_{\alpha}^{tx\ juro} = R_{\alpha,d}^{tx\ juro} \times \sqrt{252}.$$

A ETTJ ajustada resultará da aplicação de cada rendibilidade anual às taxas de juro em vigor, de acordo com a fórmula,

$$r_k^* = r_k e^{R_{\alpha}^{tx\ juro}}, \text{ para } k = 1, \dots, 30 \quad (4.7)$$

A determinação do valor em risco de taxa de juro ($Risco_{MI}^{tx\ juro}$), efectuou-se através das fórmulas (3.2), (3.3) e (3.4).

Paralelamente, calculou-se ainda a duração de cada título de acordo com a expressão (3.7), que traduz o tempo médio em que o valor de cada obrigação é gerado.

A duração da carteira de obrigações (D^P), que corresponde à média ponderada das várias durações que compõem a carteira, foi determinada de acordo com a fórmula

$$D^P = \sum_{i=1}^n D^i \frac{B^i(0)}{B^P(0)}. \quad (4.8)$$

em que $B^P(0)$ equivale ao valor actual da carteira, i.e., à soma dos valores actuais de todas as obrigações da carteira.

4.1.3. Risco Cambial

A detenção de activos e/ou responsabilidades em moeda estrangeira submete a seguradora ao denominado risco cambial. Este risco encontra-se associado à possibilidade de, no horizonte temporal definido, a divisa em que se encontram expressos os activos e/ou passivos alterarem o seu valor em relação à moeda nacional.

Desta forma, procedeu-se ao cálculo do VaR a 0,5% da carteira em divisa estrangeira, tendo por base as taxas de câmbio diárias para as moedas estrangeiras incluídas na carteira.

Em primeiro lugar, obteve-se o histórico diário da carteira, calculado a partir das taxas de câmbio passadas,

$$P_t^e = \sum_{i=1}^n \left[\frac{A_i^e - RSP_i^e}{r_{i,t}^e} \right]. \quad (4.9)$$

onde P_t^e corresponde ao valor da carteira no momento t , A_i^e e RSP_i^e referem-se ao montante de activos e passivos expressos na moeda i , respectivamente, e $r_{i,t}^e$ à taxa de câmbio da moeda i no momento t .

Em seguida, calcularam-se as variações diárias do valor da carteira de acordo com a expressão,

$$R_{d,t}^e = \frac{P_t^e}{P_{t-1}^e} - 1. \quad (4.10)$$

A desvalorização da carteira em moeda estrangeira ($Risco_{MI}^{cambial}$), para um horizonte temporal de um ano e com um nível de confiança de 99,5%, determina-se da mesma forma que para o risco de acções, a partir do quarto passo.

4.1.4. Risco de Crédito

Este risco, que corresponde à possibilidade de não pagamento do prémio de risco adicional da obrigação por parte do emitente da dívida, determina-se de igual modo ao estabelecido pelo QIS3.

4.1.5. Agregação dos Riscos

A agregação dos vários riscos que compõem o risco de mercado será efectuada tendo em consideração a diversificação da carteira de títulos, i.e., ter-se-á em consideração a correlação existente entre os diversos riscos.

A correlação é uma medida estatística que quantifica a associação linear entre duas grandezas, neste caso dois riscos.

Deste modo, através do histórico do valor de mercado das obrigações com cupão fixo determina-se o valor total da carteira de obrigações ao longo do tempo. De seguida, calcula-se o valor teórico das mesmas através da fórmula (3.3), para cada momento, tendo por base o histórico diário das taxas de juro para as diferentes maturidades. Uma vez que o valor teórico não incorpora o prémio de risco, da diferença entre o valor da carteira de obrigações ao valor de mercado e ao valor teórico resulta, aproximadamente, o prémio de risco total da carteira em cada momento, ou seja, matematicamente,

$$SP_t = \sum_{i=1}^n (V^{i,t} - B^{i,t}(0)), \quad (4.11)$$

onde $B^{i,t}(0)$ corresponde ao valor actual da obrigação i , no momento t , e o valor de mercado da mesma obrigação é representado por $V^{i,t}$.

Para efeitos de cálculo dos coeficientes de correlação, uma vez obtidos os históricos da carteira de obrigações a valores teóricos, da carteira de acções, da carteira em divisa estrangeira e do valor aproximado do *credit spread* das obrigações, determinam-se as variações diárias de cada uma através da expressão (4.2).

A correlação existente entre as taxas de rendibilidade das várias carteiras determinar-se-á de acordo com a seguinte fórmula,

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (4.12)$$

onde σ_x e σ_y correspondem ao desvio padrão das taxas de rendibilidade das várias carteiras acima referidas, tal que,

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i^2}{n} - \bar{m}^2}, \quad (4.13)$$

para $m = x$ ou y . A covariância entre as mesmas, σ_{xy} , calcula-se aplicando a expressão,

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^n R_{x,t} R_{y,t}}{n} - \bar{R}_x \bar{R}_y. \quad (4.14)$$

onde \bar{R}_x e \bar{R}_y , representam a média das rendibilidades das carteiras x e y , respectivamente.

Calculada a matriz de correlações ($\rho_{ic,MI}^{mercado}$), determina-se o risco de mercado através da fórmula (3.10).

4.2. Risco de Contraparte

Este risco, que se refere à possibilidade da contraparte de determinado contrato não cumprir com as suas obrigações financeiras, será determinado da mesma forma como definido para o estudo QIS3.

4.3. Risco de Subscrição

4.3.1. Risco de Prémios

Nesta secção pretende-se medir o risco a que a Seguradora está sujeita de os montantes dos custos futuros dos sinistros ocorridos serem superiores aos prémios recebidos.

A variável modelada será o rácio combinado, determinado de acordo com a seguinte expressão,

$$RC_t = LR_t + ER_t \quad \text{para } t = 1, \dots, n \quad (4.15)$$

A taxa de sinistralidade, LR_t , calcula-se de acordo com a fórmula (3.18) e o rácio das despesas, ER_t , é determinado da seguinte forma,

$$ER_t = \frac{CF_t}{PA_t}. \quad (4.16)$$

Registe-se que os custos com sinistros serão considerados por ano de ocorrência dos mesmos, em virtude dos prémios de cada ano serem relativos ao período de vigência do contrato, e estão líquidos de resseguro.

Assume-se, por ser um pressuposto comum conforme defendido por El-Bassiouni (1991), que o rácio de sinistralidade segue uma distribuição lognormal.

Para a estimação dos parâmetros da distribuição utilizou-se o modelo misto proposto por El-Bassiouni (1991).

Considerando que o seguro Automóvel é explorado em Portugal por um total de n seguradoras, contendo informação passada de m anos, os parâmetros da distribuição do rácio de sinistralidade foram estimados a partir dos seguintes procedimentos.

Seja X_{it} o rácio de sinistralidade da seguradora i ($i = 1, \dots, n$) no ano t ($t = 1, \dots, m$) e PA_{it} os respectivos prémios adquiridos. Pressupõe-se que o logaritmo do rácio de sinistralidade pode ser explicado por uma constante associada à própria seguradora (λ_i), por uma variável que depende do período de análise (β_t) e por outra variável que varia simultaneamente em função da seguradora e do período (ϖ_{it}). Assim, matematicamente, assume-se que,

$$Y_{it} = \ln(X_{it}) = \lambda_i + \beta_t + \varpi_{it}. \quad (4.17)$$

onde λ_i são constantes desconhecidas e β_t e ϖ_{it} são v.a. mutuamente independentes, designadamente,

$$\beta_t \sim N(0; \theta_2) \text{ para } \theta_2 \geq 0$$

$$\varpi_{it} \sim N\left(0; \frac{\theta_1}{PA_{it}}\right) \text{ para } \theta_1 > 0.$$

Assim, $Y_{it} = \ln(X_{it}) \sim N\left(\lambda_i; \theta_2 + \frac{\theta_1}{PA_{it}}\right)$.

A variância do logaritmo da taxa de sinistralidade é inversamente proporcional ao volume do risco como medida dos prémios adquiridos. Este pressuposto vai ao encontro da ideia de que é expectável que as seguradoras maiores obtenham resultados mais estáveis e previsíveis, ou seja, tem em consideração o efeito de diversificação.

Assim, X_{it} segue uma distribuição Lognormal cuja média e variância são dados por:

$$E(X_{it}) = \exp\left\{\lambda_i + 0,5 \times \left(\theta_2 + \frac{\theta_1}{PA_{it}}\right)\right\} \quad (4.18)$$

$$Var(X_{it}) = \exp\left\{2\lambda_i + \theta_2 + \frac{\theta_1}{PA_{it}}\right\} \times \left[\exp\left\{\theta_2 + \frac{\theta_1}{PA_{it}}\right\} - 1\right]. \quad (4.19)$$

Existem $(n + 2)$ parâmetros que necessitam ser estimados, nomeadamente $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n), \theta_1$ e θ_2 .

Utilizar-se-á o método de estimação da máxima verosimilhança conforme sugerido por *El-Bassiouni* (1991). O processo iterativo será efectuado da seguinte forma,

- 1) Obter as estimativas iniciais de θ_1 e θ_2 , usando as fórmulas:

$$\theta_1^{(0)} = \frac{R_1}{(m-1)(n-1)} \quad (4.20)$$

$$\theta_2^{(0)} = \frac{\frac{R_2}{(m-1)} - \theta_1^{(0)}}{n} \quad (4.21)$$

onde,

$$R_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m Y_{it}^2 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{t=1}^m Y_{it}\right)^2 - R_2$$

$$R_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^m \left(\sum_{i=1}^n Y_{it}\right)^2 - \frac{1}{n \times m} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m Y_{it}\right)^2$$

- 2) Substituir $\theta_1^{(k)}$ e $\theta_2^{(k)}$ na seguinte expressão para estimar o vector de parâmetros $\lambda^{(k)}$ ($n \times 1$):

$$\lambda^{(k)} = H^{-1}h. \quad (4.22)$$

H é uma matriz ($n \times n$) cujos elementos são dados por:

$$H_{lc} \begin{cases} \sum_{t=1}^m [PA_{lt} - \rho_t \times PA_{ct}^2], & l = c \\ -\sum_{t=1}^m [\rho_t \times PA_{lt} \times PA_{ct}], & l \neq c \end{cases}$$

onde ρ_t é definido como,

$$\rho_t = \frac{\theta_2}{\left(\theta_1 + \theta_2 \sum_{i=1}^n PA_{it} \right)}$$

h é um vector (n×1) determinado da seguinte forma,

$$h_l = \sum_{t=1}^m PA_{lt} \left[Y_{lt} - \rho_t \sum_{i=1}^n PA_{it} Y_{it} \right], \quad l = 1, \dots, n \ .$$

onde l corresponde às linhas da matriz.

- 3) Substituir $\theta_1^{(k)}$, $\theta_2^{(k)}$ e $\lambda^{(k)}$ nas fórmulas abaixo indicadas para se obter a próxima iteração, $\theta_1^{(k+1)}$ e $\theta_2^{(k+1)}$:

$$\theta_1^{(k+1)} = \frac{1}{n \times m - n} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m PA_{it} Y_{it} Z_{it}^{(k)} - \sum_{i=1}^n \left(\sum_{t=1}^m PA_{it} Y_{it} \right) \times \frac{\sum_{t=1}^m PA_{it} Z_{it}^{(k)}}{\sum_{t=1}^m P_{it}} \right] \quad (4.23)$$

$$\theta_2^{(k+1)} = \frac{\sum_{t=1}^m [\beta_t^{*(k)}]^2}{[m - tr(T^{(k)})]} \quad (4.24)$$

onde:

$$\beta_t^* = \rho_t \sum_{i=1}^n PA_{it} (Y_{it} - \lambda_t)$$

$$Z_{it} = Y_{it} - \beta_t^*$$

$$tr(T) = \frac{\theta_1}{\theta_2} \left[\sum_{t=1}^m \rho_t + tr(H^{-1}G) \right]$$

Nota: $\text{tr}(w)$ significa o traço da matriz W , i.e., a soma dos seus elementos da diagonal.

G refere-se a uma matriz ($n \times n$) cujos elementos resultam da expressão,

$$G_{lc} = \sum_{t=1}^m \rho_t^2 PA_{lt} PA_{ct} .$$

- 4) Caso não se tenha atingido uma convergência considerada satisfatória (ou seja, $\theta^{(k+1)}$ ser suficientemente próximo de $\theta^{(k)}$), volta-se ao passo 2.

Calculados os parâmetros, e tendo presente que,

$$E(Y_{it}) = \lambda_i ,$$

$$\text{Var}(Y_{it}) = \theta_2 + \frac{\theta_1}{PA_{it}}$$

e que Y_{it} segue uma distribuição Normal, simularam-se 5 mil valores com essa média e variância.

Em seguida, como $Y_{it} = \ln(X_{it})$ e, portanto, $X_{it} = \exp(Y_{it})$, obtém-se uma amostra dos rácios de sinistralidade para a empresa de seguros que se pretende analisar, cuja média e variância é muito próxima da determinada a partir das fórmulas (4.18) e (4.19), como seria expectável.

Com base nessa distribuição, achou-se o rácio de sinistralidade correspondente ao percentil 99,5 (LR_α).

Por último, adiciona-se à taxa obtida o rácio das despesas da Seguradora, de forma a achar-se o rácio combinado, sendo o valor em risco ($Risco_{MI}^{premios}$) para o ano m determinado através da fórmula,

$$Risco_{MI}^{premios} = (LR_\alpha + ER_m - 100) \times PA_{im} . \quad (4.25)$$

4.3.2. Risco de Reservas

A estimativa do custo total que uma empresa de seguros terá de suportar para regularizar todos os sinistros que possam ocorrer até ao final do exercício, assume uma

importância fulcral para o cálculo das necessidades de capital. A incerteza inerente é descrita pela distribuição das possíveis responsabilidades futuras, que permitirá determinar a melhor estimativa da reserva a constituir.

De modo a estimar o limite máximo dessa reserva, tendo em consideração um nível de confiança a 99,5%, será utilizado nesta secção a metodologia de *Bootstrap*, através da simulação dos resíduos obtidos da técnica de *Chain-Ladder*, conforme apresentada por Lowe (1994).

Tendo por base a matriz de montantes pagos acumulada, como referida na secção 2.2 referente ao cálculo da *best estimate*, calculam-se em primeiro lugar os factores de desenvolvimento de acordo com a seguinte fórmula,

$$f_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_{i,j-1}} \quad (4.26)$$

Seguidamente, determina-se a média dos vários factores ($\mu_{f,j}$) para cada ano de desenvolvimento, i.e,

$$\mu_{f,j} = \frac{1}{n-j+1} \sum_{i=1}^{n-j+1} f_{ij}, \text{ para } j = 2, \dots, n. \quad (4.27)$$

Aplicando esses factores médios à matriz de pagamentos acumulados, mantendo-se a última diagonal constante, obtém-se um novo triângulo de dados calculado de acordo com a expressão,

$$S_{ij}^* = \frac{S_{i,j+1}}{\mu_{f,j+1}}, \text{ para } j = 1, \dots, n-1 \quad (4.28)$$

Determinada a nova matriz de valores acumulados, esta será transformada num triângulo de montantes incrementais. Da diferença entre a matriz agora calculada e a original, resultam os designados resíduos.

Com base na metodologia de *Bootstrap*, será gerado um grande número de matrizes de resíduos, para em seguida gerar uma distribuição da reserva a constituir.

A técnica de *Bootstrap* utiliza a amostra inicial (matriz de resíduos) como aproximação à distribuição do universo e cria pseudo-amostras a partir dos dados iniciais (ver *Hesterberg at al. (2003)*).

O processo iterativo é o seguinte:

- 1) Criar 5 mil matrizes de resíduos (pseudo-amostras) de dimensão idêntica à da amostra original por tiragem aleatória com reposição da amostra inicial;
- 2) Para cada uma dessas amostras calcula-se uma matriz de pagamentos somando a pseudo-amostra à matriz original;
- 3) Transformar essas matrizes incrementais em valores acumulados, para determinar, para cada uma delas, a média dos factores de desenvolvimento de acordo com as fórmulas (4.26) e (4.27);
- 4) Para cada matriz calcular os vários $S_{i,\infty}$, obtidos a partir da fórmula seguinte,

$$S_{i,\infty} = S_{i,n+1-i} \times \mu_{f_{..n+2-i}} \times \mu_{f_{..n+3-i}} \times \dots \times \mu_{f_{..n+n-i}}, \text{ para } i = 2, \dots, n \quad (4.29)$$

- 5) Estimar a estatística de interesse Z para cada matriz,

$$Z = \sum_{i=1}^n RES_i . \quad (4.30)$$

obtendo-se assim a distribuição *bootstrap* da estatística.

- 6) As inferências sobre a dispersão e assimetria da estatística Z serão efectuadas com base na distribuição *bootstrap*, nomeadamente o erro-padrão,

$$SE_{boot,Z} = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{i=1}^B (z_i^* - \bar{z}^*)^2} \quad (4.31)$$

onde

z_i^* - valor observado para a estatística T na i-ésima amostra bootstrap, e

$$\bar{z}^* = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B z_i^* ;$$

- 7) Obter o montante da pseudo-reserva correspondente ao percentil 99,5 (RES_α).

Assim, o valor em risco, no que se refere ao desenvolvimento adverso de reservas, estimar-se-á através da expressão,

$$Risco_{MI}^{reservas} = RES_\alpha - E[Z] \quad (4.32)$$

4.3.3. Agregação dos Riscos

A determinação do risco de subscrição corresponde à agregação do risco de prémios e do risco de reservas, de acordo com a fórmula seguinte,

$$SCR_{MI}^{subscricao} = \sqrt{\sum_{l,c} \rho_{lc,MI}^{subscricao} \times \sigma_l^{subscricao} \times \sigma_c^{subscricao}}. \quad (4.33)$$

onde $\rho_{lc,MI}^{subscricao}$ refere-se à matriz de correlação entre os vários riscos, alternando a linha e a coluna.

Para o cálculo do coeficiente de correlação, e uma vez que a informação disponível tem um número de anos insuficiente, estimar-se-á uma média do coeficiente verificado nas seguradoras que exploram o ramo Automóvel no mercado português. Designadamente,

$$\rho_{media} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_{xy,i} \quad (4.34)$$

A correlação da seguradora i , $\rho_{xy,i}$, terá por base as fórmulas (4.12), (4.13) e (4.14), onde o σ_x e o σ_y representam aqui o desvio padrão das variações verificadas nos prémios adquiridos e nas provisões para sinistros, respectivamente.

4.4. Risco Operacional

O risco operacional será determinado de acordo com o estabelecido na secção 3.4, i.e., conforme indicações do CEIOPS para o estudo de impacto QIS3.

Para a agregação do requisito de capital básico, consideraram-se as mesmas correlações indicadas pelo CEIOPS (matriz ρ_{lc}^{basico} , definida na Tabela 3.7), por simplificação e pela falta de informação histórica consistente, e utilizou-se a fórmula (3.23).

4.5. Requisito de Capital e Margem de Risco

As fórmulas utilizadas para o cálculo do requisito de capital para o primeiro ano e restantes e da margem de risco foram as subjacentes ao *Swiss Solvency Test*, apresentadas no módulo 3.5.

5. Aplicação

5.1. Considerações Gerais

Com base na informação estatística e financeira, a 31 de Dezembro de 2006, de uma seguradora que explora quase exclusivamente o ramo Automóvel no mercado português, foram aplicadas as duas abordagens distintas, a definida pelo QIS3 e a desenvolvida na presente dissertação (capítulos 3 e 4, respectivamente), para determinação do requisito de capital e margem de risco.

Por questões de confidencialidade, os resultados apresentados foram disfarçados mediante a multiplicação dos dados reais por uma constante escolhida sem critério. Sempre que se pretenda fazer referência à seguradora em análise, escrever-se-á seguradora iniciando a palavra com letra maiúscula - Seguradora.

A aplicação, de ambos os modelos, foi efectuada tendo por base as folhas de cálculo do *Microsoft Excel*.

Ainda que o seguro Automóvel possua várias linhas de negócio distintas (linhas de negócio sugeridas pelo QIS3: responsabilidade civil e outras coberturas), a informação pouco fiável não permitiu que se efectuasse uma análise a esse nível. Assim, o estudo foi realizado aos dados agregados deste ramo, não obstante o modelo poder ser utilizado para cada linha de negócio (necessitando apenas de se ter em atenção o efeito de diversificação entre as várias linhas de negócio).

Foram extraídas do sistema de informação da *Bloomberg*, L. P. as fichas técnicas das obrigações detidas pela Seguradora, bem como as cotações históricas das acções da carteira accionista, das obrigações e de taxas de juro utilizadas na aplicação do modelo.

Por se tratar de um volume considerável de informação, optou-se por detalhar a informação utilizada ao longo do texto.

5.2. Best Estimate

Os dados recolhidos para o cálculo da melhor estimativa da provisão para sinistros, foi o seguinte triângulo de montantes pagos:

Tabela 5.1 – Matriz de dados (Sinistros Pagos, valores incrementais)

	1	2	3	4	5	6
2001	7.792.345	2.262.154	166.760	393.132	206.338	86.268
2002	9.545.760	4.324.696	768.550	613.266	240.614	
2003	11.879.234	5.522.645	646.284	571.696		
2004	13.804.560	4.993.800	1.230.524			
2005	15.336.473	7.390.653				
2006	18.170.211					

u.m.: €

A escolha de apenas cinco anos de *run-off*, prende-se essencialmente com o facto da informação de anos anteriores ser pouco fiável.

A partir dessa informação constitui-se o triângulo de montantes agregados, através do qual se pode obter os factores de desenvolvimento,

Tabela 5.2 – Matriz de Sinistros Pagos Acumulados e factores de desenvolvimento

	1	2	3	4	5	6
2001	7.792.345	10.054.499	10.221.259	10.614.391	10.820.729	10.906.997
2002	9.545.760	13.870.456	14.639.007	15.252.273	15.492.887	
2003	11.879.234	17.401.879	18.048.163	18.619.860		
2004	13.804.560	18.798.360	20.028.885			
2005	15.336.473	22.727.126				
2006	18.170.211					
f_j		1,420	1,047	1,037	1,017	1,008

u.m.: €

A estimativa da reserva para sinistros, através da metodologia de *Chain Ladder*, apresentou os seguintes resultados:

Tabela 5.3 – Matriz das Estimativas dos Custos com Sinistros (valores incrementais)

	1	2	3	4	5	6
2001	7.792.345	2.262.154	166.760	393.132	206.338	86.268
2002	9.545.760	4.324.696	768.550	613.266	240.614	123.517
2003	11.879.234	5.522.645	646.284	571.696	321.734	151.012
2004	13.804.560	4.993.800	1.230.524	736.626	358.809	168.414
2005	15.336.473	7.390.653	1.062.972	874.957	426.190	200.040
2006	18.170.211	7.626.330	1.206.532	993.124	483.749	227.056

u.m.: €

A tabela seguinte resume os valores alcançados e estima igualmente a reserva descontada, i.e., actualizada de acordo com a ETTJ.

Tabela 5.4– Best Estimate da Provisão para Sinistros

u.m.:€

Ano (t)	DBE		
	S/ Desconto (BE_t)	Descontada (DBE_t)	
		QIS3	Modelo Interno
2002	123.517	118.681	118.995
2003	472.746	448.428	450.086
2004	1.263.849	1.187.934	1.193.156
2005	2.564.158	2.376.133	2.388.985
2006	10.536.790	9.917.458	9.958.603
Provisão para Sinistros	14.961.060	14.048.634	14.109.826
Provisão para Prémios	24.065.462	24.065.462	24.065.462
Total	39.026.522	38.114.096	38.175.288

As taxas de juro utilizadas para cada um dos modelos foram as seguintes:

Tabela 5.5 – Taxa de Juro sem risco utilizada para o desconto da Best Estimate

Taxa de Juro		1y	2y	3y	4y	5y
		Modelo Interno	3,80%	3,81%	3,81%	3,84%
QIS3		4,08%	4,12%	4,12%	4,12%	4,12%

Fontes:

Modelo Interno - sistema de informação da Bloomberg

QIS3 - Bundesbank

5.3. QIS3

5.3.1. Risco de Mercado

A carteira da Seguradora possui 52 acções, oriundas de vários países europeus e para algumas não existe informação disponível, pelo que nestes casos são incluídas no índice “Outros”. Desta forma, as acções dividem-se da seguinte forma, de acordo com os índices indicados:

Tabela 5.6 – Decomposição da Carteira Accionista por Índices

u.m.: €

Índice	Montante	%
Global	6.589.298	95%
Outros	321.048	5%
Total	6.910.346	100%

Assim, aplicando as desvalorizações e as correlações definidas, obteve-se o seguinte resultado para o risco sistemático inerente à carteira accionista,

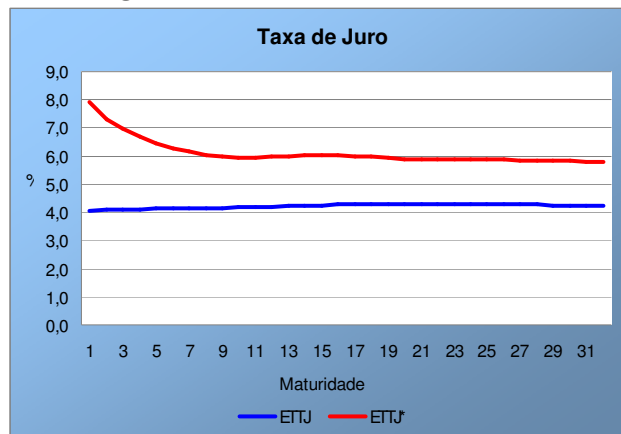
Tabela 5.7 – Risco Sistemático de Acções (QIS3)

		u.m.: €	
		Desvalorização	Risco Individual
Índice	Global	32%	2.108.575
	Outros	45%	144.472
Risco ^{acções}		2.113.519	
% Carteira Accionista		31%	

Relativamente ao risco de taxa de juro, está sobretudo implícito numa situação de aumento da taxa de juro, devido ao montante dos activos que dependem da variação da taxa de juro serem maiores que as responsabilidades sujeitas a essa variável.

A determinação deste risco teve por base a estrutura temporal de taxa de juro recomendada no âmbito do estudo QIS3, que se baseia nas taxas spot em vigor no final de 2006. A ETTJ aplicando os aumentos estabelecidos sofre uma deslocação como se pode verificar no gráfico seguinte,

Figura 5-1 – Aumentos da ETTJ (QIS3)



Conforme já referido, assumiu-se que as obrigações de cupão variável não estão expostas ao risco de taxa de juro. Desta forma, a carteira de obrigações sujeita a este risco é composta por 51 obrigações, cujas características se evidenciam no Anexo A. Essa informação foi essencialmente retirada do sistema de informação da *Bloomberg*, à excepção da duração que foi calculada para o efeito de acordo com a fórmula (3.7).

O cálculo do risco de taxa de juro consistiu sobretudo na diferença entre o valor actual de todos os *cash-flows* futuros de cada uma das obrigações tendo por base a ETTJ após

deslocação e o valor actual considerando a ETTJ à data de análise. A diferença da *Best Estimate* descontada após e antes do aumento da taxa de juro, será igualmente acrescida ao montante total do risco, cujo montante assume o seguinte valor:

Tabela 5.8 – Best Estimate Descontada antes e após aumento de taxa de juro (QIS3)

u.m.: €	
Provisão Sinistros	
Descontada (DBE_t)	Descontada* (DBE_t^*)
118.681	114.468
448.428	429.335
1.187.934	1.131.928
2.376.133	2.247.771
9.917.458	9.466.801
14.048.634	13.390.302
Diferença	-658.332

Nota:

* Estimativa descontada após aumento da taxa de juro

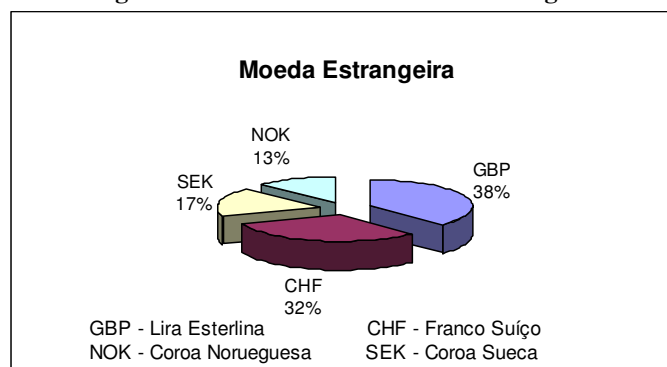
Assim, os resultados obtidos evidenciam-se na tabela seguinte,

Tabela 5.9 – Risco de Taxa de Juro (QIS3)

u.m.: €	
Cenário Aumento Taxa Juro	
Obrigações	3.012.414
Responsabilidades	-658.332
Risco^{tx juro}	2.354.082
% Carteira Obrigações	15%

No que concerne ao risco cambial, a Seguradora em análise não detém qualquer responsabilidade expressa em divisas estrangeiras, possuindo apenas 3,3% dos seus activos em moeda diferente do euro, distribuídos conforme se apresenta no gráfico.

Figura 5-2 – Carteira em Moeda Estrangeira



Uma vez que o QIS3 estabelece que, com um nível de confiança de 99,5%, a carteira expressa em moeda estrangeira sofre uma depreciação de 20%, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 5.10 – Risco Cambial (QIS3)

Moeda	Montante	Desv %	Risco^{cambial}
GBP	1.592.271		318.454
CHF	1.366.007	20%	273.201
SEK	740.465		148.093
NOK	543.726		108.745
Total	4.242.469		848.494

u.m.: €

O risco de crédito foi determinado tendo em consideração todas as obrigações da carteira da Seguradora, à excepção das emitidas pelos governos. As obrigações da carteira em análise são provenientes de 72 empresas privadas de origem predominantemente espanhola e do Reino Unido, que exercem a sua actividade essencialmente na actividade financeira.

O Anexo B contém a informação necessária de cada uma das obrigações para o cálculo do risco de crédito. Alguns dos dados contidos nesse quadro foram recolhidos do sistema de informação da *Bloomberg*, nomeadamente a actividade, o país de origem e o *rating*. A restante informação foi calculada com base nas fórmulas apresentadas na secção 3.1.4, onde se especificou os pressupostos de cálculo deste risco.

A Seguradora, no que se refere ao risco de concentração, mediante a aplicação da expressão (3.8), não apresenta excessos aos limites estabelecidos, concluindo-se deste modo que a sua carteira está diversificada em termos de exposição a um mesmo emitente. Esta situação é compreensível no sentido de que actualmente existe regulamentação que estabelece um limite de 5% para investimentos em títulos de uma mesma sociedade (ver Norma Regulamentar n.º 13/2003-R, de 17 de Julho, emitida pelo Instituto de Seguros de Portugal). A identificação da empresa utilizada para a determinação do peso dessa entidade no total da carteira, foi mais uma vez obtida através do sistema de informação da *Bloomberg*.

O risco total de mercado obteve-se aplicando a fórmula (3.10) a partir de cada um dos riscos individuais acima calculados e das correlações definidas pelo QIS3. Os resultados obtidos são os seguintes:

Tabela 5.11 – Risco de Mercado (QIS3)

u.m.: €		
Risco	Montante em Risco	% ⁽¹⁾
Acções	2.113.519	2,8%
Taxa de Juro	2.354.082	3,2%
Crédito	544.989	0,7%
Cambial	848.494	1,1%
Concentração	0	0,0%
SCR^{mercado}	3.563.370	4,8%

Nota:

⁽¹⁾ Peso do montante em risco relativamente ao total da carteira exposta a esse risco

5.3.2. Risco de Contraparte

A exposição a este risco surge na sequência da realização de contratos de resseguro ou de derivados. No caso específico da Seguradora em análise, os contratos de derivados que existem são meramente para especulação, pelo que apenas será aqui considerado o risco de contraparte do único contrato de resseguro celebrado. A informação acerca do contrato de resseguro e os resultados alcançados apresentam-se no quadro abaixo.

Tabela 5.12 – Risco de Contraparte

u.m.: €	
Rating Ressegurador ⁽¹⁾	A
PD ⁱ	0,05%
PT ^{rc}	5.719.915
PR ^{rc}	360.000
CR	6.079.915
SCR^{contraparte}	303.996

Nota:

⁽¹⁾ Informação retirada da *Standard & Poors*

5.3.3. Risco de Subscrição

Para o risco de subscrição, tendo em consideração os pressupostos do QIS3, determinou-se, em primeiro lugar, a medida de risco.

Tabela 5.13 – Medida do Risco de Subscrição (QIS3)

	u.m.: €
2006	
PE_t	55.819.218
PA_t	51.189.851
PS_t	28.972.444
$VM^{premios}$	58.610.179
$VM^{reservas}$	28.972.444
VM	87.582.623

Foi estabelecido que o desvio padrão do risco de reservas, $\sigma^{reservas}$, para a linha de negócio Automóvel - responsabilidade civil corresponde a 12,5%. Para a linha Automóvel - outras coberturas o desvio padrão é de 7,5%. Em virtude de não ter sido efectuada a desagregação do ramo nesta análise, considerou-se o desvio padrão da linha de negócio com maior preponderância na carteira comercial da Seguradora.

Para o desvio padrão relativo ao risco de prémios, obtiveram-se os seguintes resultados:

**Tabela 5.14 – Desvio Padrão do Risco de Prémios
(Modelo Interno)**

u.m.: €			
Ano (t)	PA_t	CS_t	LR_t
1999	728.753	828.653	113,71%
2000	1.445.713	3.100.298	214,45%
2001	12.411.913	12.614.983	101,64%
2002	18.601.831	16.800.701	90,32%
2003	25.811.344	20.215.872	78,32%
2004	32.748.111	23.072.953	70,46%
2005	42.477.760	28.366.536	66,78%
2006	51.549.852	33.746.577	65,46%
	μ^{LR}	74,69%	
	c	0,667	
	$\sigma_{S,premios}$	0,498	
	$\sigma_{M,premios}$	0,100	
	$\sigma^{premios}$	0,410	

Obtidos os desvios padrão de cada um dos riscos que compõem o risco de subscrição, determinou-se a carga de capital para fazer face à incerteza resultante da própria actividade seguradora. A Tabela 5.15 apresenta os resultados alcançados:

Tabela 5.15 – Risco de Subscrição (QIS3)

	u.m.: €
$\sigma_{\text{subscrição}}$	0,107
$f(\sigma_{\text{subscrição}})$	0,313
SCR_{subscrição}	27.395.091

Cumpra já referir que, quanto maiores as provisões para sinistros constituídas, maior será a carga necessária para o risco de subscrição. Nesse sentido, uma Seguradora que tenha sido mais prudente no provisionamento, será prejudicada em termos de requisito de capital. No sistema actual essa situação parece não ser coerente, mas o objectivo do projecto Solvência II é adicionar ao requisito de capital o montante necessário para fazer face aos riscos que possam surgir e não atribuir qualquer tipo de prudência.

5.3.4. Risco Operacional

Para o cálculo deste risco, começou-se por determinar o requisito de capital básico, que agrega os riscos de mercado, de contraparte e de subscrição, tendo em consideração a correlação estabelecida na Tabela 3.7.

Tabela 5.16 – Requisito de Capital Básico (QIS3)

	u.m.: €
SCR ^{mercado}	3.563.370
SCR ^{contraparte}	303.996
SCR ^{subscrição}	27.395.091
SCR^{básico}	28.144.636

O resultado do risco operacional obtido apresenta-se na tabela seguinte:

Tabela 5.17 – Risco Operacional (QIS3)

	u.m.: €
	2006
PTB _t	55.660.560
PBA _t	51.549.852
SCR ^{basico}	28.144.636
SCR^{operacional}	1.113.211

Constata-se mais uma vez que qualquer prudência incluída no provisionamento poderá implicar um acréscimo no requisito de capital.

5.3.5. Requisito de Capital e Margem de Risco

Em termos práticos, foram considerados cinco anos de *run-off*, não obstante o modelo poder ser aplicado por um período maior. A escolha de apenas cinco anos prende-se, mais uma vez, com a falta de informação disponível e fiável.

Os resultados obtidos relativamente ao requisito de capital para o primeiro ano e seguintes e à margem de risco (MR) resumem-se na tabela abaixo indicada:

Tabela 5.18 – Margem de Risco (QIS3)

	u.m.: €				
Ano	2006	2007	2008	2009	2010
BE _t	34.602.252	2.564.158	1.263.849	472.746	123.517
SCR _t	29.257.847	2.168.117	1.068.644	399.729	104.439
DSCR _t	29.257.847	2.083.226	985.702	354.102	88.856
CK _t	1.755.471	124.994	59.142	21.246	5.331
MR	1.966.184				

5.4. Modelo Interno

5.4.1. Risco de Mercado

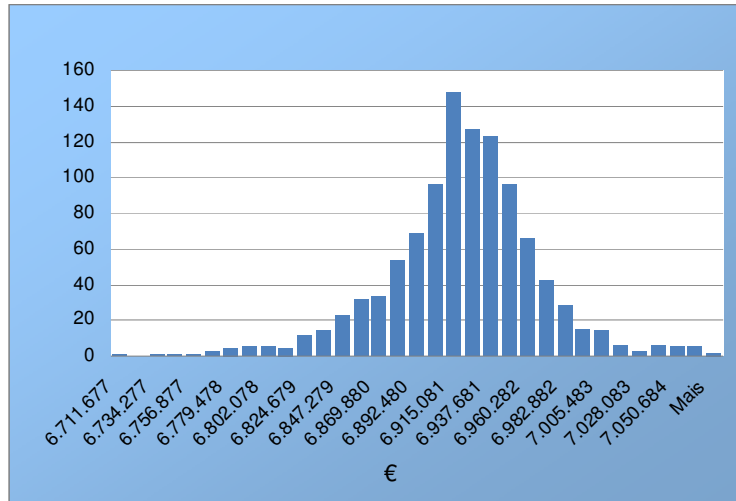
No modelo interno, o risco de mercado foi calibrado tendo em consideração a efectiva composição da carteira da Seguradora em análise.

No que concerne, em particular, à carteira de acções, obteve-se o histórico das cotações diárias desses títulos para o período compreendido entre Novembro de 2002 e Dezembro de 2006, extraído do sistema de informação da *Bloomberg*.

Conforme supra mencionado, a carteira de acções da Seguradora contém um total de 51 títulos. Por falta de informação histórica, apenas foram consideradas no estudo 41 acções, não obstante o valor em risco corresponder ao total da carteira.

A partir das variações diárias do total da carteira, determinou-se uma distribuição empírica com base nos valores históricos da mesma, conforme se apresenta na Figura 5-3:

Figura 5-3 – Distribuição da Carteira de Acções (Modelo Interno)



A partir da distribuição simulada, determinou-se o percentil 0,5. Os resultados do risco de acções, $Risco_{MI}^{acções}$, são os que se seguem,

Tabela 5.19 – Risco de Preço das Acções (Modelo Interno)

	u.m.: €
$P_n^{acções}$	6.910.346
$R_\alpha^{acções}$	-33,4%
Risco^{acções}	2.308.447

Para o risco de taxa de juro, extraiu-se da *Bloomberg* informação histórica da ETTJ de *strips* de obrigações europeias (designadamente, Espanha, Áustria, Alemanha, Holanda e França), com *rating* AAA, para as maturidades 1y-2y-3y-4y-5y-7y-8y-9y-10y-15y-20y-25y-30y, em base diária para o período compreendido entre Maio de 2002 e Dezembro de 2006. A escolha dessa ETTJ prendeu-se com a composição da carteira obrigacionista da Seguradora, que contém 78,2% de obrigações oriundas desses países europeus abrangidos por essas *strips* de obrigações.

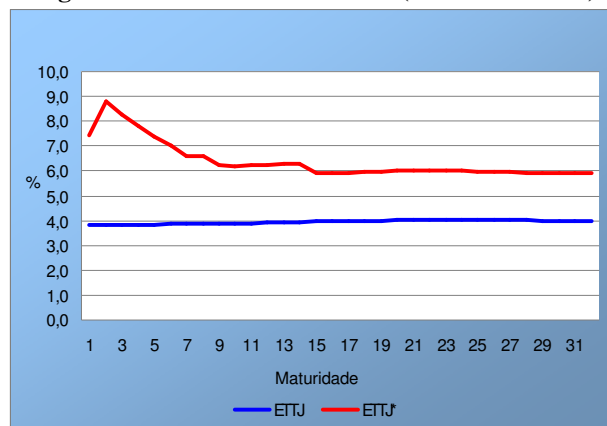
No modelo interno, assumiu-se igualmente que as obrigações de cupão variável não estão expostas a este risco. Desta forma, o Anexo A serviu também de base à determinação do risco de taxa de juro deste modelo.

Em virtude do valor dos activos sujeitos ao risco de taxa de juro ser maior que o montante das responsabilidades exposto à variabilidade da taxa de juro, a Seguradora apenas incorre em prejuízo numa situação de subida da ETTJ.

Para determinar os aumentos a aplicar às várias maturidades da ETTJ, primeiro testou-se, tendo por base o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (ver Hogg & Tanis (1997)), a hipótese da rendibilidade das taxas de juro seguirem uma distribuição Normal, e por sua vez a própria taxa de juro possuir uma evolução semelhante a uma distribuição lognormal. No entanto, essa hipótese foi excluída, uma vez que os resultados obtidos para as primeiras maturidades indicaram a rejeição desse pressuposto (ver Anexo C).

Assim sendo, a partir do histórico das taxas de rendibilidade diária das taxas de juro, para cada maturidade, obteve-se o percentil 99,5, que se converteu numa variabilidade anual. Aplicando esses aumentos à ETTJ, obteve-se o seguinte deslocamento da curva:

Figura 5-4 – Aumento da ETTJ (Modelo Interno)



Da mesma forma como para o QIS3, determinou-se, através das expressões (3.3) e (3.4), o valor actual de cada uma das obrigações de cupão fixo contidas na carteira, de acordo com as ETTJ agora definidas.

No caso das responsabilidades, o aumento da taxa de juro implicará uma diminuição das mesmas, portanto, esse decréscimo será considerado na contabilização final deste risco.

Tabela 5.20 – Best Estimate Descontada antes e após aumento de taxa de juro (Modelo Interno)

u.m.: €	
Provisão Sinistros	
Descontada (DBE_t)	Descontada* (DBE_t^{*})
118.995	116.155
450.086	434.429
1.193.156	1.144.434
2.388.985	2.268.905
9.958.603	9.583.186
14.109.826	13.547.109
Diferença	-562.716

Nota:

* Estimativa descontada após aumento da taxa de juro

Calculou-se ainda a duração da carteira, que corresponde à média ponderada das durações obtidas para cada uma das obrigações.

O risco de taxa de juro apresentou os resultados evidenciados na tabela seguinte:

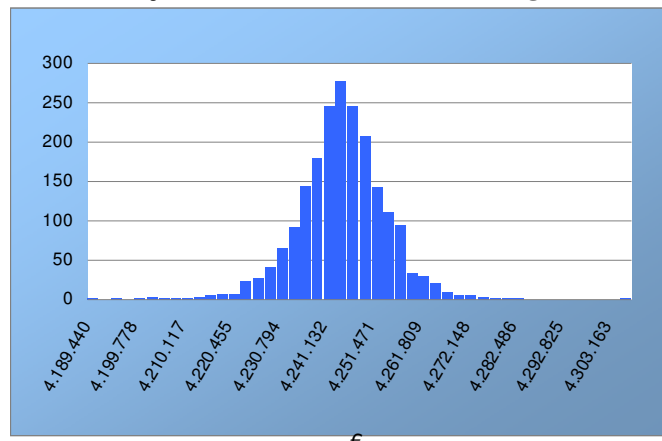
Tabela 5.21 – Risco de Taxa de Juro (Modelo Interno)

u.m.: €	
Cenário Aumento Taxa Juro	
Obrigações	3.682.230
Responsabilidades	-562.716
Risco^{tx juro}	3.119.514
% Carteira Obrigações	20%
D ^P	6,51 anos

Da apreciação da tabela acima, constata-se que a duração da carteira foi aproximadamente 6,5 anos. Tendo em consideração que se está a analisar uma carteira que representa os compromissos assumidos do seguro Automóvel, parece tratar-se de uma duração razoável, pois o *run-off* das responsabilidades pode prolongar-se por 9/10 anos.

Relativamente ao risco cambial, foi calculado de forma análoga ao risco de preço das acções, em que a distribuição empírica simulada da carteira em divisa estrangeira é a que se segue:

Figura 5-5 – Distribuição da Carteira em Divisa Estrangeira (Modelo Interno)



O histórico diário das taxas de câmbio foi obtido por recurso ao Banco de Portugal, e incorpora as taxas praticadas no período compreendido entre 1999 e 2006, para as moedas estrangeiras incluídas na carteira em análise.

Os resultados relativos ao risco cambial detalham-se seguidamente:

Tabela 5.22 – Risco Cambial (Modelo Interno)

	u.m.: €
P_n^e	4.242.469
R_α^e	-11,6%
Risco^{cambial}	491.162

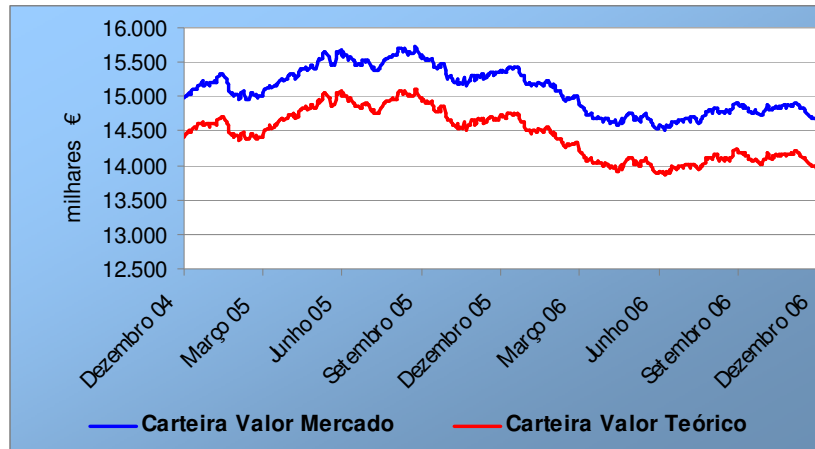
No que concerne ao risco de crédito, foi determinado de forma semelhante ao estabelecido pelo QIS3, portanto, os resultados constantes do Anexo B aplicam-se ao modelo interno também.

A agregação dos diversos riscos acima calculados foi efectuada após a obtenção dos respectivos coeficientes de correlação.

Assim, em primeiro lugar, por recurso ao sistema de informação da *Bloomberg*, obteve-se o histórico diário do valor de mercado de cada obrigação de cupão fixo da carteira (pois, de acordo com os pressupostos do modelo, apenas estas estão sujeitas ao risco de taxa de juro), através do qual calculou-se o valor total da carteira para cada momento do tempo. Em segundo lugar, através da informação diária passada da ETTJ, anteriormente recolhida para efeitos de determinação do risco de taxa de juro, obteve-se o valor da carteira diário tendo por base o preço teórico da obrigação calculado segundo a expressão (3.3).

Os resultados alcançados para cada uma das carteiras são os evidenciados no gráfico abaixo indicado,

Figura 5-6 – Carteira Obrigacionista Valor Mercado vs Valor Teórico



A diferença observada entre a carteira calculada de acordo com o valor de mercado das obrigações e a determinada a partir do valor teórico corresponde aproximadamente ao prémio de risco adicional das obrigações de cupão fixo, i.e., o designado *credit spread*. Desta forma, foi possível obter a carteira dos prémios de risco das obrigações.

De seguida, calcularam-se as taxas de rendibilidade de cada uma das carteiras e aplicaram-se as fórmulas (4.12), (4.13) e (4.14), tendo resultado a matriz subsequente:

Tabela 5.23 – Correlação Risco de Mercado (Modelo Interno)

$\rho_{lc,MI}^{mercado}$	Taxa Juro	Acções	Credit Spread	Cambial
Taxa Juro	1			
Acções	-0,0332	1		
Credit Spread	-0,1548	0,0792	1	
Cambial	0,0450	-0,0644	-0,0079	1

A agregação dos riscos resultou nos seguintes valores,

Tabela 5.24 – Risco de Mercado (Modelo Interno)

u.m.: €

Risco	Montante em Risco	% ⁽¹⁾
Acções	2.308.447	3,1%
Taxa de Juro	3.119.514	4,2%
Crédito	544.989	0,7%
Cambial	491.162	0,7%
SCR^{mercado}	3.897.404	5,2%

Nota:

⁽¹⁾ Peso do montante em risco relativamente ao total da carteira exposta a esse risco

5.4.2. Risco de Contraparte

Os resultados relativos ao risco de contraparte, para efeitos do modelo interno, são os mesmos que para o QIS3, e encontram-se apresentados na Tabela 5.12.

5.4.3. Risco de Subscrição

No modelo interno, optou-se por analisar em separado o risco de prémios e o risco de subscrição.

Para o risco de prémios, foram consideradas na análise 20 empresas de seguro do mercado português que exploram o ramo Automóvel, portanto, $n=20$. Os dados, nomeadamente custos com sinistros e prémios adquiridos, são relativos a 8 anos de actividade (1999 até 2006).

Assim, foram obtidas as seguintes estimativas iniciais para os parâmetros θ_1 e θ_2 :

Tabela 5.25 – Estimativas iniciais dos parâmetros θ_1 e θ_2

$\theta_1^{(0)}$	0,0539
$\theta_2^{(0)}$	0,0125

Com base nesses parâmetros iniciais determinaram-se os λ 's da primeira iteração, conforme se apresentam:

Tabela 5.26 – Estimativa dos λ 's da primeira iteração

i	$\lambda_i^{(1)}$
1	-0,2743
2	-0,3033
3	-0,3086
4	-0,2410
5	-0,2749
6	-0,3262
7	-0,2866
8	-0,2045
9	-0,2627
10	-0,4287
11	-0,2787
12	-0,2894
13	-0,1975
14	-0,2531
15	-0,1568
16	-0,1869
17	-0,3272
18	-0,4253
19	0,0269
20	-0,2100

Esses parâmetros são utilizados no passo seguinte para se obter os segundos θ_1 , θ_2 e λ 's, e assim sucessivamente. Este processo foi repetido quatro vezes até deixar de compensar continuar o processo, ou seja, os parâmetros passaram a assumir valores muito próximos dos anteriores. Os parâmetros finais apresentaram os seguintes resultados:

Tabela 5.27 – Estimativas Finais dos parâmetros θ_1 e θ_2

	u.m.: €
$\theta_1^{(4)}$	1.019.543
$\theta_2^{(4)}$	0,0000

Enquanto os λ 's finais assumem os valores que se seguem, onde o valor realçado corresponde ao da Seguradora em análise,

Tabela 5.28 – Estimativa final dos λ 's

i	$\lambda_i^{(4)}$
1	4,3228
2	4,3004
3	4,2871
4	4,3431
5	4,3288
6	4,2690
7	4,3022
8	4,3896
9	4,3135
10	4,1617
11	4,2944
12	4,3009
13	4,3614
14	4,2969
15	4,4267
16	4,3814
17	4,2708
18	4,1574
19	4,5736
20	4,3798

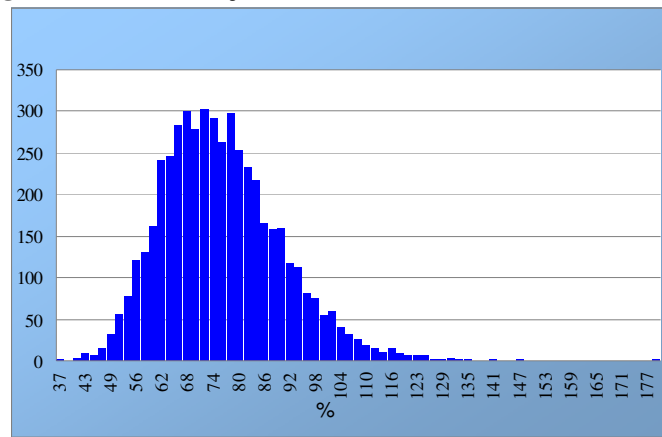
Sabendo que Y_{it} segue uma distribuição Normal, a média e variância da Seguradora foram estimadas em,

Tabela 5.29 – Estimativa da Média e Variância da distribuição Y_t

\hat{Y}_t	
$E(\hat{Y}_t)$	4,297
$Var(\hat{Y}_t t = 2006)$	0,189

Tendo por base estes parâmetros e a distribuição, simularam-se cinco mil valores possíveis para o $\ln(X_{it})$. A obtenção da amostra para os rácios de sinistralidade, consistiu apenas em converter os valores simulados, uma vez que matematicamente $Y_{it} = \ln(X_{it}) \Leftrightarrow X_{it} = \exp(Y_{it})$. Apresenta-se no gráfico seguinte a distribuição obtida para o rácio de sinistralidade.

Figura 5-7 – Distribuição das Taxas de Sinistralidade Simuladas



Com base nesta distribuição obteve-se o quantil de ordem 0,995, de modo a devolver a pior hipótese de ocorrência da taxa de sinistralidade, excluindo apenas 0,5% dos piores cenários.

Os resultados para o risco de prémios são os seguintes:

Tabela 5.30 – Risco de Prémios (Modelo Interno)

	u.m.:€
2006	
PA_t	51.549.852
$LR_{0,005}$	120,03 %
ER_t	25,46 %
Risco^{prémios}	23.448.828
% PA	45,49 %

Relativamente ao risco de reservas, utilizou-se o mesmo triângulo de valores acumulados que para o cálculo da *best estimate*, i.e., o triângulo dos montantes de sinistros pagos.

Calcularam-se os factores de desenvolvimento médios, cujos resultados são:

Tabela 5.31 – Factores de Desenvolvimento

	2	3	4	5	6
2001	1,2903	1,0166	1,0385	1,0194	1,0080
2002	1,4530	1,0554	1,0419	1,0158	
2003	1,4649	1,0371	1,0317		
2004	1,3618	1,0655			
2005	1,4819				
2006					
$\mu_{t,j}$	1,4104	1,0436	1,0373	1,0176	1,0080

A partir desses factores, obteve-se um novo triângulo de dados acumulados conforme se apresenta,

Tabela 5.32 – Matriz dos Sinistros Pagos – valores acumulados (Novo Triângulo)

	1	2	3	4	5	6
2001	6.964.070	9.821.989	10.250.701	10.633.499	10.820.729	10.906.997
2002	9.971.005	14.062.912	14.676.732	15.224.815	15.492.887	
2003	12.194.481	17.198.859	17.949.558	18.619.860		
2004	13.607.123	19.191.223	20.028.885			
2005	16.114.179	22.727.126				
2006	18.170.211					

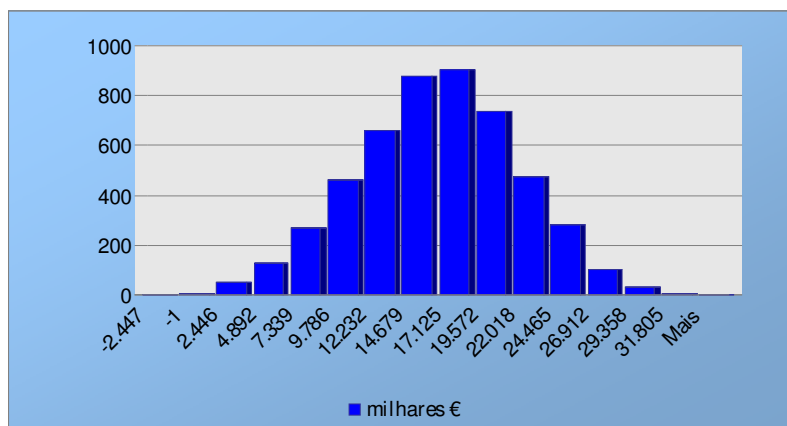
Entretanto, calculou-se a matriz dos resíduos, que tomou os seguintes valores,

Tabela 5.33 – Matriz dos Resíduos

	1	2	3	4	5	6
2001	-828.275	595.765	261.952	-10.334	-19.108	0
2002	425.245	-232.789	-154.730	-65.183	27.458	
2003	315.246	-518.266	104.414	98.606		
2004	-197.437	590.300	-392.863			
2005	777.707	-777.707				
2006	0					

Foram geradas cinco mil matrizes de resíduos, através da técnica de *Bootstrap*, com tiragem aleatória com reposição de cada um dos resíduos, designando-se cada matriz por pseudo-amostra. Cada uma dessas pseudo-amostras será acrescida à matriz original. Assim, estimaram-se cinco mil valores da reserva, tendo em consideração essas matrizes obtidas, que deram origem à seguinte distribuição,

Figura 5-8 – Distribuição das Reservas Simuladas



A partir da distribuição, obteve-se o percentil 99,5 e o erro padrão *Bootstrap*, resultando o seguinte valor em risco:

Tabela 5.34 – Risco de Reservas

	u.m.: €
E[Z]	14.615.425
$RES_{0,005}$	27.483.984
$SE_{Boot,Z}$	5.339.722
	19,4%
Risco^{reservas}	12.868.559

Para a agregação do risco de prémios e do risco de reservas calculou-se o coeficiente de correlação. Uma vez que a informação disponível é insuficiente e depende do nível de prudência de cada seguradora, calculou-se o coeficiente de correlação entre as variações dos prémios adquiridos e das provisões para sinistros para todas as companhias do mercado português que exploram o seguro automóvel. Desta forma, obteve-se a matriz de correlação abaixo indicada:

Tabela 5.35 – Correlação Risco de Subscrição (Modelo Interno)

$\rho_{lc,MI}^{subscricao}$	Prémios	Reservas
Prémios	1	
Reservas	0,3789	1

Posto isto, os resultados alcançados para o risco de subscrição apresentam-se na tabela seguinte:

Tabela 5.36 – Risco de Subscrição (Modelo Interno)

	u.m.: €
Risco ^{premios}	23.448.828
Risco ^{reservas}	12.868.559
SCR^{subscricao}	28.805.711

5.4.4. Risco Operacional

O requisito de capital básico obteve os seguintes resultados:

Tabela 5.37 – Requisito de Capital Básico (Modelo Interno)

	u.m.: €
SCR ^{mercado}	3.897.404
SCR ^{contraparte}	303.996
SCR ^{subscricao}	28.805.711
SCR^{basico}	29.627.565

Para o risco operacional, alcançaram-se os valores apresentados na Tabela 5.38,

Tabela 5.38 – Risco Operacional (Modelo Interno)

	u.m.: €
	2006
DBE _t	39.026.522
PBA _t	51.549.852
SCR ^{basico}	28.805.711
SCR^{operacional}	1.030.997

5.4.5. Requisito de Capital e Margem de Risco

Foi obtido o resultado abaixo indicado referente ao requisito de capital necessário para o próximo ano de actividade da Seguradora em análise:

Tabela 5.39 – Requisito de Capital para o primeiro ano (Modelo Interno)

	u.m.: €
	2006
SCR ^{basico}	28.805.711
SCR ^{operacional}	1.030.997
SCR₁	29.836.708

Tal como para a determinação da *best estimate*, foram considerados cinco anos de *run-off*. A tabela seguinte evidencia os resultados atingidos, quer para o requisito de capital relativo aos restantes exercícios, quer a margem de risco:

Tabela 5.40 – Margem de Risco (Modelo Interno)

	u.m.: €				
Ano	2006	2007	2008	2009	2010
BE _t	34.602.252	2.564.158	1.263.849	472.746	123.517
SCR _t	29.836.708	2.211.013	1.089.787	407.638	106.506
DSCR _t	29.836.708	2.130.071	1.011.261	364.382	91.604
CK _t	1.790.202	127.804	60.676	21.863	5.496
MR	2.006.042				

5.5. Comparação

Determinados os vários riscos para cada uma das abordagens apresentadas, procedeu-se à comparação entre ambas.

Em termos de estruturação, os modelos são muito semelhantes, sendo por isso possível efectuar-se uma comparação risco a risco.

A Tabela 5.41 equipara os resultados relativos ao requisito de capital necessário a deter no final de 2006, para fazer face aos riscos que possam surgir no ano de 2007, calculado por cada um dos modelos.

Tabela 5.41 – Comparação Riscos QIS3 vs Modelo Interno

u.m.: €

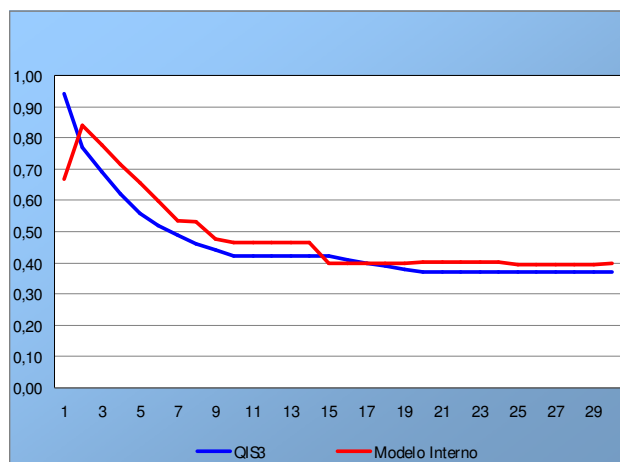
	QIS3	Modelo Interno	Diferença (%)
SCR ^{mercado}	3.563.370	3.897.404	9,4%
SCR ^{contraparte}	303.996	303.996	0,0%
SCR ^{subscrição}	27.395.091	28.805.711	5,1%
SCR^{básico}	28.144.636	29.627.565	5,3%
SCR ^{operacional}	1.113.211	1.030.997	-7,4%
SCR₁	29.257.847	30.658.562	4,8%

Da apreciação da tabela acima indicada, conclui-se, em primeiro lugar, que o requisito de capital obtido pelo modelo interno é ligeiramente superior ao determinado pela abordagem do QIS3, sobretudo devido à diferença do requisito de capital básico.

Constata-se ainda que a maior exigência de capital, em qualquer um dos modelos, está associada ao risco de subscrição.

Ao nível particular do risco de mercado, as discrepâncias prendem-se essencialmente ao nível do risco de taxa de juro, pois os impactos a aplicar à curva de taxa de juro obtidos para o modelo interno, resultaram em aumentos superiores para a maioria das maturidades, que os estabelecidos pelo QIS3. O gráfico seguinte evidencia essa diferença.

Figura 5-9 – Comparação Aumentos da ETTJ QIS3 vs Modelo Interno



Relativamente ao risco cambial, a situação foi oposta, i.e., o risco calculado pelo modelo interno resultou num valor inferior ao da fórmula *standard*. Essa diferença não teve muito impacto nesta Seguradora porque apenas 3,3% da carteira está exposta ao risco cambial. As diferenças prenderam-se essencialmente na longitude do período de análise dos “choques” cambiais (mais longo o período considerado no QIS3) e na aplicação de uma desvalorização geral à carteira representada em moeda estrangeira. No que concerne ao horizonte temporal de informação histórica considerado, designadamente para o QIS3 foram utilizadas as taxas cambiais mensais para o período compreendido entre 1958 e 2006, cumpre referir que as variações cambiais de 1958 não se coadunam com as variações actuais. Ao nível da generalização da depreciação das divisas estrangeiras, julga-se dever existir algum detalhe ao nível das desvalorizações a aplicar a cada uma, em virtude das moedas estarem sujeitas a variações diferentes.

A determinação do risco de subscrição em ambos os modelos, além de ter por base os valores específicos da Seguradora, teve ainda em consideração a informação do mercado. Todavia, o modelo interno apenas considerou o mercado português, enquanto a fórmula do QIS3 tem sustentação no mercado a nível europeu.

Parece ser pertinente considerar informação do mercado, em virtude dos dados passados das seguradoras poderem não representar o que se irá repercutir no futuro. Porém, dever-se-á ter alguma atenção na informação do mercado a utilizar, uma vez que os países europeus têm comportamentos e ideologias bastante díspares que influenciam decisivamente a ocorrência de sinistros. Por exemplo, ao nível do ramo Automóvel, é de conhecimento geral que os condutores portugueses têm uma sinistralidade maior que grande parte dos condutores europeus, motivo pelo qual o risco de sinistralidade português deverá ter esse factor em consideração. Assim, parece mais correcto determinar o desvio padrão dos prémios apenas ao nível do mercado português.

O risco operacional, apesar de ter sido calculado de forma idêntica, o valor das provisões técnicas diverge, pois no modelo interno foi apenas considerado o valor da *best estimate*, enquanto na fórmula *standard* incluíram-se as provisões contabilizadas no final do exercício de 2006. Ao incluir-se as provisões contabilizadas, está a considerar-se a prudência contida nas mesmas, indo contra a ideia base do projecto Solvência II, contudo, no futuro está previsto as provisões contabilizadas equivalerem apenas à *best*

estimate. A determinação do risco operacional requer muito mais atenção, pois ainda está em progressão e carece de maior especificidade ao nível dos sistemas de operações e de gestão dos riscos, pelo que se torna um risco mais subjectivo. Para efeitos desta dissertação utilizou-se a fórmula sugerida pelo QIS3, uma vez que não foi possível ter acesso à informação acerca dos recursos humanos e sistemas.

Em suma, a fórmula *standard* definida pelo QIS3 está calibrada para se adequar a qualquer seguradora a nível europeu, enquanto o requisito de capital calculado ao nível do modelo interno foi aplicado tendo em consideração a carteira, de activos e responsabilidades, específica desta Seguradora. Desta forma, para umas seguradoras o modelo *standard* pode ser favorável e para outras penalizador. No entanto, tal como supra referido, a fórmula *standard* ainda está a ser estudada, sendo que o QIS3 ainda não é a versão final do que será o modelo de cálculo da solvência a nível europeu.

Sabendo que o valor da Seguradora a 31 de Dezembro de 2006 correspondia a 50.155 milhares de euros, conclui-se que a mesma se manteria solvente caso se adoptasse qualquer um destes modelos baseados no risco, não obstante diminuir bastante a taxa de cobertura da margem de solvência, passando de 501% para cerca de 160-170%.

Para determinação das provisões técnicas ao valor de mercado, procedeu-se ainda ao cálculo da margem de risco (MR), cujos resultados apresentamos abaixo:

Tabela 5.42 – Comparação da Margem de Risco QIS3 vs Modelo Interno

		u.m.: €				
Ano		2006	2007	2008	2009	2010
BE_t		34.602.252	2.564.158	1.263.849	472.746	123.517
SCR_t	QIS3	29.257.847	2.168.117	1.068.644	399.729	104.439
	Modelo Interno	29.836.708	2.211.013	1.089.787	407.638	106.506
$DSCR_t$	QIS3	29.257.847	2.083.226	985.702	354.102	88.856
	Modelo Interno	29.836.708	2.130.071	1.011.261	364.382	91.604
CK_t	QIS3	1.755.471	124.994	59.142	21.246	5.331
	Modelo Interno	1.790.202	127.804	60.676	21.863	5.496
MR	QIS3	1.966.184				
	Modelo Interno	2.006.042				

Para ambos os modelos a margem de risco resulta em cerca de 2 milhões de euros. Acrescendo esse valor à *best estimate*, obteve-se o valor das responsabilidades ao justo valor.

Tabela 5.43 – Responsabilidades ao Valor de Mercado

	<i>DBE</i>	<i>MR</i>	<i>RSP_{ju}</i>
QIS3	38.114.096	1.966.184	40.080.280
Modelo Interno	38.175.288	2.006.042	40.120.137

Por último, caso a Seguradora entre em situação de insolvência financeira ou pretenda transferir os seus compromissos para outra seguradora, o valor das suas responsabilidades para com os tomadores de seguros poderá ser adquirido por aproximadamente 40 milhões de euros.

Conclusão

O modelo desenvolvido no presente trabalho teve como principal objectivo apresentar uma forma de cálculo para o requisito de capital e, por sua vez, para a margem de risco de uma Seguradora, fazendo a comparação com a fórmula *standard* definida pelo QIS3. Uma das inovações mais importantes do Solvência II é a possibilidade de cada seguradora poder criar o seu modelo de cálculo do capital necessário baseado no risco, de acordo com a sua actividade específica. Espera-se que os modelos internos, ao contrário dos modelos *standard*, resultem num maior controlo e gestão da situação financeira por parte das seguradoras.

Registe-se que a fórmula *standard* a aplicar a nível internacional ainda não está finalizada, mas encontra-se em desenvolvimento e estudo, designadamente os estudos de impacto QIS têm tido uma importância fulcral na sua evolução.

A elaboração do modelo interno requer a identificação dos principais riscos que afectam a actividade das empresas de seguros, neste caso as que explorem o ramo Automóvel, bem como, a consideração da sua interdependência, processo que por si só necessita de um conhecimento mais profundo de toda a actividade e organização da seguradora.

De um modo geral, o resultado final obtido para cada um dos modelos não apresentou discrepâncias significativas. Constatou-se que o capital próprio da Seguradora seria suficiente em 99,5% dos casos, para fazer face ao requisito de solvência determinado quer pela fórmula *standard*, quer pelo modelo interno, a 31 de Dezembro de 2006. Ressalve-se, contudo, que se trata de uma análise estática que pressupõe a manutenção da actual estrutura de activos e responsabilidades, não considerando, nomeadamente, a subscrição de novos contratos de seguro e rotação dos activos em carteira, pelo que, é recomendado que este estudo se efectue regularmente.

Não obstante a Seguradora não incorrer numa situação de insolvência financeira quando aplicado um modelo baseado no risco, o nível de cobertura do requisito de capital sofrerá uma nítida descida, comprovando claramente que o sistema de solvência actual não capta de forma adequada as exigências de capital face ao negócio da própria seguradora.

As conclusões relativas à comparação dos dois modelos apresentam-se ao longo da secção 5.5, evidenciando-se, no entanto, que o modelo interno foi desenvolvido

especificamente para medir os riscos subjacentes à própria carteira da Seguradora em análise, enquanto que a fórmula *standard* foi calibrada para se aplicar ao mercado europeu, cujas características de actividade diferem.

No tocante ao modelo interno, foram assumidos diversos pressupostos e foram efectuadas algumas simplificações de forma a facilitar os cálculos. Em seguida são expostas as principais limitações do modelo e sugeridas algumas alternativas.

Existe outro factor de risco que, não obstante a sua relevância, não foi abordado na presente dissertação, nomeadamente o risco catastrófico, cujas exigências estavam fora do alcance desta dissertação. Neste sentido, sugere-se que seja incluído no modelo desenvolvido mecanismos de determinação desse risco, designadamente poderá ser analisada a hipótese de aplicar o modelo de factores proposto por Lescouret e Robert (2006).

O modelo, tal como foi definido, não pressupõe a utilização de técnicas de mitigação do risco, designadamente, os instrumentos derivados adquiridos para cobertura do risco. Todas as companhias que eficientemente reduzem os seus riscos devem ser beneficiadas no resultado final do modelo, encorajando desta forma a gestão do risco por parte das seguradoras. No caso específico da Seguradora analisada, ainda não são utilizadas essas técnicas de mitigação do risco, pelo que a inclusão, ou não, dessa contrapartida não alteraria o requisito de capital calculado. No entanto, a tendência será as seguradoras passarem a utilizar com mais frequência esse tipo de técnicas, sugerindo-se, desta forma, que seja incluída no modelo benefícios de mitigação para cada risco.

Refira-se que o raciocínio subjacente à aplicação do VaR é efectuado sobre condições normais de mercado, i.e., as estimativas obtêm-se de uma amostra histórica que cobre um período alargado e que poderá conter, ou não, a ocorrência de acontecimentos extremos.

Relativamente ao risco de prémios, assumiu-se, por se tratar de um pressuposto usual, que o rácio de sinistralidade segue aproximadamente uma distribuição lognormal. Deste modo, propõe-se, no caso de existir informação suficiente para o efeito, designadamente o número de sinistros por apólice, estimar os parâmetros da distribuição dos *cash-flows* a partir do processo das indemnizações agregadas, tal como sugerido por Centeno (2003).

O risco operacional é um risco de extrema importância na realidade de uma seguradora, na medida em que diz respeito a todo o ambiente do negócio, nomeadamente, sistemas, gestão e recursos humanos. A determinação deste risco na presente dissertação não foi devidamente estudada porque carecia de um maior conhecimento da Seguradora. Assim, sugere-se que o modelo incorpore este risco de uma forma mais direccionada, por exemplo, para a qualidade dos sistemas informáticos, para a formação dos recursos humanos e para o cumprimento dos manuais de procedimentos.

Por último, cumpre salientar que dever-se-á ter em atenção que qualquer modelo, independentemente da sua complexidade, será sempre uma aproximação à realidade. Deste modo, o seu resultado, sem a apreciação de um actuário responsável ou de uma pessoa conhecedora da actividade da seguradora, não deverá ser considerado como correcto.

De uma forma geral, o modelo deve reflectir todos os principais factores que afectam a situação financeira futura de uma empresa de seguros. No entanto, é sempre preferível possuir um modelo, o mais simples possível, em virtude de ajudar na flexibilidade e compreensão do mesmo.

Tal como supra referido, muito trabalho ainda é preciso, e especialmente no ambiente do Solvência II. Cumpre referir a este propósito que, no final deste ano, está previsto o lançamento do quarto estudo de impacto quantitativo (QIS4), por parte do CEIOPS.

O desenvolvimento de um modelo baseado no risco representa uma grande evolução a nível nacional, pelo que as seguradoras portuguesas e a entidade reguladora devem preparar-se para estes novos desafios.

Bibliografia

Centeno, M. (2003), *Teoria do Risco na Actividade Seguradora*, Oeiras: Celta Editora.

Comité Européen des Assurances (2006), *Assessing the Impact of Solvency II on the Average Level of Capital*.

Comité Européen des Assurances (2006), *CEA Working Document on Non-Life European Standard Approach for Calculating the Solvency Capital Requirement*, Brussels.

Comité Européen des Assurances (2006), *CEA Document on Cost of Capital*, Brussels.

Comité Européen des Assurances (2005), *CEIOPS Draft Answers to the "Second Wave" of Calls for Advice*.

Comité Européen des Assurances (2006), *CEIOPS Draft Answers to the "Third Wave" of Calls for Advice*.

Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (2007), *Consultative Document: QIS3 – Technical Specifications, PART I: INSTRUCTIONS*, CEIOPS-FS-11/07.

Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (2007), *Consultative Document: QIS3 – Calibration of the underwriting risk, market risk and MCR*, CEIOPS-FS-14/07.

Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (2007), *Consultative Document: QIS3 – Calibration of the credit risk*, CEIOPS-FS-23/07.

Chief Risk Officer Forum (2006), *Discussion Paper: A market cost of capital approach to market value margins*.

El-Bassiouni, M. Y. (1991), *A Mixed Model for Loss Ratio Analysis*, *Workshop*, ASTIN Bulletin, Vol. 21, N°2, pp. 231-238.

Groupe Consultatif Actuariel Europeen (2006), Solvency II: Risk Margin Comparison, 13/02.

Hesterberg, T., Monaghan, S., Moore, D., Clipson, A. & Epstein, R. (2003), Bootstrap Methods and Permutation Tests, New York: W. H. Freeman and Company.

Hogg, Robert V. & Tanis, Elliot A. (1997), Probability and Statistical Inference, 5^a Edição, New Jersey: Prentice Hall.

Hull, J. (2000), Options, Futures and Other Derivatives, 4^a Edição, New Jersey: Prentice Hall.

Jorion, P. (2000), Value at Risk, 2^a Edição, Chicago: McGraw-Hill.

Keller, Philipp (2006), A Primer for Calculating the Swiss Solvency Test "Cost of Capital" for a Market Value Margin, *Federal Office of Private Insurance*.

Leong, Keneth (1996), The Right Approach, Risk, *A Risk Special Supplement*, pp. 9-15.

Lescourret, Laurence & Robert, Christian Y. (2006), Extreme dependence of multivariate catastrophic losses, *Scandinavian Actuarial Journal*, 4, pp. 203-225.

Liebwein, Peter (2006), Risk Models for Capital Adequacy: Applications in the Context of Solvency II and Beyond, *The Geneva Papers*, 31, pp. 528-550.

Linder, Ulf & Ronkainen, Vesa, (2004), Solvency II, Towards a New Insurance Supervisory System in the EU, *Scandinavian Actuarial Journal*, 6, pp. 462-474.

Linsmeier, Thomas J. & Pearson, Neil D. (1996), Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk, *University of Illinois at Urbana – Champaign*.

Lowe, Julian (1994), A Practical Guide to measuring reserve variability using: Bootstrapping, operational time and distribution free approach, Proceedings of the 1994 General Insurance Convention, *Institute of Actuaries and Faculty of Actuaries*, pp. 157-196.

Mack, Thomas (1993), Measuring the Variability of Chain Ladder Reserve Estimates, *Casualty Actuarial Society Forum*, pp. 101-182.

Ronkainen, Vesa, Koskinen, Lasse & Berglund, Raoul (2007), Topical modelling issues in Solvency II, *Scandinavian Actuarial Journal*, pp. 1-12.

Swiss Federal Office of Private Insurance (2006), The Swiss Experience with Market Consistent Technical Provisions – the Cost of Capital Approach, 28/03.

Verrall, Richard J. (1994), Statistical Methods for the Chain Ladder Technique, pp. 393-446.