

DOCUMENTOS DE TRABAJO IELAT

**Nº 91 – Octubre
2016**

**MODELOS PROBABILÍSTICOS DE SEVERIDADE PARA GRANDES
PERDAS**



**Angelica Dias Roa
Renaldo A. Gonsalves**

**Instituto Universitario de Investigación en Estudios Latinoamericanos –
Universidad de Alcalá**





Universidad
de Alcalá

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN
EN ESTUDIOS LATINOAMERICANOS ·IELAT·

DOCUMENTOS DE TRABAJO IELAT

Nº 91 – Octubre 2016

**MODELOS PROBABILÍSTICOS DE SEVERIDADE
PARA GRANDES PERDAS**

Angelica Dias Roa
Renaldo A. Gonsalves

Estos documentos de trabajo del IELAT están pensados para que tengan la mayor difusión posible y que, de esa forma, contribuyan al conocimiento y al intercambio de ideas. Se autoriza, por tanto, su reproducción, siempre que se cite la fuente y se realice sin ánimo de lucro. Los trabajos son responsabilidad de los autores y su contenido no representa necesariamente la opinión del IELAT. Están disponibles en la siguiente dirección: [Http://www.ielat.com](http://www.ielat.com)

Instituto Universitario de Investigación en Estudios Latinoamericanos
Universidad de Alcalá
C/ Trinidad 1
Edificio Trinitarios
28801 Alcalá de Henares – Madrid
www.ielat.com
ielat@uah.es
+34 91 885 25 75

Presidente de Honor:

Juan Ramón de la Fuente

Director:

Pedro Pérez Herrero

Equipo de edición:

David Corrochano Martínez
Rodrigo Escribano Roca
Gonzalo Andrés García Fernández
Yurena González Ayuso
Iván González Sarro
Carlos Martínez Sánchez
David Montero Pérez
Rogelio Núñez Castellano
Eva Sanz Jara

Consultar normas de edición en el siguiente enlace:
<http://www.ielat.com/inicio/index.php/publicaciones/documentos-de-trabajo-blog>

DERECHOS RESERVADOS CONFORME A LA LEY

Impreso y hecho en España

Printed and made in Spain

ISSN: 1989-8819

Consejo Editorial

UAH

Carlos Jiménez Piernas, Catedrático de Derecho Internacional Público y Relaciones Internacionales
Manuel Lucas Durán, Profesor Titular de Derecho Financiero y Tributario
Diego Luzón Peña, Catedrático de Derecho Penal
Daniel Sotelsek Salem, Profesor Titular de Fundamentos de Economía
Marisa Ramos Rollón, Investigadora IELAT
Miguel Rodríguez Blanco, Catedrático de Derecho Eclesiástico del Estado

Unión Europea

Walther Bernecker (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Alemania)
José Esteban Castro (Newcastle University, Gran Bretaña)
Sergio Costa (Instituto de Estudios Latinoamericanos, Universidad Libre de Berlín, Alemania)
Olivier Dabène (Instituto de Estudios Políticos de Paris (Sciences Política), Francia)
Timothy Power (Universidad de Oxford, Reino Unido)
Alejandro Quiroga (Universidad de Newcastle, Reino Unido)

América Latina y EEUU

Janete Abrao (Investigadora IELAT)
Fabián Almonacid (Universidad Austral, Chile)
Eduardo Cavieres (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile)
Francisco Cueto (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales –FLACSO-, República Dominicana)
Pablo Gerchunoff (Universidad Torcuato Di Tella, Argentina)
Christine Hunefeldt (Universidad de California San Diego, Estados Unidos)
José Luis Machinea (Universidad Torcuato Di Tella, Argentina)
Armando Martínez Garnica (Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia)
Carlos Marichal (El Colegio de México, México)
Marcos Neder (Trench, Rossi e Watanabe Advogados Sao Paulo, Brasil)
Inmaculada Simón Ruiz (Universidad Autónoma de Chile, Chile)
Peter Smith (Universidad de California, San Diego, EEUU)
María Eugenia Romero (Universidad Autónoma de México, México D. F.)
Lorena Vásquez (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia)
Guido Zack (Inst. Interdisciplinario de Economía Política, Univ. de Buenos Aires y CONICET, Argentina)

MODELOS PROBABILÍSTICOS DE SEVERIDADE PARA GRANDES PERDAS

Angélica Dias Roa ¹

Prof. Dr. Renaldo A. Gonsalves ²

RESUMO

Esta monografia é um estudo de caso que consiste em avaliar modelos probabilísticos de severidade para grandes sinistros retidos por uma determinada Companhia de resseguros, além de explorar o impacto do mau dimensionamento destas estimativas sob a ótica de precificação, visto que ao se estabelecer preços incorretos a Companhia pode se tornar insolvente e/ou ineficiente perante o mercado segurador. Esta avaliação é de extrema importância para a Seguradora/Resseguradora, pois permitirá estar em conformidade com as normas de solvência impostas pelo órgão regulador (SUSEP), assim como obter vantagens frente aos concorrentes no momento da precificação de seus contratos e possibilitar a otimização de recursos financeiros. Para tanto, utilizou-se informações referentes aos ramos SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) e 0351 (Responsabilidade Civil Geral), os quais são alvos de operacionalização do Ressegurador em questão. A escolha dos modelos probabilísticos, os quais são objeto desta análise, foi realizada a partir de distribuições estatísticas teóricas disseminadas na literatura com ênfase nas características dos sinistros observados. Os parâmetros dos modelos propostos foram obtidos utilizando o método estatístico de estimação denominado máxima verossimilhança e a avaliação dos parâmetros obtidos foi feita através do método estatístico não paramétrico denominado Kolmogorov Smirnov. A partir das análises efetuadas neste projeto, pôde-se concluir que não existe um único modelo probabilístico que seja adequado para ajustar as grandes perdas, sendo fundamental os Seguradores e Resseguradores analisarem os sinistros avisados levando-se

¹ Bacharel em Ciências Atuariais pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e Bacharel em Estatística pela Unicamp (Universidade Estadual de Campinas – São Paulo).

² Professor e Vice Coordenador do Curso de Ciências Atuariais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP), Doutor em Ciências Políticas (PUC/SP), Mestre em economia (USP e PUC/SP), bacharel em Economia pela Unicamp.



em consideração as características de cada ramo de negócio e, desta forma, aprimorar seus processos de precificação de modo eficiente.

Palavras-chaves: Grandes Perdas, Severidade, Risco de Subscrição, Precificação, Riscos de Engenharia e Responsabilidade Civil.

ABSTRACT

This project is a case study that consists in evaluating probabilistic models of severity for large losses retained by a particular reinsurance company, as well as exploring the impact of bad design of these estimates from the perspective of pricing, since in establishing incorrect prices the company may become insolvent and/or inefficient to the insurance market. This review is extremely important to the insurer/reinsurer as it will comply with the solvency rules imposed by the regulator (SUSEP), as well as get ahead advantages to competitors at the time of pricing their contracts and enable resource optimization financial. For this, it was used information relating to SUSEP classes 0167 (Engineering Risk) and 0351 (General Civil Liability), which are targets for operationalization of the reinsurer in question. The choice of probabilistic models, which are the subject of this analysis, was carried out from theoretical statistical distributions disseminated in the literature with emphasis on the characteristics of the observed losses. The parameters of the proposed models were obtained using the statistical method called Maximum Likelihood Estimation and the assessment of the parameters was carried out using the non-parametric statistical method called Kolmogorov-Smirnov. From the analysis performed in this project, it can be concluded that there is not only one probabilistic model that is adequate to adjust the large losses, being fundamental the Insurers and Reinsurers analyze the reported claims taking into account the characteristics of each line of business and thus efficiently improve their pricing processes.

Keywords: Large Losses, Severity, Underwriting Risk, Pricing, Engineering Risk and Civil Liability.



LISTA DE SIGLAS

SUSEP: Superintendência de Seguros Privados

CNSP: Conselho Nacional de Seguros Privados

SES: Sistema de Estatísticas da SUSEP

EAPC: Entidade Aberta de Previdência Complementar

CRsubs: Capital de Risco baseado no Risco de Subscrição

R. C. Geral: Responsabilidade Civil Geral

MLE: Maximum Likelihood Estimation

KS: Kolmogorov Smirnov

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. Riscos envolvidos na Precificação	9
2. Riscos de Engenharia e Responsabilidade Civil	12
3. Estatística Descritiva do Conjunto de Dados	17
4. Modelos Probabilísticos de Severidade para Grandes Perdas	24
4.1 Método de Estimação de Parâmetros por Máxima Verossimilhança	24
4.2 Teste Kolmogorov – Smirnov (KS)	24
4.3 Distribuição Lognormal	25
4.3.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)	28
4.3.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)	30
4.4 Distribuição Gama Generalizada	32
4.4.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)	37
4.4.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)	39
4.5 Distribuição Beta Generalizada	41
4.5.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)	47
4.5.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)	49
5. Considerações Finais	51
REFERÊNCIAS	54
ANEXOS	55
Anexo I – Modalidades de Prêmios e Sinistros	55
Anexo II – Ranking das Sociedades Seguradoras por Prêmio Emitido	57
Anexo III – Algoritmos de Programação: Software R-project e SAS	65



ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela nº 1:** Prêmios e Sinistros entre Junho/2014 e Junho/2015 das 10 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 14
- Tabela nº 2:** Prêmios e Sinistros entre Junho/2014 e Junho/2015 das 10 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0351 (R. C. Geral). 16
- Tabela nº 3:** Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 18
- Tabela nº 4:** Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0351 (R. C. Geral). 20
- Tabela nº 5:** Medidas resumo dos Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351 21
- Tabela nº 6:** Medidas resumo dos Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351, excluindo os valores *outliers*. 23
- Tabela nº 7:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Lognormal a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 28
- Tabela nº 8:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Lognormal a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral). 30
- Tabela nº 9:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 37
- Tabela nº 10:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral). 39
- Tabela nº 11:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 47
- Tabela nº 12:** Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral). 49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico nº 1:** Evolução dos Prêmios Emitidos entre Junho/2014 e Junho/2015 das 5 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 15
- Gráfico nº 2:** Evolução dos Prêmios Emitidos entre Junho/2014 e Junho/2015 das 5 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0351 (R. C. Geral). 17
- Gráfico nº 3:** Evolução dos Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia). 19
- Gráfico nº 4:** Evolução dos Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0351 (R. C. Geral). 20
- Gráfico nº 5:** Box-plots das Grandes Perdas ocorridas durante o período de 2006 a 2007 pelos Ramos SUSEP 0167 e 0351. 22
- Gráfico nº 6:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Lognormal, mantendo o parâmetro μ constante. 27
- Gráfico nº 7:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Lognormal, mantendo o parâmetro σ constante. 28
- Gráfico nº 8:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Weibull, mantendo o parâmetro β constante. 36
- Gráfico nº 9:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Weibull, mantendo o parâmetro a constante. 36
- Gráfico nº 10:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo o parâmetro β constante. 44
- Gráfico nº 11:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo o parâmetro q constante. 45
- Gráfico nº 12:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo os parâmetros β e q constantes. 46
- Gráfico nº 13:** Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo os parâmetros μ e q constantes. 46

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

- Figura nº 1:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Lognormal ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 29
- Figura nº 2:** Teste KS (Lognormal) para o ramo 0167. 29
- Figura nº 3:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Lognormal ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 31
- Figura nº 4:** Teste KS (Lognormal) para o ramo 0351. 32
- Figura nº 5:** Distribuição Gama Generalizada e suas inter-relações: distribuição gama generalizada (GG), distribuição gama generalizada inversa (InvGG), distribuição gama (Ga), distribuição Weibull (Wei), Weibull inversa (InvWei), distribuição gama inversa (InvGa), distribuição exponencial (Exp) e distribuição exponencial inversa (InvExp). 34
- Figura nº 6:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Weibull ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 37
- Figura nº 7:** Teste KS (Weibull) para o ramo 0167. 38
- Figura nº 8:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Weibull ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 39
- Figura nº 9:** Teste KS (Weibull) para o ramo 0351. 40
- Figura nº 10:** Distribuição Beta Generalizada e suas inter-relações: distribuição beta generalizada tipo II (GB2), distribuição Dagum (D), distribuição beta tipo II (B2), distribuição Singh-Maddala (SM), distribuição Lomax Inversa (IL), distribuição Fisk (Fisk) e distribuição Lomax (L). 42
- Figura nº 11:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Pareto Generalizada ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 47
- Figura nº 12:** Teste KS (Pareto Generalizada) para o ramo 0167. 48
- Figura nº 13:** Gráfico da função densidade de probabilidade da Pareto Generalizada ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste. 49
- Figura nº 14:** Teste KS (Pareto Generalizada) para o ramo 0351. 50



INTRODUÇÃO

Em decorrência das normas regulatórias de solvência, do aumento da concorrência e da piora nas perspectivas dos cenários macroeconômicos, as Seguradoras e Resseguradoras precisam ser mais assertivas e eficientes ao precificar as carteiras de grandes riscos.

Tendo em vista esse cenário, quais seriam os modelos probabilísticos de severidade mais adequados para estimativas de grandes perdas e quais os riscos envolvidos na parametrização inadequada de um modelo de precificação?

O principal objetivo desta monografia é realizar um estudo de caso que permita avaliar os modelos probabilísticos de severidade que melhor se adequem as grandes perdas dos ramos SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) e 0351 (Responsabilidade Civil Geral), além de explorar o impacto do mau dimensionamento das estimativas sob a ótica de precificação, visto que ao se estabelecer preços incorretos a Companhia pode se tornar insolvente e/ou ineficiente perante o mercado segurador.

No Capítulo 1 dessa monografia serão identificados os riscos envolvidos na precificação das carteiras, por meio de pesquisas bibliográficas.

No Capítulo 2, serão identificadas as coberturas oferecidas pelos seguros de Riscos de Engenharia e Responsabilidade Civil e será verificada a existência de competitividade das companhias de seguros em relação à comercialização destes ramos, os quais são objeto de estudo desta monografia.

No Capítulo 3, serão apresentados os resultados referentes à análise descritiva do conjunto de dados que será utilizado como objeto de estudo deste relatório, ou seja, das informações de indenizações e prêmios dos sinistros ocorridos entre 2006 e 2013 de uma determinada Companhia de resseguros.

No Capítulo 4, serão apresentados os modelos probabilísticos de severidade indicados na literatura como sendo modelos que possuem bom desempenho para ajustar grandes perdas. Posteriormente, serão apresentados os parâmetros estimados dos modelos



propostos a partir do ajuste das grandes perdas avisadas ao Ressegurador utilizando-se o método estatístico para estimação denominado máxima verossimilhança. E adicionalmente, serão apresentados os resultados dos testes de adequação dos parâmetros obtidos para as distribuições contínuas, os quais foram efetuados através do método estatístico não paramétrico denominado Kolmogorov Smirnov.

Finalmente, no Capítulo 5 serão apresentados os modelos mais adequados para as grandes perdas analisadas e justificada a importância da avaliação dos modelos probabilísticos com base nos dados coletados e análises realizadas neste estudo de caso.

1. Riscos envolvidos na Precificação

O processo de precificação é uma das atividades mais importantes de uma companhia de seguros, uma vez que a principal atividade de uma seguradora é a administração dos fluxos de prêmios pagos pelos segurados aos seguradores e de indenizações pagas dos seguradores aos segurados.

Para MANO (1997, pág. 21), “Como o risco a ser tarifado é aleatório, os modelos probabilísticos são de suma importância para a indústria de seguros. [...]”.

Na Solvência II, o risco envolvido no processo de precificação é denominado Risco de Subscrição, o qual é definido como sendo o risco de perda ou mudança adversa no valor das provisões, devido à inadequação da precificação e das hipóteses utilizadas no provisionamento.

Segundo a Resolução CNSP nº 321/15 (Capítulo III, Art. 35, Inciso I):

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

O objetivo dos profissionais que trabalham na precificação de seguros é mitigar este risco, obtendo prêmios não apenas comerciáveis, mas também confiáveis. Caso contrário, a



Companhia pode se tornar insolvente ao utilizar-se de parâmetros inadequados em seu modelo de precificação, isto é, o profissional pode estar calculando o prêmio em magnitude inferior ao risco envolvido e desta forma, corre o risco de não cumprir com suas obrigações.

Segundo MANO (1997, pág. 21), construir um modelo de precificação estocástico para as aplicações de seguro é modelar a realidade. Deve-se manter um compromisso entre a realidade e a aplicabilidade. O meio econômico é um fator de extrema importância e os prêmios são fortemente influenciados por condições de mercado, normas regulatórias, atividade dos competidores e nível de renda da população.

O aumento da concorrência no mercado brasileiro, principalmente com o processo de desregulamentação dos últimos anos que aferiu maior liberdade para as Seguradoras e Resseguradoras, tem tornado ainda mais evidente a necessidade das companhias de seguros serem mais assertivas e eficientes ao precificar suas carteiras de riscos.

Para MANO (1997, pág. 12):

A expansão do seguro no Brasil nos últimos anos foi fortemente influenciada pelo incremento da competição e pela desregulamentação, fatores que evidenciam a necessidade da rigorosa adequação dos níveis de prêmios aos efetivos patamares de risco. A liberação do setor segurador, dentre outros aspectos, ensejou o fim da inflexibilidade da tarifação dos prêmios e, portanto, o aparecimento de taxas diferenciadas obtidas a partir da incorporação de técnicas quantitativas mais requintadas. O consumidor ganhou com este processo, pois passou a contar com um quadro maior de opções para a cobertura de seu risco.

- **Capital de Risco de Subscrição**

Conforme mencionado anteriormente, o risco envolvido no processo de precificação é denominado Risco de Subscrição. Para proteger as sociedades supervisionadas de uma possível insolvência decorrente destes riscos, a SUSEP instituiu um Capital Mínimo Requerido baseado no Risco de Subscrição. De acordo com a Resolução CNSP nº 321/15, este capital deve ser mantido, a qualquer tempo, pelas Sociedades Seguradoras, EAPC's, Sociedades de Capitalização e Resseguradores Locais.



O cálculo do CRsubs das Sociedades Seguradoras e EAPC's está definido nos artigos 36 a 40 e nos anexos I a VIII da Resolução CNSP nº 321 de 2015. A metodologia de cálculo disposta nesta Resolução divide o cálculo do CRsubs em sete parcelas:

- Operações de danos (art. 39 da Res. 321/15)
 - Parcela 1 – Risco de emissão/precificação (R.emi.danos)
 - Parcela 2 – Risco de provisão de sinistros (R.prov.danos)
- Operações de vida individual e previdência (art. 40 da Res. 321/15)
 - Parcela 3 – Risco nas provisões de eventos ocorridos (R.prov.vi.prev)
 - Parcela 4 – Risco das coberturas de risco durante o período de cobertura, para planos em regime financeiro de repartição (R.mort.inv.rep)
 - Parcela 5 – Riscos das coberturas de risco durante o período de cobertura, para planos em regime financeiro de capitalização (R.mort.inv.cap)
 - Parcela 6 – Risco das coberturas por sobrevivência (R.sobr)
 - Parcela 7 – Risco das despesas administrativas (R.desp)

O cálculo do CRsubs das Sociedades de Capitalização está definido no artigo 41 e nos anexos IX a XIII da Resolução CNSP nº 321 de 2015. A metodologia de cálculo disposta nesta Resolução divide o cálculo do CRsubs em três módulos:

- Risco dos sorteios a realizar (R.sorteios) – anexo IX
- Risco da garantia de rentabilidade (R.rentabilidade) – anexo X
- Risco das despesas administrativas (R.despesas) – anexo XI

O cálculo do CRsubs dos Resseguradores Locais está definido nos artigos 42 a 44 da Resolução CNSP nº 321 de 2015. A metodologia de cálculo disposta nesta Resolução divide o cálculo do CRsubs em duas parcelas:

- Operações de resseguro proporcional (art. 42 da Res. 321/15)
- Operações de resseguro não proporcional e demais operações (art. 44 da Res. 321/15)



2. Riscos de Engenharia e Responsabilidade Civil

Conforme mencionado anteriormente, o principal objetivo desta monografia é realizar um estudo de caso que permita avaliar os modelos probabilísticos de severidade que melhor se adequem as grandes perdas dos ramos SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) e 0351 (Responsabilidade Civil Geral). Desta forma, torna-se relevante identificar as coberturas oferecidas por estes ramos de negócios e verificar a existência de competitividade das companhias de seguros em relação à comercialização dos mesmos, os quais são objeto de estudo desta monografia.

Segundo a Circular SUSEP nº 419/11 (Art. 1º, parágrafo único), seguro de Riscos de Engenharia é aquele em que o segurado contrata, obrigatoriamente, uma das coberturas básicas: Cobertura Básica de Obras Civas em Construção (OCC), Cobertura Básica de Instalações e Montagens (IM) ou Cobertura Básica de Obras Civas em Construção e Instalações e Montagens (OCC/IM).

Entende-se por Cobertura Básica de Obras Civas em Construção aquela que garanta o interesse legítimo do segurado contra acidentes, de origem súbita e imprevista, com exceção dos riscos excluídos especificados na apólice, que resultem em prejuízos materiais às obras expressamente descritas na apólice e aos materiais a serem utilizados na construção, durante o período da obra. (Circular SUSEP nº419/11, Capítulo I, Art. 1º).

Entende-se por Cobertura Básica de Instalações e Montagens aquela que garanta o interesse legítimo do segurado contra acidentes, de origem súbita e imprevista, com exceção dos riscos excluídos especificados na apólice, que resultem em prejuízos materiais às máquinas, equipamentos, estruturas metálicas e a outros bens instalados e/ou montados de forma permanente durante a fase de instalação e/ou montagem destes bens. (Circular SUSEP nº419/11, Capítulo II, Art. 1º).

Entende-se por Cobertura Básica de Obras Civas em Construção e Instalações e Montagens aquela que garanta o interesse legítimo do segurado contra acidentes, de origem súbita e imprevista, com exceção dos riscos excluídos especificados na apólice, que resultem em prejuízos materiais tanto às obras expressamente descritas na apólice e aos materiais

a serem utilizados na construção, durante o período da obra, como também às máquinas, equipamentos, estruturas metálicas e a outros bens instalados e/ou montados de forma permanente, durante a fase de instalação e/ou montagem destes bens. (Circular SUSEP nº419/11, Capítulo III, Art. 1º).

Em relação ao Seguro de Responsabilidade Civil, de acordo com o Art. 5º da Circular SUSEP nº 437/12, a Sociedade Seguradora garante ao Segurado, quando responsabilizado por danos causados a terceiros, o reembolso das indenizações que for obrigado a pagar, a título de reparação, por sentença judicial transitada em julgado, ou por acordo com os terceiros prejudicados, com a anuência da Sociedade Seguradora, desde que atendidas às disposições do contrato.

Nesta monografia será utilizado como objeto de estudo o seguro de Responsabilidade Civil Geral, o qual cobre, além das despesas supracitadas, as despesas emergenciais efetuadas pelo Segurado ao tentar evitar e/ou minorar os danos causados a terceiros, atendidas as disposições do contrato, conforme disposto na Circular SUSEP nº 437/12 em seu Art.5º - Inciso 4º.

Segundo o Art. 6º da Circular SUSEP nº 437/12:

O Seguro de Responsabilidade Civil Geral, de contratação facultativa, constitui um ramo específico, e cobre os riscos de responsabilização civil por danos causados a terceiros, abrangendo, como Segurados:

- I - as empresas e os produtos e/ou serviços a elas vinculados;
- II - as pessoas físicas;
- III - os condomínios.

§ 1º Os riscos de responsabilização civil vinculados ao exercício de profissões liberais são enquadrados em outro ramo de seguro, denominado seguro de responsabilidade civil profissional (RC Profissional).

§ 2º Os riscos de responsabilização civil vinculados ao exercício de cargos de Direção e/ou Administração em empresas são enquadrados em outro ramo de seguro, denominado seguro de responsabilidade civil de diretores e administradores de empresas (RC D&O).



§ 3º Os riscos de responsabilização civil vinculados a danos ambientais são enquadrados em outro ramo de seguro, denominado seguro de responsabilidade civil de riscos ambientais.

A seguir serão apresentadas as análises efetuadas para verificar se existe um grau elevado de competitividade entre as companhias de seguros em relação à comercialização dos ramos de Responsabilidade Civil Geral e Riscos de Engenharia.

Tabela nº 1: Prêmios e Sinistros entre Junho/2014 e Junho/2015 das 10 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0167 (Riscos de Engenharia).

RAMO SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) - Valores em R\$ mil				
Empresas	Prêmio Emitido (A)*	Prêmio Ganho (B)*	Sinistro Ocorrido (C)*	Sinistralidade (C/B)
ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.	79.914,24	92.537,09	8.134,67	9%
ALLIANZ SEGUROS S.A.	60.122,64	115.874,53	102.540,44	88%
AIG SEGUROS BRASIL S.A.	54.829,33	9.745,91	30.034,06	308%
TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	46.229,24	50.234,12	12.562,47	25%
FAIRFAX BRASIL SEGUROS CORPORATIVOS S.A.	44.055,20	38.104,27	25.777,29	68%
ACE SEGURADORA S.A.	43.104,40	26.972,73	6.104,52	23%
ACE SEGUROS SOLUÇÕES CORPORATIVAS S.A.	39.865,24	74.559,35	29.488,11	40%
LIBERTY SEGUROS S.A.	28.705,11	19.830,91	3.276,82	17%
CAIXA SEGURADORA S.A.	28.110,19	34.861,23	7.534,93	22%
BERKLEY INTERNATIONAL DO BRASIL SEGUROS S/A	22.627,44	22.632,92	5.921,46	26%
Total	447.563,02	485.353,06	231.374,77	48%

Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

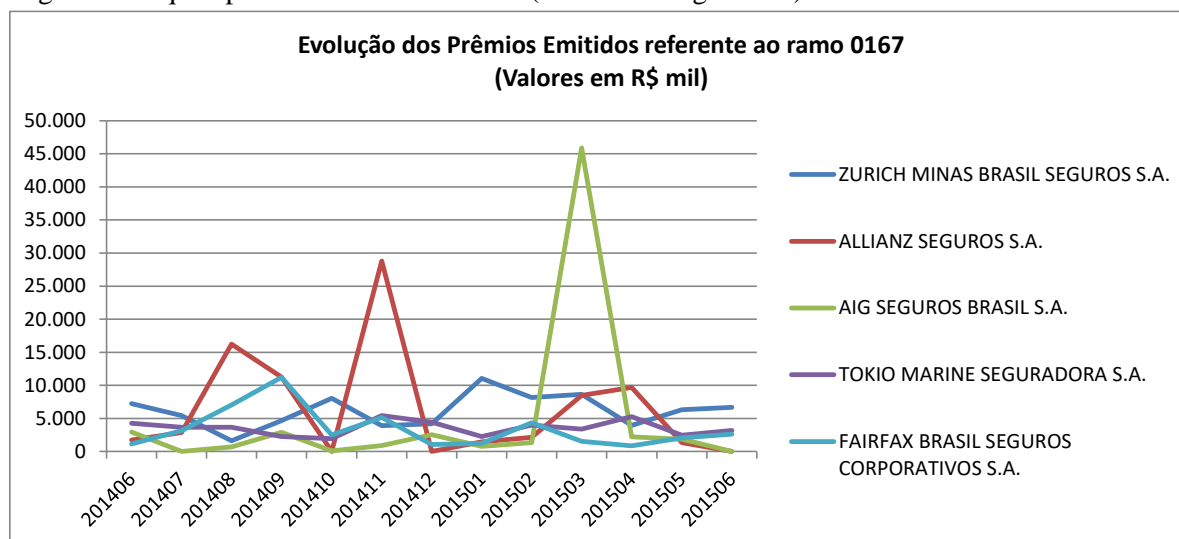
* A definição de cada item sinalizado na tabela encontra-se no Anexo I.

A Tabela nº1 apresenta as informações de prêmios e sinistros das 10 (dez) maiores Seguradoras do Brasil que operam atualmente com o ramo 0167, de acordo com os dados disponibilizados no Sistema de Estatística da SUSEP (SES) referente ao período de junho/2014 a junho/2015. O Ranking completo pode ser encontrado no Anexo II deste relatório.

Adicionalmente, os resultados apresentados na Tabela nº1 indicam que no ano analisado a sinistralidade do ramo 0167 foi elevada, sendo que a sinistralidade total observada considerando as informações das dez empresas foi 48%.

O Gráfico nº1 ilustrado a seguir mostra a evolução mensal dos prêmios emitidos das 5 (cinco) maiores Seguradoras do Brasil que operam atualmente com o ramo 0167. Este gráfico dispõe de informações do período entre junho/2014 e junho/2015. Os valores de prêmios emitidos mensais observados para cada uma destas seguradoras pode ser encontrado no Anexo II deste relatório.

Gráfico nº 1: Evolução dos Prêmios Emitidos entre Junho/2014 e Junho/2015 das 5 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0167 (Riscos de Engenharia).



Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

Pode-se observar através da tabela e do gráfico apresentados anteriormente que o grau de competitividade entre as Seguradoras que operam com o ramo 0167 é elevado, visto que em praticamente todo o período de análise as linhas de tendência se cruzam ao longo do tempo e permanecem em patamares similares umas das outras, exceto em alguns meses nos quais os prêmios observados de determinadas Seguradoras foram atípicos.

Tabela nº 2: Prêmios e Sinistros entre Junho/2014 e Junho/2015 das 10 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0351 (R. C. Geral).

RAMO SUSEP 0351 (Responsabilidade Civil Geral) - Valores em R\$ mil				
Empresas	Prêmio Emitido (A)*	Prêmio Ganho (B)*	Sinistro Ocorrido (C)*	Sinistralidade (C/B)
ALLIANZ SEGUROS S.A.	144.350,51	143.323,24	132.957,69	93%
TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	82.917,26	67.514,26	38.810,51	57%
ACE SEGUROS SOLUÇÕES CORPORATIVAS S.A.	63.636,40	69.690,93	53.366,35	77%
YASUDA MARÍTIMA SEGUROS S.A.	63.433,12	65.016,32	14.328,63	22%
ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.	62.357,73	69.661,18	68.516,17	98%
AIG SEGUROS BRASIL S.A.	54.199,06	42.831,26	38.591,48	90%
MAPFRE SEGUROS GERAIS S.A.	50.483,11	51.908,76	23.488,45	45%
ACE SEGURADORA S.A.	49.621,82	49.747,34	57.397,99	115%
FAIRFAX BRASIL SEGUROS CORPORATIVOS S.A.	38.751,69	33.129,72	43.274,07	131%
CHUBB DO BRASIL COMPANHIA DE SEGUROS	35.215,27	31.353,74	46.520,23	148%
Total	644.965,97	624.176,75	517.251,56	83%

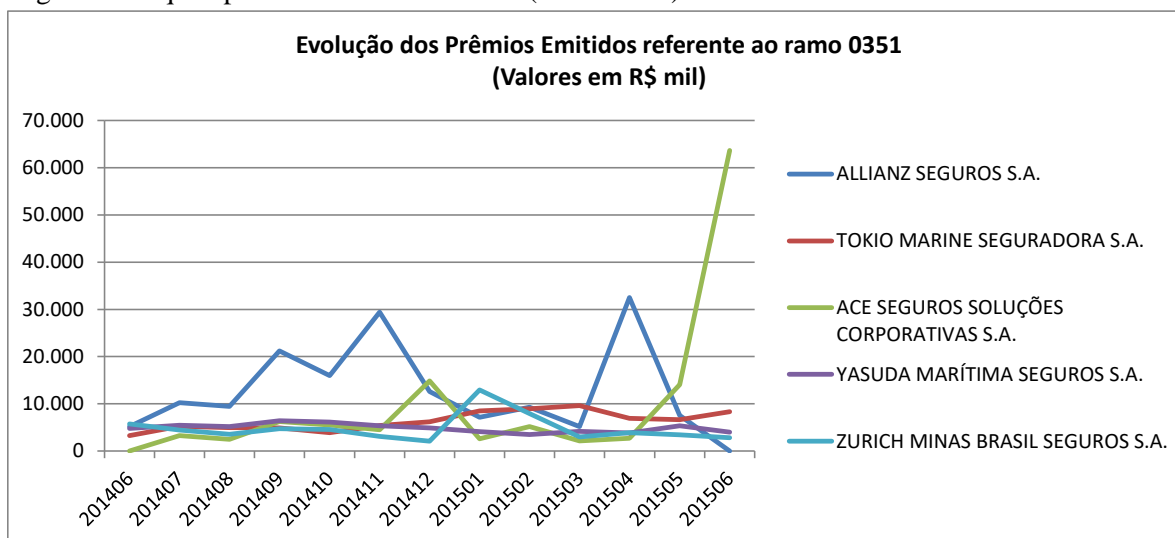
Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

* A definição de cada item sinalizado na tabela encontra-se no Anexo I.

Na Tabela nº2 são apresentadas as informações de prêmios e sinistros das 10 (dez) maiores Seguradoras do Brasil que operam atualmente com o ramo 0351, de acordo com os dados disponibilizados no Sistema de Estatística da SUSEP referente ao período de junho/2014 a junho/2015. O Ranking completo pode ser encontrado no Anexo II deste relatório.

O Gráfico nº2 ilustrado a seguir mostra a evolução mensal dos prêmios emitidos das 5 (cinco) maiores Seguradoras do Brasil que operam atualmente com o ramo 0351. Este gráfico dispõe de informações do período entre junho/2014 e junho/2015. Os valores de prêmios emitidos mensais observados para cada uma destas seguradoras pode ser encontrado no Anexo II deste relatório.

Gráfico nº 2: Evolução dos Prêmios Emitidos entre Junho/2014 e Junho/2015 das 5 maiores Seguradoras que operam com o Ramo 0351 (R. C. Geral).



Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

Pode-se observar através da Tabela nº2 e do Gráfico nº2, assim como no caso do ramo 0167, que o grau de competitividade entre as Seguradoras que operam com o ramo 0351 é elevado, já que em praticamente todo o período de análise as linhas de tendência se cruzam ao longo do tempo e permanecem em patamares similares umas das outras, exceto em alguns meses nos quais os prêmios observados de determinadas Seguradoras foram atípicos.

Adicionalmente, os resultados apresentados na Tabela nº2 indicam que no ano analisado a sinistralidade do ramo 0351 foi elevada, sendo que a sinistralidade total observada considerando as informações das dez empresas foi 83%.

O grau de competitividade e a altas sinistralidades observadas nas análises realizadas para os ramos 0167 e 0351 evidenciaram a necessidade das sociedades seguradoras serem mais assertivas e adequarem seus níveis de prêmios as suas carteiras de riscos.

3. Estatística Descritiva do Conjunto de Dados



Neste tópico serão apresentados os resultados referentes à análise descritiva do conjunto de dados que será utilizado como objeto de estudo deste relatório, ou seja, das informações de indenizações e prêmios dos sinistros ocorridos entre 2006 e 2013 de uma determinada Companhia de resseguros.

A Tabela nº3 e o Gráfico nº3, apresentados a seguir, fornecem as informações dos prêmios emitidos e os sinistros ocorridos referentes às grandes perdas avisadas do Ramo 0167 (Riscos de Engenharia), para cada ano de análise, de acordo com o banco de dados disponibilizado pelo Ressegurador.

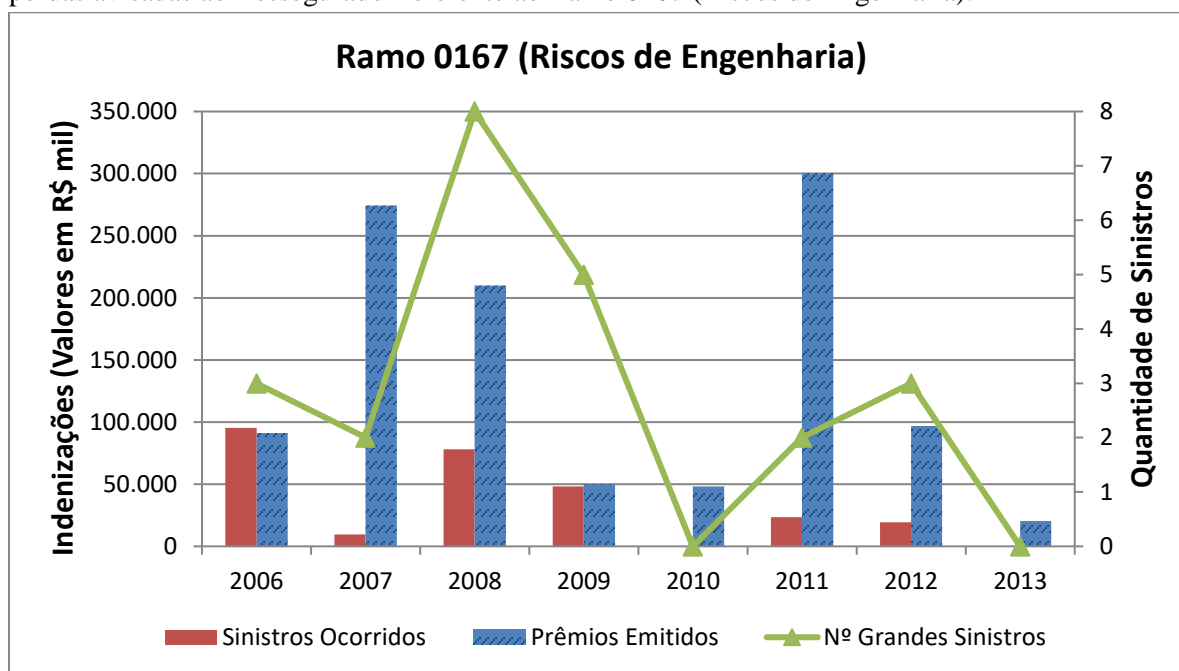
Tabela nº 3: Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia).

RAMO SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) - Valores em R\$ mil				
Ano	Nº Grandes Sinistros	Prêmios Emitidos (A)*	Sinistros Ocorridos (B)*	Sinistralidade (B/A)
2006	3	91.135	95.284	104,6%
2007	2	274.356	9.687	3,5%
2008	8	210.093	78.181	37,2%
2009	5	50.040	48.252	96,4%
2010	0	48.175	0	0,0%
2011	2	300.362	23.429	7,8%
2012	3	96.839	19.470	20,1%
2013	0	20.350	0	0,0%
Total	23	1.091.349,08	274.303,26	25%

Fonte: *Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros*

* A definição de cada item sinalizado na tabela encontra-se no Anexo I.

Gráfico nº 3: Evolução dos Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia).



Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros

A partir destas informações pode-se observar que no período analisado ocorreram 23 grandes perdas, sendo que o maior número de casos ocorreu no ano de 2008 (8 sinistros). Nota-se também que apesar de 2008 ter sido o ano com o maior número de incidências de grandes perdas, os resultados mostram que foi no ano de 2006 que a Resseguradora teve que indenizar o maior montante de sinistros ocorridos destes últimos anos (R\$ 95,284 milhões).

Adicionalmente, pode-se observar que o ano de 2006 também apresentou a maior sinistralidade em relação aos outros anos (104,6%), indicando que neste ano provavelmente ocorreram sinistros atípicos, assim como o ano de 2009 que também apresentou uma sinistralidade elevada (96,4%).

Na Tabela nº4 e no Gráfico nº4 são apresentadas as informações de prêmios emitidos e sinistros ocorridos referentes às grandes perdas avisadas do Ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral), para cada ano de análise, de acordo com as informações disponibilizadas pelo Ressegurador.

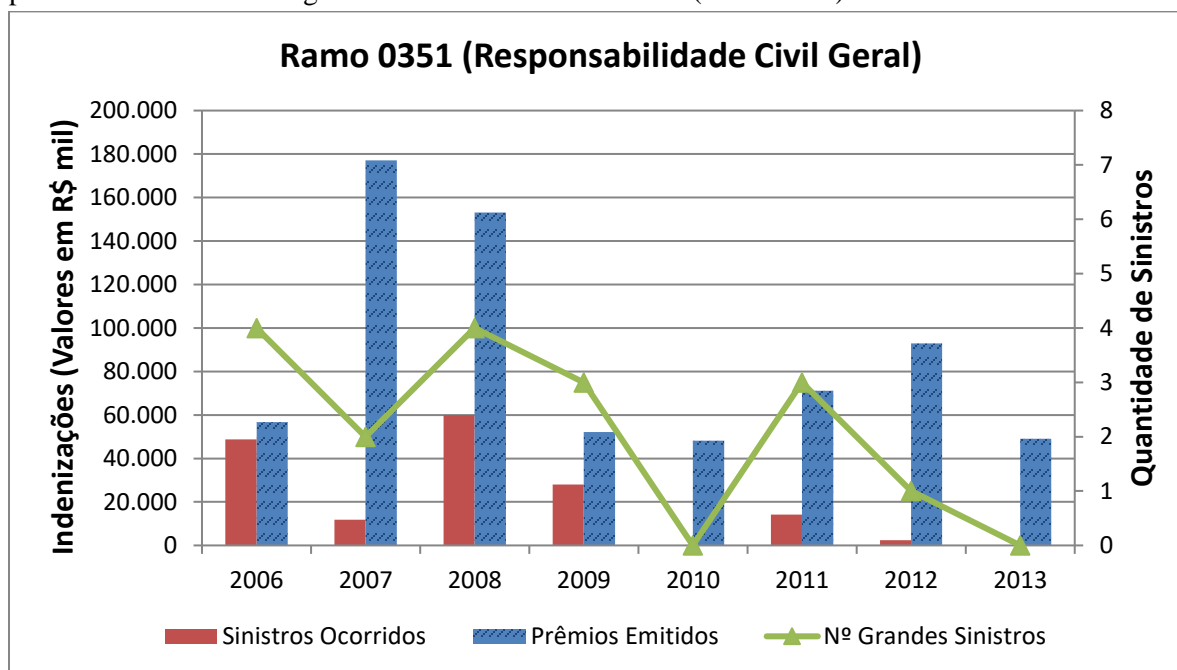
Tabela nº 4: Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0351 (R. C. Geral).

RAMO SUSEP 0351 (Responsabilidade Civil Geral) - Valores em R\$ mil				
Ano	Nº Grandes Sinistros	Prêmios Emitidos (A)*	Sinistros Ocorridos (B)*	Sinistralidade (B/A)
2006	4	56.716	48.747	85,9%
2007	2	177.149	11.787	6,7%
2008	4	153.081	59.887	39,1%
2009	3	52.154	27.955	53,6%
2010	0	48.196	0	0,0%
2011	3	71.119	14.164	19,9%
2012	1	92.982	2.396	2,6%
2013	0	49.053	0	0,0%
Total	17	700.451,17	164.935,10	24%

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros

* A definição de cada item sinalizado na tabela encontra-se no Anexo I.

Gráfico nº 4: Evolução dos Prêmios Emitidos e Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao Ramo 0351 (R. C. Geral).



Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros

A partir destas informações pode-se observar que no período analisado a Resseguradora teve que indenizar um total de 17 grandes perdas, número inferior ao observado para o ramo 0167 (Riscos de Engenharia). Os resultados também mostram que

foram nos anos de 2006 e 2008 que ocorreram o maior número de grandes perdas (4 sinistros), sendo que no ano de 2008 a Resseguradora teve que indenizar o maior montante de sinistros ocorridos dentre os anos analisados (R\$ 59,887 milhões).

Adicionalmente, pode-se observar que o ano de 2006, assim como no caso do ramo 0167, apresentou a maior sinistralidade em relação aos outros anos (85,9%), indicando que neste ano provavelmente ocorreu algum sinistro atípico.

Tabela nº 5: Medidas resumo dos Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351

Medidas Resumo dos Ramos SUSEP 0167 e 0351 (Valores em R\$ mil)		
	Riscos de Engenharia	Responsabilidade Civil Geral
Mínimo	4.033	2.396
1º Quartil	5.875	4.124
Mediana	7.083	4.930
2º Quartil	12.222	12.540
Máximo	61.158	32.704
Média	11.926	9.702
Nº Grandes Sinistros	23	17
Desvio-Padrão	12.464	8.729
Coefficiente de Variação	1,05	0,90

Fonte: *Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros*

A Tabela nº 5 apresentada acima fornece as medidas resumo das grandes perdas ocorridas entre 2006 e 2013 referentes aos Ramos 0167 e 0351, os quais são operacionalizados pelo Ressegurador em questão. Os desvios-padrão e os coeficientes de variação presentes nesta tabela indicam uma grande variabilidade no montante de indenizações pagas para os dois ramos estudados. Estas elevadas variabilidades sugerem que existem sinistros atípicos no período da análise, ou seja, não comumente observados na carteira. Desta forma, observou-se a necessidade de realizar uma avaliação da existência de sinistros atípicos, usualmente, denominados na área de estatística como *outliers*.

A avaliação dos valores *outliers*, apresentada a seguir, foi feita a partir da construção do gráfico Box-plot. Este gráfico é formado pelo primeiro quartil (25%), terceiro quartil (75%) e pela mediana. As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do

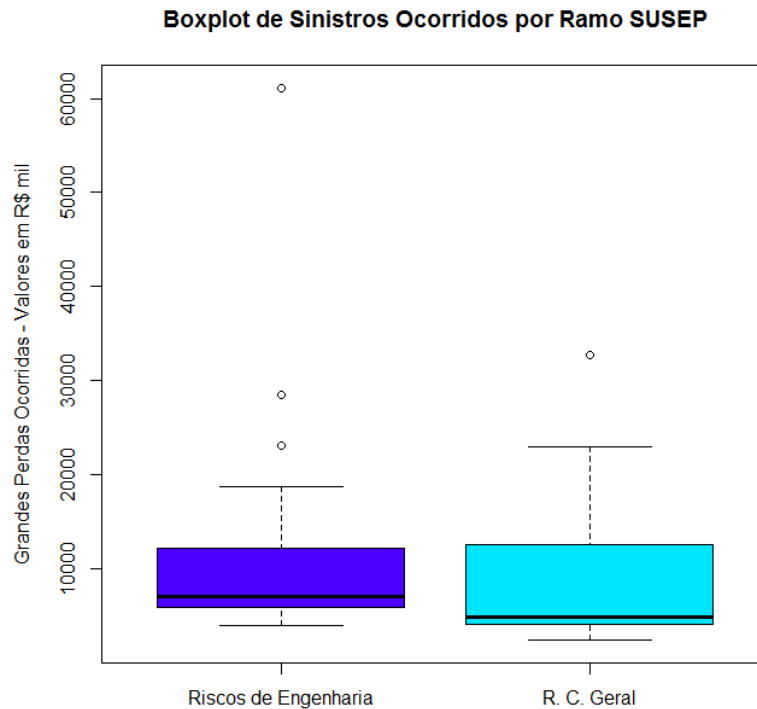
primeiro quartil (Q_1) até o menor valor não inferior ao “limite inferior” e do terceiro quartil (Q_3) até o maior valor não superior ao “limite superior”. Os limites são calculados da seguinte forma:

- Limite inferior: $Q_3 - 1,5(Q_3 - Q_1)$
- Limite superior: $Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)$

Os valores são considerados *outliers* quando estes se encontram fora dos limites mencionados acima, sendo denotados no gráfico por ponto (°).

O Gráfico nº 5 apresenta os Box-plots construídos para os sinistros ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351.

Gráfico nº 5: Box-plots das Grandes Perdas ocorridas durante o período de 2006 a 2007 pelos Ramos SUSEP 0167 e 0351.



Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

A partir desta análise feita por box-plot reafirmamos a existência de sinistros atípicos nos dois ramos estudados, uma vez que o gráfico sinaliza três grandes sinistros atípicos para o ramo de Riscos de Engenharia (R\$ 61.158 mil, R\$ 28.464 mil e R\$ 23.065 mil) e um grande sinistros atípico para o ramo de Responsabilidade Civil Geral (R\$ 32.704 mil).

Ao recalcular as medidas resumo dos sinistros ocorridos excluindo-se os valores *outliers* mencionados anteriormente é possível observar uma diminuição da variabilidade identificada no montante de indenizações pagas, conforme apresentado na Tabela nº 6. De acordo com estas medidas, podemos notar que os três sinistros atípicos excluídos da análise do ramo de Riscos de Engenharia influenciaram significativamente nos novos resultados, de modo que o coeficiente de variação passou de 105% para apenas 49%, ou seja, os desvios relativamente à média atingem agora, em média, 49% do valor desta. Já no caso do ramo de Responsabilidade Civil Geral o impacto foi menor, visto que o coeficiente de variação diminuiu apenas 10 pontos percentuais.

Tabela nº 6: Medidas resumo dos Sinistros Ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351, excluindo os valores *outliers*.

Medidas Resumo dos Ramos SUSEP 0167 e 0351 - Sem Outliers (Valores em R\$ mil)		
	Riscos de Engenharia	Responsabilidade Civil Geral
Mínimo	4.033	2.396
1º Quartil	5.661	3.900
Mediana	6.910	4.817
2º Quartil	8.241	11.178
Máximo	18.705	22.942
Média	8.081	8.264
Nº Grandes Sinistros	20	16
Desvio-Padrão	3.978	6.618
Coeficiente de Variação	0,49	0,80

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros

A partir dos resultados apresentados nesta análise descritiva podemos observar que os ramos estudados possuem diferentes características, uma vez que a magnitude de suas severidades não estão em patamares semelhantes e, portanto, nos fornecendo evidências de que possivelmente utilizar o mesmo modelo probabilístico de severidade para ambos os

ramos não seja o ideal. Desta forma, a próxima etapa deste projeto será estudar mais a fundo qual seria o melhor modelo probabilístico de severidade para estas grandes perdas e verificar se a hipótese de que ele não é único é verdadeira.

4. Modelos Probabilísticos de Severidade para Grandes Perdas

4.1 Método de Estimação de Parâmetros por Máxima Verossimilhança

Existem diversos métodos estatísticos de estimação de parâmetros que podem ser encontrados na literatura. Para este estudo de caso foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança, comumente utilizado pelo mercado financeiro. Por este método os parâmetros da distribuição de interesse são estimados através da maximização da verossimilhança definida, segundo MOOD (1974, pág. 279), como:

$$L(\theta, x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f_X(x_i|\theta)$$

Sendo x_i as n observações independentes da variável X , θ os parâmetros a serem estimados e f_X a função densidade de probabilidade da variável X .

Deste modo, o estimador θ_{MLE} que maximiza a verossimilhança é definido como:

$$\theta_{MLE} = \arg \max_{\theta \in \Theta} L(\theta, x_1, \dots, x_n)$$

4.2 Teste Kolmogorov – Smirnov (KS)

O teste de *Kolmogorov – Smirnov* é um teste não paramétrico para igualdade de distribuição de probabilidade contínua, que pode ser utilizado para comparar uma amostra com uma distribuição de probabilidade de referência, ou para comparar duas amostras.

A escolha da utilização deste teste no estudo de caso deve-se ao fato de estarmos trabalhando com dados contínuos e de não haver necessidade de assumir que este conjunto

de dados segue uma distribuição específica, uma vez que trata-se de um teste não paramétrico, além disso este é um teste amplamente utilizado no mercado de seguros.

Neste estudo de caso, o teste KS será utilizado para comparar se as amostras (grandes sinistros dos ramos 0167 e 0531) possuem distribuição de probabilidade semelhante às distribuições de interesse (Lognormal, Weibull e Pareto Generalizada).

A estatística de *Kolmogorov-Smirnov* quantifica uma distância entre a função de distribuição empírica da amostra ($F_1(x_i)$) e a função de distribuição cumulativa da distribuição de referência ($F_0(x_i)$).

A hipótese nula do teste é de que a amostra possui distribuição semelhante à da distribuição de referência ($H_0: F_1 = F_0$). E a hipótese alternativa que estamos utilizando é de que a amostra não possui a distribuição de referência ($H_1: F_1 \neq F_0$).

Segundo MOOD (1974, pág. 508), a estatística do teste KS é calculada de acordo com a seguinte fórmula (definida como D):

$$D = \sup_{1 \leq i \leq n} |F_1(x_i) - F_0(x_i)|$$

O jeito mais simples de observar se rejeitamos ou não a hipótese nula é pelo p-valor que o teste estatístico KS nos fornece, se este valor é maior do que o nível de significância α (probabilidade do erro tipo I), nós não rejeitamos a hipótese nula. Neste estudo de caso iremos considerar $\alpha = 0,05$.

4.3 Distribuição Lognormal

A primeira distribuição que será estudada neste projeto é a distribuição Lognormal, a qual é constituída por dois parâmetros (biparamétrica) e sua principal característica refere-se ao fato de que o logaritmo natural da variável aleatória tem distribuição Normal, ou seja, se X é uma variável aleatória positiva e Y é uma variável aleatória definida por $Y = \ln(X)$ com distribuição Normal, então X tem distribuição Lognormal.



Notação: $X \sim \text{LN}(\mu, \sigma^2)$

Esta distribuição é uma distribuição positivamente assimétrica que, de acordo com PACHECO (2014, pág. 75), tem a capacidade de se ajustar com bom desempenho aos dados de sinistros que podem assumir grande severidade.

Segundo MOOD (1974, pág. 117), a função densidade de probabilidade de uma distribuição Lognormal é definida por:

$$f(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

E a função cumulativa de probabilidade da distribuição, de acordo com FERREIRA (2002, pág. 50), é representada por:

$$F_X(x) = P\left(Z < \frac{\ln X - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\ln X - \mu}{\sigma}\right)$$

Onde:

- $\mu \in \mathcal{R}$: Representa o parâmetro de localização (*location*);
- $\sigma > 0$: Representa o parâmetro de escala (*scale*);
- $x \in (0, +\infty)$: Representa uma variável aleatória positiva.

A média e variância da distribuição são definidas pelas seguintes formulações:

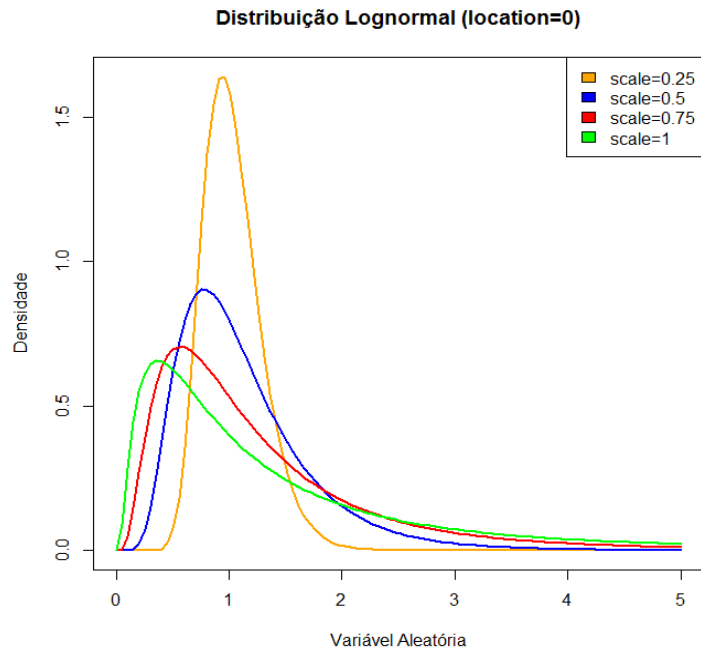
- Média = $E[X] = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$
- Variância = $Var[X] = e^{2\mu + 2\sigma^2} - e^{2\mu + \sigma^2}$

Com a finalidade de entender melhor o efeito que a alteração destes parâmetros ocasiona na função densidade de probabilidade da distribuição Lognormal, foram realizadas simulações, as quais são apresentadas nos gráficos a seguir.

O Gráfico nº6 mostra a função de densidade da Lognormal, para diferentes valores de σ , mantendo o parâmetro μ constante e igual a 0 (zero). O Gráfico nº7 mostra a função de

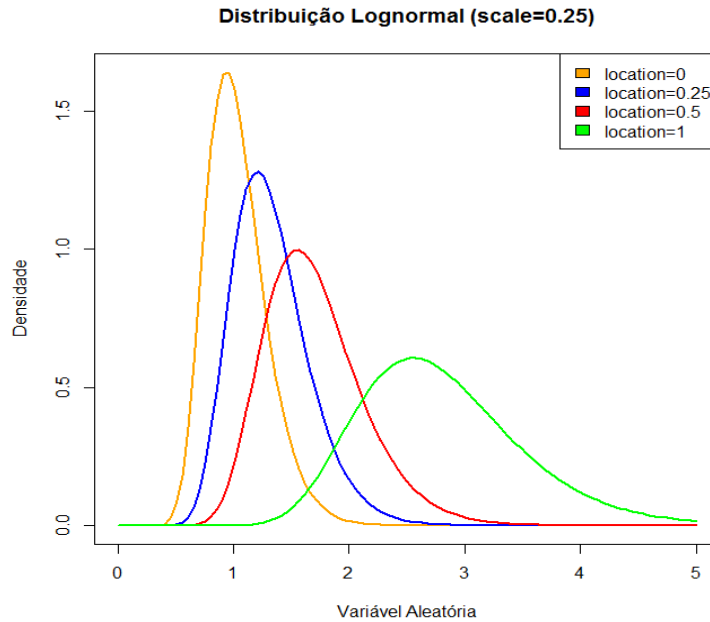
densidade da Lognormal, para diferentes valores de μ , mantendo o parâmetro σ . constante e igual a 0,25.

Gráfico nº 6: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Lognormal, mantendo o parâmetro μ constante.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

Gráfico nº 7: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Lognormal, mantendo o parâmetro σ constante.



Fonte: *Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).*

4.3.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Lognormal a partir do ajuste das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Riscos de Engenharia. Conforme mencionado na seção 4.1, para este estudo de caso foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança, o qual é comumente utilizado pelo mercado financeiro.

Assim as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão são apresentadas na Tabela nº7.

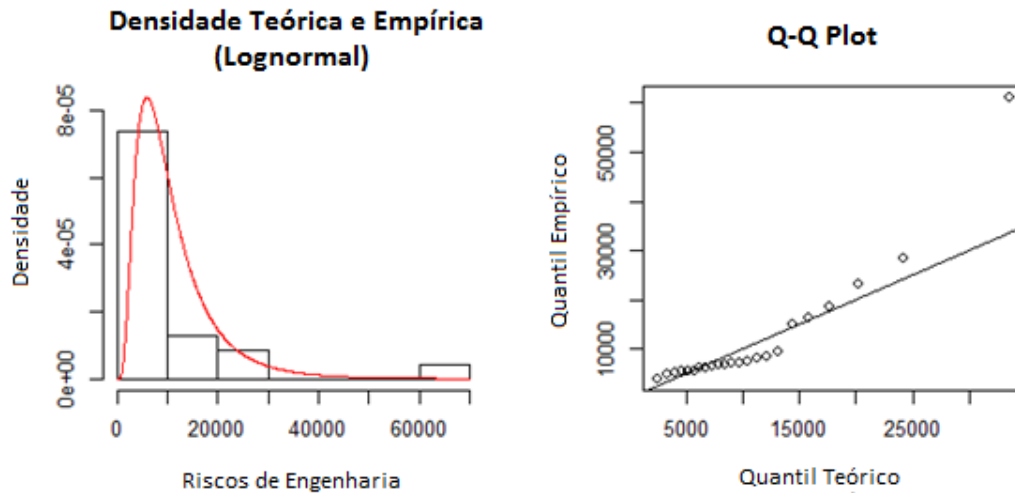
Tabela nº 7: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Lognormal a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
-----------	------------	---------------

$\hat{\mu}$	9,1097430	0,13552407
$\hat{\sigma}$	0,6499506	0,09582897

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 1: Gráfico da função densidade de probabilidade da Lognormal ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.



Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Na Figura nº 1 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Lognormal e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0167. Os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Lognormal é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 2 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0167 se ajustaram adequadamente a distribuição da Lognormal, ou seja, testar a adequação dos parâmetros estimados. A descrição do teste pode ser encontrada na seção 4.2 deste relatório.

Figura nº 2: Teste KS (Lognormal) para o ramo 0167.

Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)

Distribuição: Lognormal
Ramo: Riscos de Engenharia

D = 0.2349, p-value = 0.134

Hipótese nula (H0): $F1 = F0$
Hipótese alternativa (H1): $F1 \neq F0$

Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

O teste KS permite concluir que a distribuição Lognormal biparamétrica com os parâmetros $\sigma = 0,6499506$ e $\mu = 9,1097430$ fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0167, uma vez que o p-valor do teste mostrou-se ser superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

4.3.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Lognormal a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Responsabilidade Civil Geral. Conforme mencionado anteriormente, foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança.

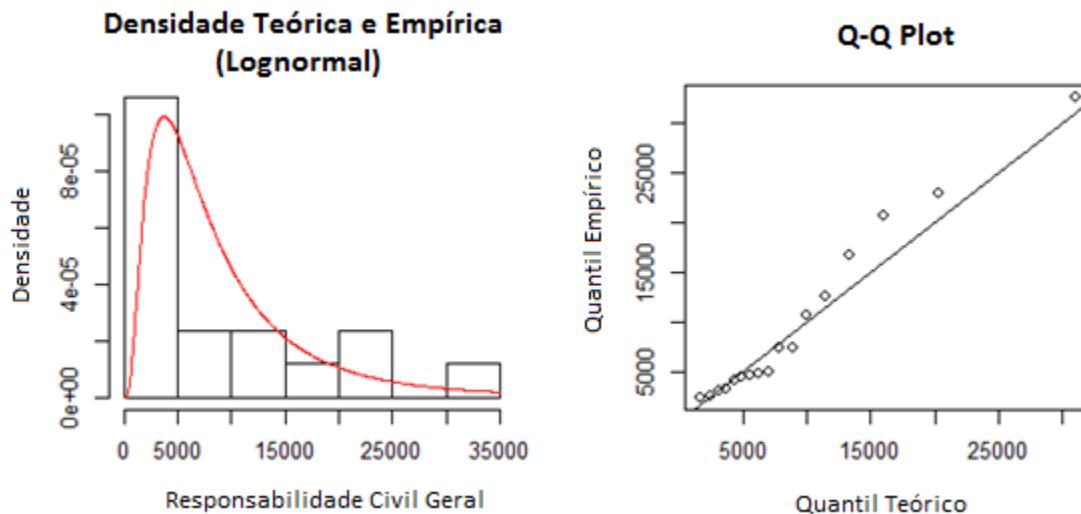
Assim as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão são apresentadas na Tabela nº8.

Tabela nº 8: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Lognormal a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
$\hat{\mu}$	8,8496161	0,1920322
$\hat{\sigma}$	0,7917689	0,1357863

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 3: Gráfico da função densidade de probabilidade da Lognormal ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.



Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Na Figura nº 3 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Lognormal e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0351. Assim como para o ramo de Riscos de Engenharia, os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Lognormal é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 4 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0351 se ajustaram adequadamente a distribuição da Lognormal, ou seja, testar a adequação dos parâmetros estimados.

Figura nº 4: Teste KS (Lognormal) para o ramo 0351.

Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)
Distribuição: Lognormal
Ramo: Responsabilidade Civil Geral
D = 0.1986, p-value = 0.4555
Hipótese nula (H0): F1 = F0
Hipótese alternativa (H1): F1 ≠ F0

Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Assim como para as grandes perdas do ramo 0167, o teste KS permite concluir ao nível de significância de 5% que a distribuição Lognormal biparamétrica com os parâmetros $\sigma = 0,7917689$ e $\mu = 8,8496161$ fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0351. Entretanto, observamos que o p-valor do teste KS para o ramo 0351 é superior ao p-valor do teste KS para o ramo 0167, o que mostra que o teste aceitou mais facilmente a hipótese de que as grandes perdas do ramo 0351 possuem distribuição Lognormal.

4.4 Distribuição Gama Generalizada

A distribuição Gama Generalizada é uma distribuição positiva assimétrica, constituída por três parâmetros (triparamétrica) e por este fato, segundo PACHECO (2014, pág. 62), esta distribuição apresenta boa flexibilidade de ajuste aos dados de sinistros.

Notação: $X \sim GG(a, \beta, p)$

Sua função densidade de probabilidade, de acordo com KLEIBER (2003, pág. 148), é descrita pelas seguintes expressões algébricas:

$$f(x) = \frac{a}{\beta^{ap}\Gamma(p)} x^{ap-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^a}, \text{ tal que } \Gamma(p) = \int_0^{\infty} u^{p-1} e^{-u} du$$

Onde:

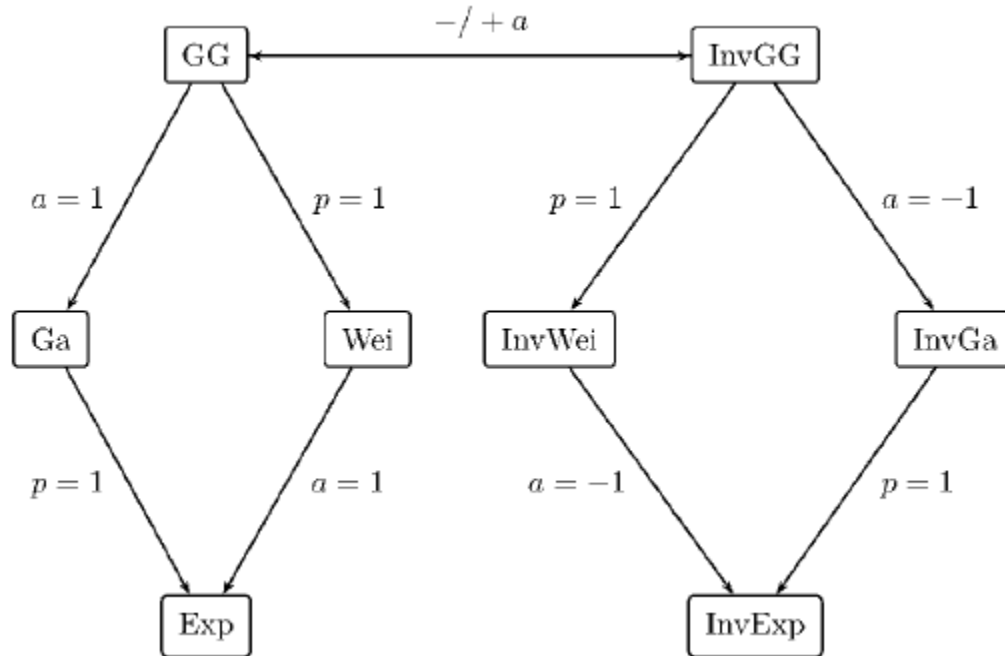
- $a, p > 0$: Representam os parâmetros de forma (*shape*);
- $\beta > 0$: Representa o parâmetro de escala (*scale*);
- $x \in (0, +\infty)$: Representa uma variável aleatória positiva.

A distribuição Gama Generalizada é uma família bastante flexível de distribuições, a qual inclui muitas distribuições que foram originadas a partir dela, sendo estas denominadas casos especiais ou limitados. KLEIBER (2003, pág. 148) descreve como obter estes casos:

- A distribuição Gama é obtida por $a = 1$ e; conseqüentemente, se $X \sim GG(a, \beta, p)$, então $X^{1/a} \sim Ga(\beta, p)$. Particularmente, a distribuição qui-quadrado com ν graus de liberdade é obtida por $a = 1$ e $p = \nu/2$.
- A distribuição Gama Inversa (ou Vinci) é obtida por $a = -1$.
- $p = 1, a > 0$ origina a distribuição Weibull.
- $p = 1, a < 0$ origina a distribuição Weibull Inversa (também conhecida como distribuição log-Gompertz).
- $a = p = 1$ origina a distribuição exponencial.
- $a = -1, p = 1$ origina a distribuição exponencial inversa.
- $a = 2, p = 1/2$ origina a distribuição normal truncada.

A Figura nº 5, apresentada a seguir, sumariza as inter-relações entre as distribuições mais populares citadas acima.





Fonte: KLEIBER, Christian. *Statistical Size Distributions in Economics and Actuarial Sciences*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003, pág. 148.

Figura nº 5: Distribuição Gama Generalizada e suas inter-relações: distribuição gama generalizada (GG), distribuição gama generalizada inversa (InvGG), distribuição gama (Ga), distribuição Weibull (Wei), Weibull inversa (InvWei), distribuição gama inversa (InvGa), distribuição exponencial (Exp) e distribuição exponencial inversa (InvExp).

- **Distribuição Weibull**

Neste projeto será estudada a distribuição biparamétrica de Weibull que, como vimos anteriormente, é um dos casos particulares da distribuição Gama Generalizada, no caso de $p = 1$ e $a > 0$.

Notação: $X \sim \text{Wei}(a, \beta)$

A função densidade de probabilidade da distribuição Weibull, segundo KLEIBER (2003, pág. 174), é definida por:



$$f(x) = \frac{a}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{a-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^a}$$

E a função cumulativa de probabilidade da distribuição, de acordo com KLEIBER (2003, pág. 174), é representada por:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^a}$$

Onde:

- $a > 0$: Representa o parâmetro de forma (*shape*);
- $\beta > 0$: Representa o parâmetro de escala (*scale*);
- $x \in (0, +\infty)$: Representa uma variável aleatória positiva.

A média e variância da distribuição são definidas pelas seguintes formulações:

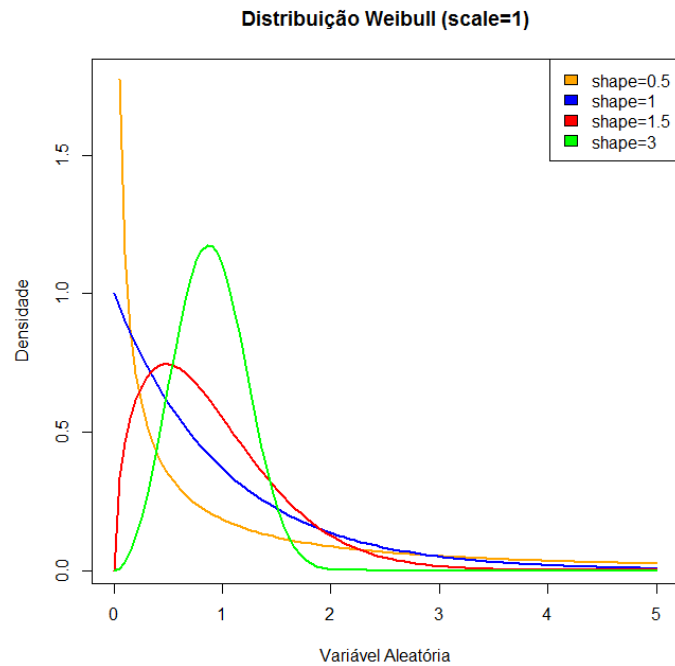
- *Média* = $E[X] = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right)$
- *Variância* = $Var[X] = \beta^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right) \right]^2 \right\}$

Com a finalidade de entender melhor o efeito que a alteração destes parâmetros ocasiona na função densidade de probabilidade da distribuição Weibull, foram realizadas simulações, as quais são apresentadas nos gráficos a seguir.

O Gráfico nº 8 mostra a função de densidade da Weibull, para diferentes valores de a , mantendo o parâmetro β constante e igual a 1 (um). O Gráfico nº 9 mostra a função de densidade da Weibull, para diferentes valores de β , mantendo o parâmetro a constante e igual a 3 (três).

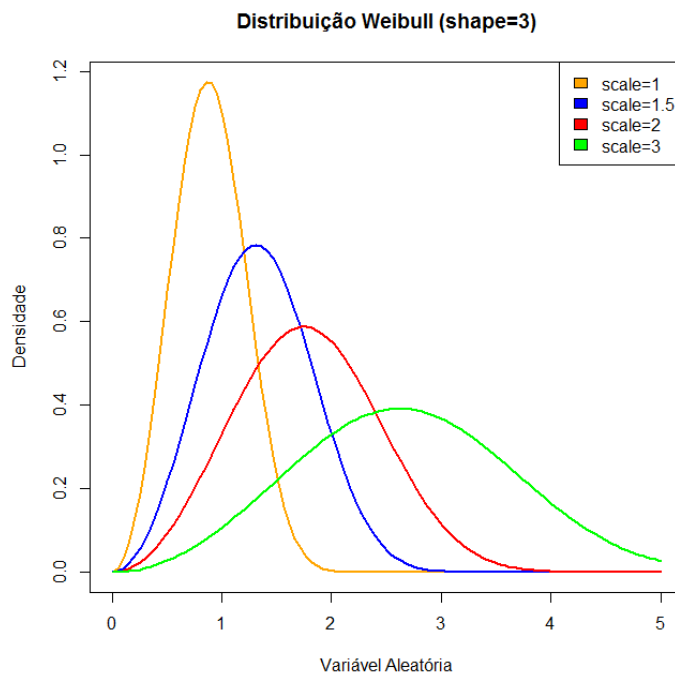


Gráfico nº 8: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Weibull, mantendo o parâmetro β constante.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

Gráfico nº 9: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Weibull, mantendo o parâmetro α constante.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

4.4.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Riscos de Engenharia. Conforme mencionado anteriormente, foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança, o qual é comumente utilizado pelo mercado financeiro.

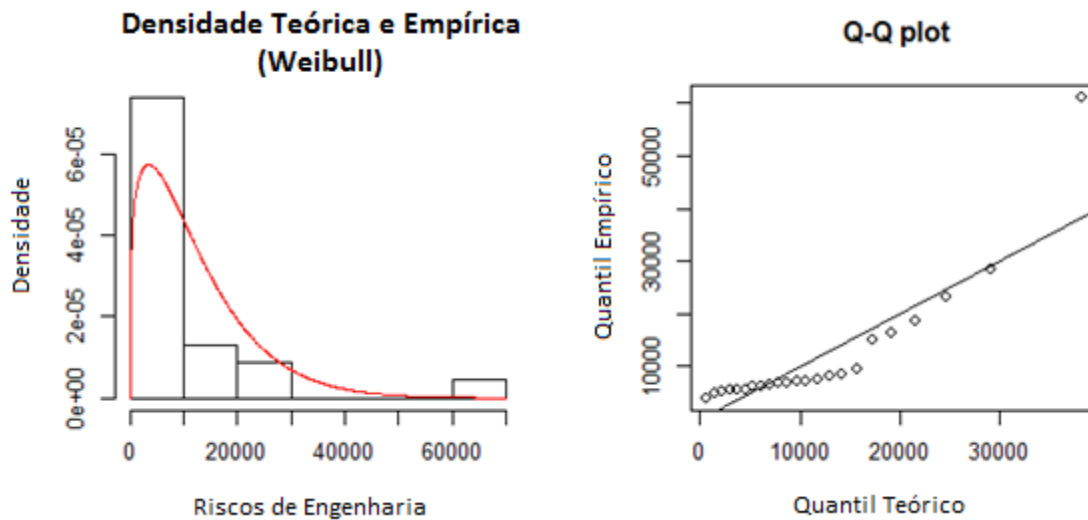
A tabela a seguir apresenta as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão.

Tabela nº 9: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
$\hat{\alpha}$	1,242791	0,1746279
$\hat{\beta}$	1.2973,4094	2.353,9186

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 6: Gráfico da função densidade de probabilidade da Weibull ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.



Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Na Figura nº 6 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Weibull e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0167. Os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Weibull é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 7 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0167 se ajustaram adequadamente a distribuição da Weibull.

Figura nº 7: Teste KS (Weibull) para o ramo 0167.

Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)
Distribuição: Weibull
Ramo: Riscos de Engenharia
D = 0.2497, p-value = 0.0947
Hipótese nula (H0): $F1 = F0$
Hipótese alternativa (H1): $F1 \neq F0$

Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

O resultado do teste KS permite concluir ao nível de significância de 5% que a distribuição Weibull biparamétrica com os parâmetros $a = 1,242791$ e $\beta = 1.2973,4094$ fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0167. Entretanto, observamos que o p-valor do teste KS efetuado para o ramo 0167 utilizando-se a distribuição Lognormal (p-valor = 0.134) foi superior ao p-valor do teste KS realizado utilizando a distribuição Weibull (p-valor = 0,0947), o que mostra que a distribuição Lognormal é mais adequada do que a distribuição Weibull para ajustar as grandes perdas observadas neste conjunto de dados.

4.4.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Responsabilidade Civil Geral. Conforme mencionado anteriormente, foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança.

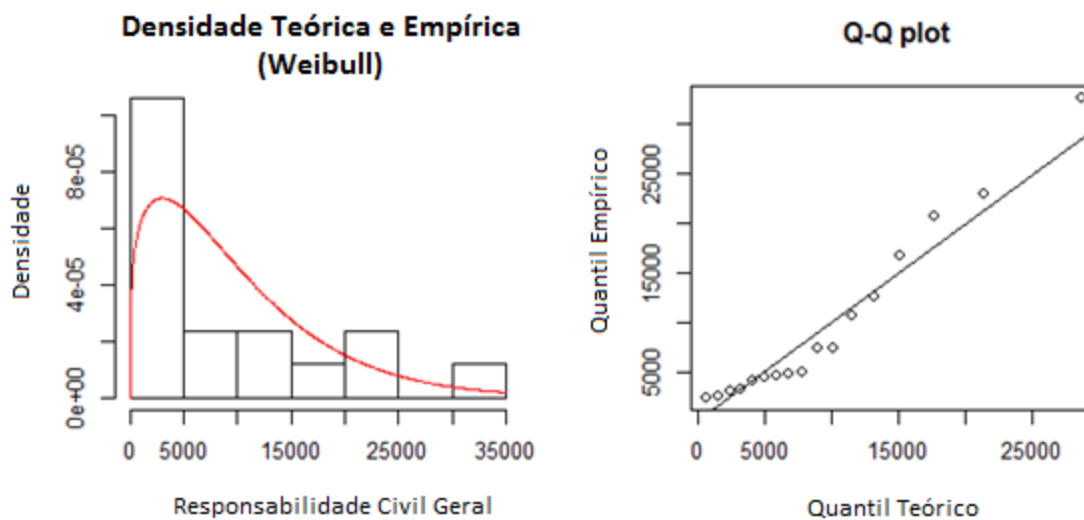
Assim as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão são apresentadas na Tabela nº10.

Tabela nº 10: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Weibull a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
$\hat{\alpha}$	1,256723	0,2264985
$\hat{\beta}$	10.518,5757	2.127,7427

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 8: Gráfico da função densidade de probabilidade da Weibull ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.



Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Na Figura nº 8 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Weibull e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0351. Assim como para o ramo de Riscos de Engenharia, os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Weibull é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 9 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0351 se ajustaram adequadamente a distribuição da Weibull.

Figura nº 9: Teste KS (Weibull) para o ramo 0351.

Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)
Distribuição: Weibull
Ramo: Responsabilidade Civil Geral
D = 0.21, p-value = 0.3874
Hipótese nula (H0): $F1 = F0$
Hipótese alternativa (H1): $F1 \neq F0$

Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

O resultado do teste KS permite concluir ao nível de significância de 5% que a distribuição Weibull biparamétrica com os parâmetros $a = 1,256723$ e $\beta = 10.518,5757$ fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0351. Entretanto, assim como no caso das grandes perdas do ramo 0167, observamos que o p-valor do teste KS efetuado utilizando-se a distribuição Lognormal (p-valor = 0.4555) foi superior ao p-valor do teste KS realizado utilizando a distribuição Weibull (p-valor = 0,3874), o que mostra que a distribuição Lognormal é mais adequada do que a distribuição Weibull para ajustar as grandes perdas observadas nestes conjuntos de dados.

4.5 Distribuição Beta Generalizada

A distribuição Beta Generalizada que será apresentada neste projeto é conhecida como Beta Generalizada Tipo II, a qual é constituída por quatro parâmetros (tetraparamétrica) e considerada, segundo PACHECO (2014, pág. 65), ainda mais flexível em ajustar-se aos dados de severidades de sinistros do que a distribuição gama generalizada (triparamétrica).

Notação: $X \sim \text{GB2}(a, \beta, p, q)$

Sua função densidade de probabilidade, de acordo com KLEIBER (2003, pág. 184), é descrita pelas seguintes expressões algébricas:

$$f(x) = \frac{ax^{ap-1}}{\beta^{ap} B(p,q)[1+(x/\beta)^a]^{p+q}}, \text{ tal que } B_x(p,q) = \int_0^x u^{p-1}(1-u)^{q-1} du$$

Onde:

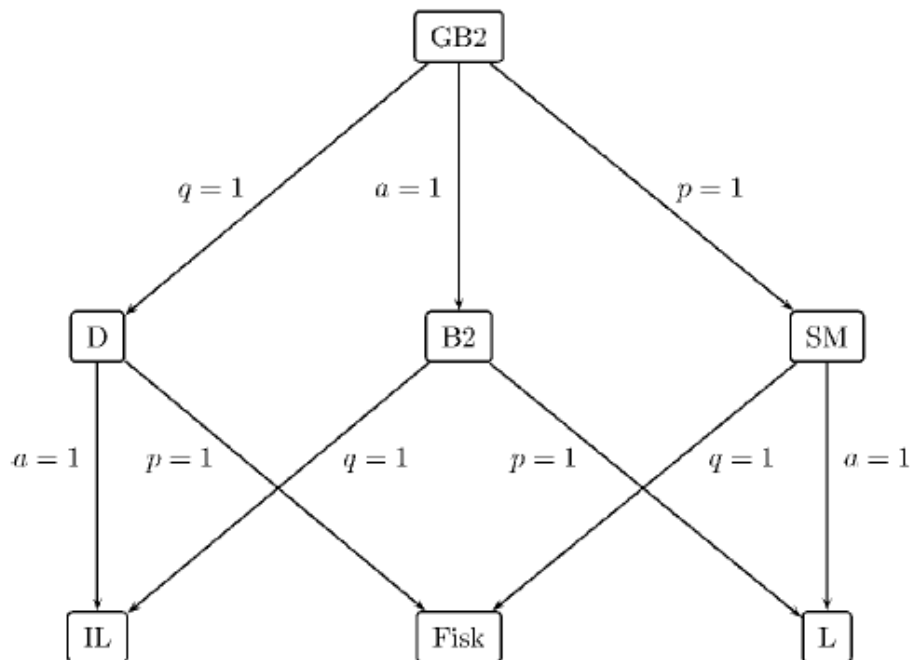
- $\beta > 0$: Representa o parâmetro de escala (*scale*);
- $a, p, q > 0$: Representam os parâmetros de forma (*shape*);
- $x \in (0, +\infty)$: Representa uma variável aleatória positiva.

Assim como a Gama Generalizada, a distribuição Beta Generalizada é uma família bastante flexível de distribuições, a qual inclui muitas distribuições que foram originadas a partir dela, sendo estas denominadas casos especiais ou limitados. KLEIBER (2003, pág. 186) descreve como obter estes casos:

- A distribuição Singh-Maddala é obtida por $p = 1$;
- A distribuição Dagum é obtida por $q = 1$;
- A distribuição Beta tipo II é obtida por $a = 1$;
- A distribuição Fisk (ou log-logistic) é obtida por $p = q = 1$;
- A distribuição Lomax (ou Pareto Generalizada tipo II) é obtida por $a = p = 1$;
- A distribuição Lomax Inversa é obtida por $a = q = 1$.



A Figura nº 10, apresentada a seguir, sumariza as inter-relações entre as distribuições citadas acima.



Fonte: KLEIBER, Christian. *Statistical Size Distributions in Economics and Actuarial Sciences*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003, pág. 188.

Figura nº 10: Distribuição Beta Generalizada e suas inter-relações: distribuição beta generalizada tipo II (GB2), distribuição Dagum (D), distribuição beta tipo II (B2), distribuição Singh-Maddala (SM), distribuição Lomax Inversa (IL), distribuição Fisk (Fisk) e distribuição Lomax (L).

- **Distribuição Pareto Generalizada (ou Pareto II)**

Neste projeto será estudada a distribuição Pareto Generalizada que, como vimos anteriormente, é um dos casos particulares da distribuição Beta Generalizada, no caso de $a = p = 1$. Segundo MATOS (2012, pág. 14), a distribuição de Pareto Generalizada é amplamente utilizada como a distribuição limite dos excessos além de um limiar.

Notação: $X \sim \text{GPD}(\beta, q)$



A função densidade de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, segundo EMBRECHTS (1997, pág. 357), é definida por:

$$f(x) = \frac{q}{\beta} \left(1 + q \frac{x}{\beta}\right)^{-\frac{1}{q}-1}, \quad x \in D(\beta, q)$$

Onde:

$$D(\beta, q) = \begin{cases} [0, \infty) & \text{se } q \geq 0, \\ \left[0, -\frac{\beta}{q}\right] & \text{se } q < 0, \end{cases}$$

E a função cumulativa de probabilidade da distribuição, de acordo com KLEIBER (2003, pág. 226), é representada por:

$$F(x) = 1 - \left[1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)\right]^{-q}$$

Onde:

- $\beta > 0$: Representa o parâmetro de escala (*scale*);
- $q > 0$: Representa o parâmetro de forma (*shape*);
- $x \in (0, +\infty)$: Representa uma variável aleatória positiva.

A média e variância da distribuição são definidas pelas seguintes formulações:

- Média = $E[X] = \begin{cases} \frac{\beta}{1-q}, & \text{se } q < 1 \\ \infty, & \text{se } q \geq 1 \end{cases}$
- Variância = $Var[X] = \begin{cases} \frac{\beta^2}{(1-q)^2(1-2q)}, & \text{se } q < 0,5 \\ \infty, & \text{se } q \geq 0,5 \end{cases}$

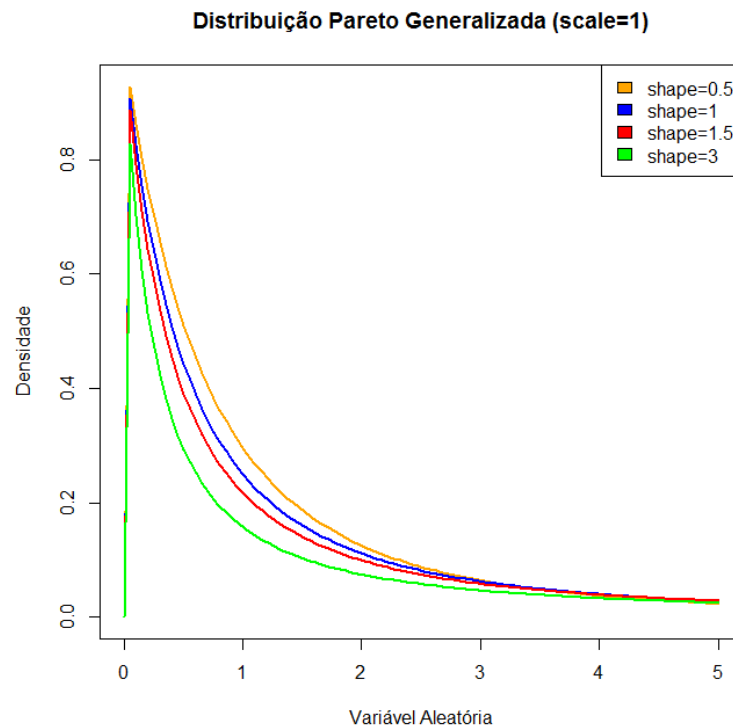
Com a finalidade de entender melhor o efeito que a alteração destes parâmetros ocasiona na função densidade de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, foram realizadas simulações, as quais são apresentadas nos gráficos a seguir.

O Gráfico n° 10 mostra a função de densidade da Pareto II para diferentes valores de q , mantendo o parâmetro β constante e igual a 1 (um). O Gráfico n° 11 mostra a função de



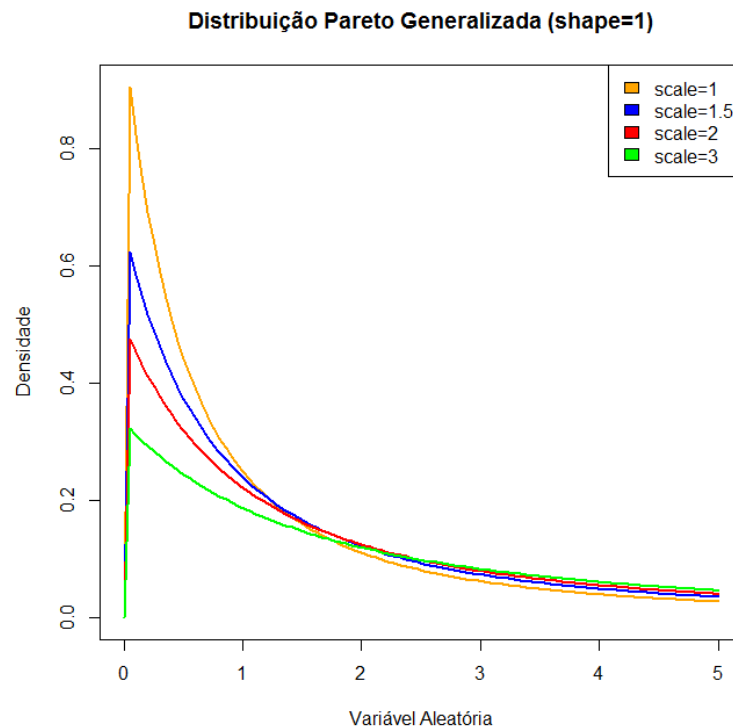
densidade da Pareto II, para diferentes valores de β , mantendo o parâmetro q constante e igual a 1 (um).

Gráfico nº 10: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo o parâmetro β constante.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

Gráfico nº 11: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo o parâmetro q constante.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

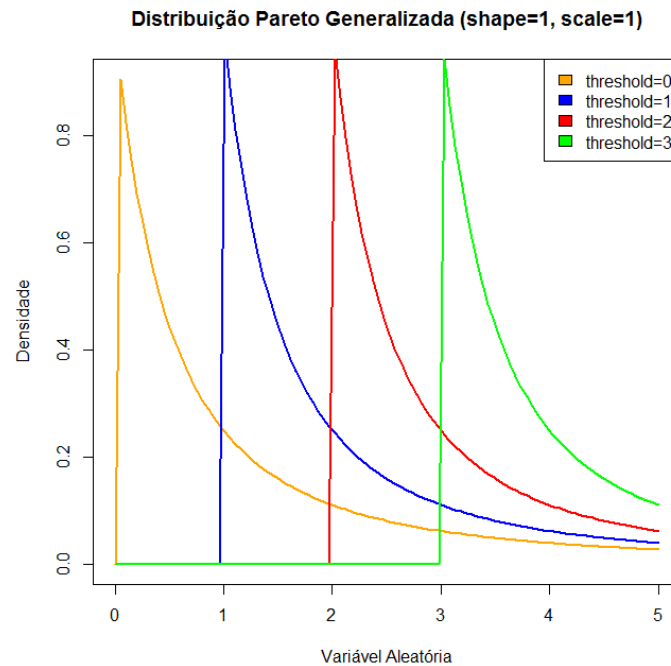
De acordo com KLEIBER (2003, pág. 359), é possível introduzir o parâmetro de localização (*threshold*) na GPD substituindo o x por $(x - \mu)$, onde $\mu \in \mathcal{R}$. Desta forma, a distribuição torna-se triparamétrica.

Notação \sim GPD (β, q, μ)

Com a finalidade de entender melhor o efeito que a alteração do parâmetro *threshold* ocasiona na função densidade de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, foram realizadas simulações, as quais são apresentadas nos gráficos a seguir.

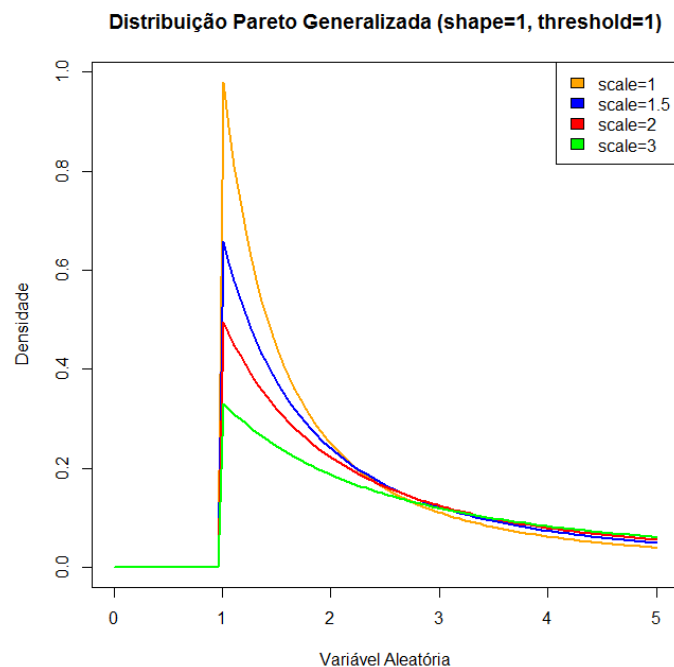
O Gráfico nº 12 mostra a função de densidade da Pareto II para diferentes valores de μ , mantendo os parâmetros β e q constantes e iguais a 1 (um). O Gráfico nº 13 mostra a função de densidade da Pareto II, para diferentes valores de β , mantendo o parâmetro μ e q constantes e iguais a 1 (um).

Gráfico nº 12: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo os parâmetros β e q constantes.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

Gráfico nº 13: Funções de densidades de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada, mantendo os parâmetros μ e q constantes.



Fonte: Elaboração própria efetuada via simulações no software R (vide Anexo III).

4.5.1 Parametrização ramo 0167 (Riscos de Engenharia)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Riscos de Engenharia. Conforme mencionado anteriormente, foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança.

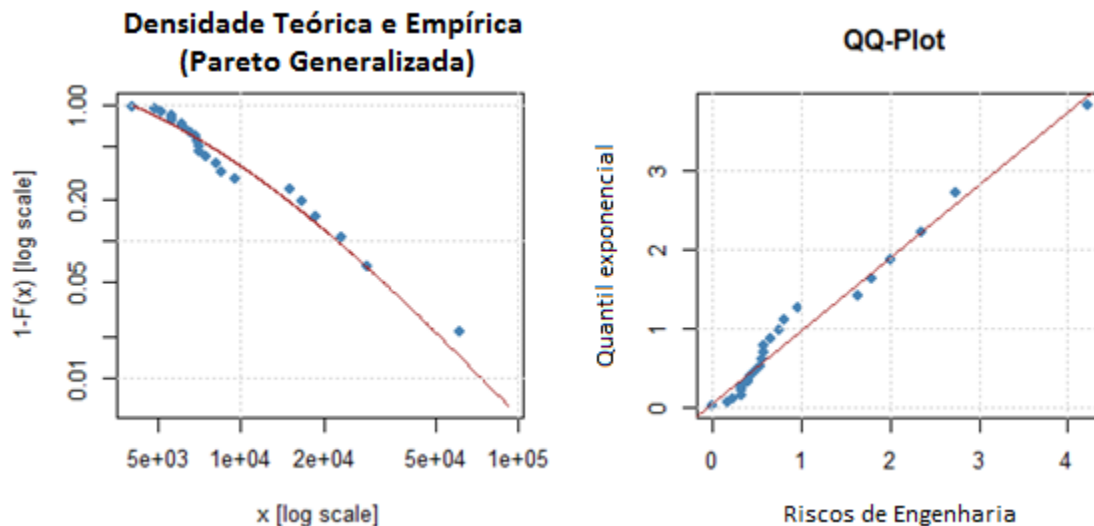
A tabela a seguir apresenta as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão. É importante salientar que o parâmetro de localização μ (*threshold*) foi estabelecido previamente pelo Ressegurador através de estudos técnicos realizados com base nas características de seu portfólio.

Tabela nº 11: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0167 (Riscos de Engenharia).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
μ	4.033	-
$\hat{\beta}$	4.525,9161	1.575,22
\hat{q}	0,4487567	0,2872887

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 11: Gráfico da função densidade de probabilidade da Pareto Generalizada ajustada ao ramo 0167 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.



Fonte: Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).

Na Figura nº 11 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0167. Os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Pareto Generalizada é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 12 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0167 se ajustaram adequadamente a distribuição Pareto Generalizada.

Figura nº 12: Teste KS (Pareto Generalizada) para o ramo 0167.

Teste Kolmogorov-Smirnov (KS)
Distribuição: Pareto Generalizada
Ramo: Riscos de Engenharia
D = 0.1509, p-value = 0.206
Hipótese nula (H0): $F_1 = F_0$
Hipótese alternativa (H1): $F_1 \neq F_0$

Fonte: Elaboração própria, utilização do software SAS (vide Anexo III).

O resultado do teste KS permite concluir ao nível de significância de 5% que a distribuição Pareto Generalizada triparamétrica com os parâmetros $\mu = 4.033$, $\beta = 4.525,9161$ e $q = 0,4487567$ nos fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0167.

Adicionalmente, quando comparamos estes resultados aos obtidos nos testes KS efetuados para o ramo 0167 utilizando a distribuição Lognormal (p-valor = 0.134) e utilizando a distribuição Weibull (p-valor = 0,0947), observamos que a distribuição Pareto Generalizada é a mais adequada para ajustar as grandes perdas observadas deste conjunto de dados, uma vez que o teste KS forneceu o maior p-valor (0,206).

4.5.2 Parametrização ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)

A seguir serão apresentados os parâmetros estimados da distribuição Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador durante o período de 2006 a 2007 referentes ao ramo de Responsabilidade Civil Geral. Conforme mencionado anteriormente, foi escolhido o Método de Estimação por Máxima Verossimilhança.

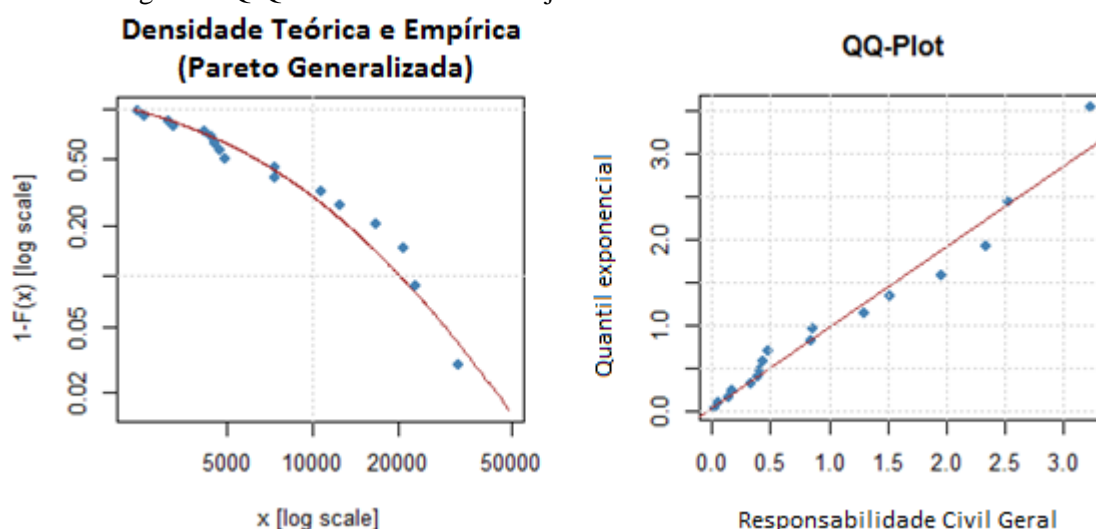
A tabela a seguir apresenta as estimativas de máxima verossimilhança e seus respectivos erros padrão. É importante salientar que o parâmetro de localização μ (*threshold*) foi estabelecido previamente pelo Ressegurador através de estudos técnicos realizados com base nas características de seu portfólio.

Tabela nº 12: Estimativas de máxima verossimilhança para os parâmetros da Pareto Generalizada a partir das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente ao ramo 0351 (R. C. Geral).

Estimador	Estimativa	Desvio Padrão
μ	2.300	-
$\hat{\beta}$	5.140,9002	2.481,8387
\hat{q}	0,3416221	0,4313057

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de resseguros. Utilização do software R (vide Anexo III).

Figura nº 13: Gráfico da função densidade de probabilidade da Pareto Generalizada ajustada ao ramo 0351 e gráfico Q-Q Plot dos resíduos do ajuste.

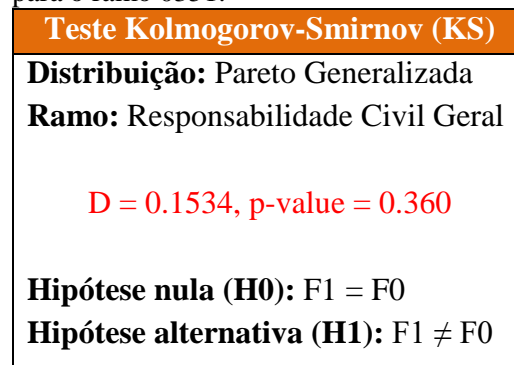


Fonte: *Elaboração própria, utilização do software R (vide Anexo III).*

Na Figura nº 13 são apresentados o gráfico da função densidade de probabilidade da distribuição Pareto Generalizada e o gráfico QQ-Plot residual referente ao ajuste efetuado com o conjunto de dados do ramo 0351. Os gráficos apresentados nesta figura indicam que o ajuste efetuado pela distribuição Pareto Generalizada é adequado, exceto no caso de alguns sinistros que se distanciaram da distribuição de referência, conforme observado no Q-Q Plot.

A Figura nº 14 apresenta o resultado do teste estatístico Kolmogorov Smirnov, o qual foi realizado com a finalidade de verificar se as grandes perdas do ramo 0351 se ajustaram adequadamente a distribuição Pareto Generalizada.

Figura nº 14: Teste KS (Pareto Generalizada) para o ramo 0351.



Fonte: *Elaboração própria, utilização do software SAS (vide Anexo III).*

O resultado do teste KS permite concluir ao nível de significância de 5% que a distribuição Pareto Generalizada triparamétrica com os parâmetros $\mu = 2.300$, $\beta = 5.140,9002$ e $q = 0,3416221$ nos fornece um bom modelo para a distribuição das grandes perdas do ramo 0167.

Entretanto, quando comparamos estes resultados aos obtidos nos testes KS efetuados para o ramo 0351 utilizando a distribuição Lognormal (p-valor = 0.4555) e utilizando a distribuição Weibull (p-valor = 0,3874), observamos que a distribuição Pareto Generalizada foi considerada a menos adequada para ajustar as grandes perdas observadas deste ramo, uma vez que o teste KS forneceu o menor p-valor (0,360). Tendo em vistas os resultados

obtidos nos testes, a distribuição que melhor se ajusta a este conjunto de dados é a distribuição Lognormal.

5. Considerações Finais

Um bom processo de precificação é fundamental para uma companhia de Seguros/Resseguros, uma vez que ao precificar corretamente suas apólices, a entidade está garantindo para a sociedade uma reposição dos prejuízos e a continuidade da produção. Além disso, em decorrência das normas regulatórias de solvência, do aumento da concorrência e da piora nas perspectivas dos cenários macroeconômicos, as Seguradoras e Resseguradoras se depararam com a necessidade de aprimorar seus processos de precificação, de modo com que estes se tornassem mais assertivos e eficientes na precificação de suas carteiras de riscos.

Desta forma, o principal objetivo desta monografia foi realizar um estudo de caso que permitisse avaliar, através de modelos probabilísticos de severidade que melhor se adequassem as grandes perdas e, conseqüentemente, aprimorasse o processo de precificação destes sinistros. Adicionalmente, neste projeto identificamos o risco envolvido no processo de precificação, o qual é denominado Risco de Subscrição e como visto anteriormente, é definido como sendo o risco de perda ou mudança adversa no valor das provisões, devido à inadequação da precificação e das hipóteses utilizadas no provisionamento.

Conforme mencionado anteriormente, este projeto utilizou como objeto de estudo as informações de prêmios emitidos e sinistros ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas a um determinado Ressegurador referente aos ramos SUSEP 0167 (Riscos de Engenharia) e 0351 (Responsabilidade Civil Geral).

No início deste relatório foram identificadas as coberturas oferecidas pelos seguros dos ramos estudados e verificado a existência de altas sinistralidades e elevado grau de competitividade das companhias de seguros em relação à comercialização dos mesmos, evidenciando a necessidade das sociedades seguradoras serem mais assertivas e adequarem seus níveis de prêmios as suas carteiras de riscos.



No estudo de caso, identificamos como possíveis modelos probabilísticos de severidade as distribuições biparamétrica Lognormal e Weibull, e a distribuição triparamétrica Pareto Generalizada. Os parâmetros dos modelos propostos foram obtidos através do método estatístico para estimação denominado máxima verossimilhança.

A fim de verificar qual dos modelos probabilísticos é o mais adequado para os conjuntos de dados, foram realizados testes de adequação dos parâmetros, os quais foram efetuados através do método estatístico não paramétrico denominado Kolmogorov Smirnov.

Os resultados dos testes efetuados para as grandes perdas observadas do ramo 0167 (Riscos de Engenharia) mostraram que a distribuição Pareto Generalizada triparamétrica com os parâmetros $\mu = 4.033$, $\beta = 4.525,9161$ e $q = 0,4487567$ é a mais adequada dentre as três estudadas, uma vez que o teste KS efetuado com esta distribuição forneceu o maior p-valor observado (0,206). Entretanto, para as grandes perdas observadas do ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral), os resultados dos testes efetuados mostraram que a distribuição Lognormal biparamétrica com os parâmetros $\sigma = 0,7917689$ e $\mu = 8,8496161$ é a mais adequada dentre as três estudadas, uma vez que o teste KS efetuado com esta distribuição forneceu o maior p-valor observado (0.4555).

A partir das análises efetuadas neste projeto, pode-se concluir que não existe um único modelo probabilístico que seja adequado para ajustar as grandes perdas, sendo fundamental os Seguradores e Resseguradores analisarem os sinistros avisados levando-se em consideração as características de cada ramo de negócio e, desta forma, aprimorar seus processos de precificação de modo eficiente.

A construção e internalização de modelos de riscos específicos nos Seguradores e Resseguradores, como o proposto nesse estudo, reduz a necessidade de intervenções externas para garantir a solvência e evitar a ruína dessas empresas desse ramo.

Outro ganho dessa proposta é permitir que as empresas que atuam nesse setor tenham liberdade para criar novos produtos que atendam adequadamente as necessidades do

mercado, a supervisão dos órgãos reguladores deve apropriar essa contribuição técnica para minimizar os riscos sistêmicos.



REFERÊNCIAS

- [1] AN INTRODUCTION to R. Disponível em <<https://cran.r-project.org/>> Acesso em: 12/09/2015.
- [2] EMBRECHTS P, et al. **Modelling extremal events for insurance and finance**. Berlin: Springer-Verlag, 1997.
- [3] FERREIRA, Paulo Pereira. **Modelos de precificação e ruína para seguros de curto prazo**. Rio de Janeiro: Funenseg, 2002.
- [4] HELP to fit of parametric distribution to non-censored or censored data. Disponível em: <<http://riskassessment.r-forge.r-project.org>> Acesso: 12/09/2015.
- [5] KLEIBER, Christian; KOTZ, Samuel. **Statistical Size Distributions in Economics and Actuarial Sciences**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- [6] MANO, Cristina Maria Cantanhede Amarante Biasotto. **Melhoria da Qualidade na Tarifação de Seguros: Uso de modelos de credibilidade**. Rio de Janeiro: Funenseg, 1997.
- [7] MATOS, Carlos Eduardo da Silva. **Modelagem e Análise de eventos catastróficos segundo a Teoria dos Valores Extremos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.
- [8] MOOD, Alexander McFarlane. **Introduction to the theory of statistics**. Oxford: McGraw-Hill, 1974.
- [9] PACHECO, Ricardo. **Matemática Atuarial de Seguros de Danos**. São Paulo: Editora Atlas, 2014.
- [10] R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>> Acesso em: 20/08/2015.
- [11] SAS - Statistical Analysis System –. Disponível em: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/procstat/66703/HTML/default/viewer.htm#procstat_univariate_details37.htm> Acesso em: 21/08/2015.
- [12] SUSEP - Superintendência de Seguros Privados, Normas regulatórias de solvência. Disponível em: <<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-ao-mercado/solvencia>> Acesso em 22/08/2015.
- [13] WUERTZ, Diethelm, et al. **Rmetrics - Extreme Financial Market Data**. Disponível em: <<http://www.rmetrics.org>> Acesso em: 30/10/2015.



ANEXOS

Anexo I – Modalidades de Prêmios e Sinistros

Modalidades de Prêmios	Descrição
Prêmios Ganhos	‘Prêmios Emitidos’ (-) ‘Variação das Provisões Técnicas de Prêmios PPNG/PCC-PPNG/Outras’
Prêmios Emitidos	‘Prêmios de Seguros’ (+) ‘Recuperação de Custos Iniciais de Contratação’ (+) ‘Retrocessões Aceitas’ (-) ‘Prêmios Cedidos a Consórcios e Fundos’
Prêmios de Seguros	‘Prêmios Diretos’ (+) ‘Cosseguros Aceitos’ (-) ‘Cosseguros Cedidos’ (+) ‘Prêmios Convênio DPVAT’ (+) ‘Prêmios – Riscos Vigentes Não Emitidos’
Prêmios Diretos	‘Prêmios – Riscos Emitidos’ (-) ‘Cancelamentos’ (-) ‘Restituições’
Prêmios – Riscos Emitidos	Corresponde à parcela dos prêmios de seguros que foi emitida pela própria empresa no mês de referência.
Prêmios – Riscos Vigentes Não Emitidos	Corresponde ao valor contabilizado no mês de referência como prêmios de riscos vigentes e não emitidos, líquido das estimativas de restituição e cancelamento.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no Manual de Preenchimento do FIP/SUSEP (<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-ao-mercado/envio-de-dados-a-susep/fipsusep>; acesso em setembro de 2015).



Modalidades de Sinistros	Descrição
Sinistros Ocorridos	‘Sinistros Avisados’ (+) ‘Consórcios e Fundos’ (+) ‘Despesas Avisadas’ (+) ‘Cosseguro Aceito’ (-) ‘Cosseguro Cedido’ (-) ‘Salvados e Ressarcimentos’ (+) ‘Serviços de Assistência’ (+) ‘Retrocessões Aceitas’ (+) ‘Variação das Provisões Técnicas de Sinistros IBNR/PDR-IBNR/Outras’
Sinistros Avisados	Corresponde ao valor contabilizado no mês de referência como indenizações administrativas e judiciais avisadas relativas às operações de seguros, exceto as do consórcio DPVAT.
Indenizações Administrativas Avisadas	Corresponde aos sinistros administrativos registrados no mês de referência. O valor é resultado de: ‘Sinistros Diretos Administrativos’ (+) ‘Cosseguros Aceitos’ (-) ‘Cosseguros Cedidos’.
Indenizações Judiciais Avisadas	Corresponde aos sinistros judiciais registrados no mês de referência. O valor é resultado de: ‘Sinistros Diretos Judiciais’ (+) ‘Cosseguros Aceitos’ (-) ‘Cosseguros Cedidos’.
Sinistros Diretos	Corresponde à parcela dos sinistros administrativos/judiciais registrados no mês de referência relativa às operações da própria empresa; contém as reavaliações, os cancelamentos e as reaberturas registradas no mês de referência.
Sinistros Retidos	‘Sinistros Ocorridos’ (-) ‘Receitas com Resseguro’

Fonte: Elaboração própria com base nas informações fornecidas pela SUSEP no Manual de Preenchimento do FIP/SUSEP (<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-ao-mercado/envio-de-dados-a-susep/fipsusep>; acesso em setembro de 2015).



Anexo II – Ranking das Sociedades Seguradoras por Prêmio Emitido

- Ranking do período de junho/2014 a junho/2015 referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia)

Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
	Totais	651.402.725	638.781.111	639.350.413	699.851.187	295.899.417	0,42
1	ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.	77.181.541	79.914.241	79.914.241	92.537.093	8.134.670	0,09
2	ALLIANZ SEGUROS S.A.	90.247.060	60.122.640	60.122.640	115.874.525	102.540.439	0,88
3	AIG SEGUROS BRASIL S.A.	98.245.225	54.829.334	54.829.334	9.745.910	30.034.060	3,08
4	TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	48.099.879	46.229.235	46.229.235	50.234.123	12.562.474	0,25
5	FAIRFAX BRASIL SEGUROS CORPORATIVOS S.A.	35.560.063	44.055.199	44.055.199	38.104.274	25.777.290	0,68
6	ACE SEGURADORA S.A.	19.655.232	43.104.396	43.104.396	26.972.734	6.104.521	0,23
7	ACE SEGUROS SOLUÇÕES CORPORATIVAS S.A.	49.726.792	39.865.241	39.865.241	74.559.348	29.488.112	0,4
8	HDI SEGUROS S.A.	14.730.773	34.233.647	34.233.647	16.881.359	-2.290.022	-0,14
9	LIBERTY SEGUROS S.A.	27.433.010	28.705.109	28.705.109	19.830.905	3.276.816	0,17
10	CAIXA SEGURADORA S.A.	27.576.787	28.110.282	28.110.187	34.861.227	7.534.927	0,22
11	BERKLEY INTERNATIONAL DO BRASIL SEGUROS S/A	22.180.719	22.627.439	22.627.439	22.632.920	5.921.458	0,26
12	MAPFRE SEGUROS GERAIS S.A.	2.548.599	19.100.731	19.142.028	30.879.180	-5.768.095	-0,19
13	SWISS RE CORPORATE SOLUTIONS BRASIL SEGUROS S.A.	4.203.719	18.431.313	18.431.313	7.144.860	375.211	0,05
14	YASUDA MARÍTIMA SEGUROS S.A.	16.228.101	15.715.354	15.715.407	17.626.909	5.675.760	0,32
15	J. MALUCELLI SEGUROS S.A.	13.224.660	15.061.319	15.061.319	10.908.012	5.039.868	0,46
16	FATOR SEGURADORA S.A.	11.779.246	13.798.232	13.798.232	12.629.932	-146.433	-0,01
17	BRDESCO AUTO/RE COMPANHIA DE SEGUROS	5.933.543	13.523.566	13.600.091	12.626.361	2.424.127	0,19
18	ALIANÇA DO BRASIL SEGUROS S.A.	9.893.120	9.706.727	9.797.128	10.060.723	3.727.473	0,37
19	ARGO SEGUROS BRASIL S.A.	8.466.728	9.061.331	9.092.832	11.569.912	3.106.541	0,27
20	AUSTRAL SEGURADORA S.A.	9.503.150	7.561.048	7.561.048	10.655.391	-4.122.706	-0,39
Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
21	SUL AMÉRICA COMPANHIA NACIONAL DE SEGUROS	7.103.963	6.836.901	6.836.901	23.003.606	30.994.735	1,35
22	ITAU SEGUROS S.A.	18.073.954	6.624.296	6.624.296	12.464.646	12.155.308	0,98



23	ROYAL & SUNALLIANCE SEGUROS (BRASIL) S.A.	5.000.252	4.966.285	4.966.285	15.580.185	8.090.265	0,52
24	PORTO SEGURO CIA DE SEGUROS GERAIS	3.458.718	3.507.917	3.725.484	3.767.168	204.092	0,05
25	CHUBB DO BRASIL COMPANHIA DE SEGUROS	2.893.383	2.876.064	2.876.064	3.794.154	2.260.496	0,6
26	GENERALI BRASIL SEGUROS S.A.	2.283.860	2.414.137	2.527.276	4.262.662	2.833.533	0,66
27	POTTENCIAL SEGURADORA S.A.	1.551.141	1.564.909	1.564.909	1.046.857	386.746	0,37
28	NOBRE SEGURADORA DO BRASIL S.A.	1.289.222	1.508.565	1.508.565	1.425.475	134.638	0,09
29	AXA SEGUROS S.A.	1.670.295	1.478.973	1.478.973	130.421	57.910	0,44
30	XL SEGUROS BRASIL S.A.	566.937	1.165.846	1.165.846	944.749	-15.328	-0,02
31	HDI-GERLING SEGUROS INDUSTRIAIS S.A.	14.123.511	678.566	678.566	268.767	28.773	0,11
32	mitsui sumitomo seguros s.a.	401.623	569.206	569.586	745.730	228.313	0,31
33	PAN SEGUROS S.A.	312.066	434.128	434.128	3.109.247	-434.669	-0,14
34	BTG PACTUAL SEGURADORA S.A.	255.888	396.269	396.269	1.761.829	230.084	0,13
35	COMPANHIA EXCELSIOR DE SEGUROS	0	2.701	2.701	1.209.316	-346.039	-0,29
36	ALFA SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
37	AMERICAN LIFE COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
38	ATLÂNTICA COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
39	AZUL COMPANHIA DE SEGUROS GERAIS	0	0	0	1.977	3.649	1,85
40	BANESTES SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
41	BRADERCO SEGUROS S.A	0	0	0	0	0	0
42	BRADERCO VIDA E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
43	BRASILVEÍCULOS COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
44	CESCEBRASIL SEGUROS DE GARANTIAS E CRÉDITO S.A.	0	0	0	0	0	0
45	COMPANHIA DE SEGUROS ALIANÇA DA BAHIA	0	0	0	201	-98.720	-490,71
Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
46	COMPANHIA DE SEGUROS ALIANÇA DO BRASIL	0	0	0	0	0	0
47	COMPANHIA DE SEGUROS DO ESTADO DE SÃO PAULO - COESP	0	0	0	0	-202.399	0
48	COMPANHIA DE SEGUROS PREVIDÊNCIA DO SUL	0	0	0	0	0	0
49	COMPANHIA MUTUAL DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
50	CONFIANÇA CIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
51	FEDERAL DE SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0



52	GENTE SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
53	HSBC SEGUROS (BRASIL) S.A.	0	0	0	0	0	0
54	INDIANA SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
55	INVESTPREV SEGUROS E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	-34	0
56	ITAÚ BMG SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
57	ITAU SEGUROS DE AUTO E RESIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
58	ITAÚ VIDA E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
59	J. MALUCELLI SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
60	KYOEI DO BRASIL COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
61	MAPFRE AFFINITY SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
62	MAPFRE VIDA S.A.	0	0	0	0	0	0
63	PORTO SEGURO VIDA E PREVIDÊNCIA S/A.	0	0	0	0	0	0
64	PQ SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
65	PRUDENTIAL DO BRASIL SEGUROS DE VIDA S.A.	0	0	0	0	0	0
66	QBE BRASIL SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
67	SABEMI SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
68	SAFRA SEGUROS GERAIS S.A.	0	0	0	0	0	0
69	SEGURADORA BRASILEIRA DE CRÉDITO À EXPORTAÇÃO S.A.	0	0	0	0	0	0
70	SINAF PREVIDENCIAL CIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
71	SUL AMÉRICA COMPANHIA DE SEGUROS GERAIS	0	0	0	0	0	0
Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
72	SUL AMÉRICA SEGUROS DE PESSOAS E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
73	VIDA SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
74	ZURICH SANTANDER BRASIL SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
75	INVESTPREV SEGURADORA S.A.	-35	-35	-35	-35	6.236	-180,13
76	UNIMED SEGURADORA S.A.	0	0	-1.466	-1.466	-14.665	10

Fonte: SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

- **Evolução mensal dos Prêmios Emitidos de junho/2014 a junho/2015 referente ao Ramo 0167 (Riscos de Engenharia)**



Valores em R\$ mil	PRÊMIOS EMITIDOS				
	ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.	ALLIANZ SEGUROS S.A.	AIG SEGUROS BRASIL S.A.	TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	FAIRFAX BRASIL SEGUROS CORPORATIVOS S.A.
201406	7.235	1.758	2.951	4.273	1.157
201407	5.429	2.868	0	3.654	3.155
201408	1.611	16.242	704	3.652	7.054
201409	4.670	11.251	2.890	2.262	11.232
201410	8.044	0	99	1.925	2.512
201411	3.924	28.790	906	5.449	5.154
201412	4.186	0	2.558	4.440	1.056
201501	11.042	1.473	764	2.244	1.233
201502	8.168	2.125	1.343	3.998	4.366
201503	8.647	8.503	45.887	3.386	1.555
201504	3.953	9.677	2.210	5.288	878
201505	6.335	1.354	1.881	2.478	2.060
201506	6.672	0	0	3.181	2.642
Totais	79.914	84.041	62.193	46.229	44.055

Fonte: SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).

• **Ranking do período de junho/2014 a junho/2015 referente ao Ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)**

Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
	Totais	893.066.865	902.202.083	904.398.925	872.564.166	636.518.377	0,73
1	ALLIANZ SEGUROS S.A.	148.788.221	144.350.513	144.350.513	143.323.243	132.957.688	0,93
2	TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	70.808.216	82.917.264	82.917.264	67.514.259	38.810.513	0,57
3	ACE SEGUROS SOLUÇÕES CORPORATIVAS S.A.	76.905.838	63.636.397	63.636.397	69.690.931	53.366.347	0,77
4	YASUDA MARÍTIMA SEGUROS S.A.	63.508.222	63.433.112	63.433.119	65.016.316	14.328.633	0,22
5	ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.	68.774.031	62.357.636	62.357.732	69.661.180	68.516.166	0,98
6	AIG SEGUROS BRASIL S.A.	54.536.777	54.199.451	54.199.055	42.831.256	38.591.478	0,9
7	MAPFRE SEGUROS GERAIS S.A.	42.621.038	49.983.884	50.483.110	51.908.758	23.488.447	0,45
8	ACE SEGURADORA S.A.	47.728.097	49.621.824	49.621.824	49.747.340	57.397.986	1,15



9	FAIRFAX BRASIL SEGUROS CORPORATIVOS S.A.	32.563.497	38.751.688	38.751.688	33.129.722	43.274.067	1,31
10	CHUBB DO BRASIL COMPANHIA DE SEGUROS	43.863.264	35.215.266	35.215.266	31.353.740	46.520.233	1,48
11	SUL AMÉRICA COMPANHIA NACIONAL DE SEGUROS	28.841.040	29.587.442	29.587.442	28.497.782	24.222.563	0,85
12	XL SEGUROS BRASIL S.A.	24.118.205	27.703.281	27.703.281	22.186.214	5.589.412	0,25
13	BRADESCO AUTO/RE COMPANHIA DE SEGUROS	15.129.885	26.067.896	26.508.604	24.110.688	9.137.751	0,38
14	HDI SEGUROS S.A.	4.920.811	23.434.133	23.434.133	26.144.475	18.677.877	0,71
15	PORTO SEGURO CIA DE SEGUROS GERAIS	21.332.934	21.660.641	22.718.614	17.007.904	4.114.258	0,24
16	BERKLEY INTERNATIONAL DO BRASIL SEGUROS S/A	20.651.523	20.737.619	20.737.619	18.494.815	1.481.083	0,08
17	ITAU SEGUROS S.A.	15.676.295	15.697.260	15.697.260	26.191.814	10.618.253	0,41
18	HDI-GERLING SEGUROS INDUSTRIAIS S.A.	32.015.091	13.652.225	13.652.225	4.382.610	1.864.016	0,43
19	ARGO SEGUROS BRASIL S.A.	11.025.413	11.461.012	11.535.418	9.391.663	5.122.063	0,55
20	J. MALUCELLI SEGUROS S.A.	10.470.289	10.533.215	10.533.215	10.033.137	2.675.378	0,27
21	ALIANÇA DO BRASIL SEGUROS S.A.	9.853.694	9.699.658	9.721.128	9.138.080	1.568.880	0,17
22	GENERALI BRASIL SEGUROS S.A.	8.390.486	8.213.647	8.284.118	8.505.559	10.014.631	1,18
23	LIBERTY SEGUROS S.A.	7.587.904	7.876.340	7.876.340	8.276.333	348.529	0,04
Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
24	MITSUI SUMITOMO SEGUROS S.A.	6.106.184	6.138.306	6.178.452	7.212.071	3.950.914	0,55
25	ROYAL & SUNALLIANCE SEGUROS (BRASIL) S.A.	6.654.295	5.517.950	5.517.950	10.924.135	20.696.388	1,89
26	CAIXA SEGURADORA S.A.	5.108.584	5.090.472	5.090.472	4.620.104	670.827	0,15
27	FATOR SEGURADORA S.A.	3.453.647	3.116.757	3.116.757	2.933.261	-66.275	-0,02
28	SAFRA SEGUROS GERAIS S.A.	2.862.429	2.614.646	2.614.646	2.858.326	-1.983.453	-0,69
29	SWISS RE CORPORATE SOLUTIONS BRASIL SEGUROS S.A.	2.415.009	2.531.952	2.531.952	2.917.244	-16.346	-0,01
30	AXA SEGUROS S.A.	1.507.003	1.696.604	1.696.604	183.297	150.734	0,82
31	ALFA SEGURADORA S.A.	1.469.203	1.476.104	1.476.104	1.184.778	598.323	0,51
32	COMPANHIA EXCELSIOR DE SEGUROS	1.113.429	1.150.239	1.150.239	701.320	505.276	0,72
33	NOBRE SEGURADORA DO BRASIL S.A.	759.651	757.357	757.357	739.336	17.968	0,02
34	QBE BRASIL SEGUROS S.A.	616.663	616.663	616.663	570.695	-2	0
35	MAPFRE AFFINITY SEGURADORA S.A.	604.452	422.664	422.664	429.989	1.401.180	3,26
36	AUSTRAL SEGURADORA S.A.	231.873	227.288	227.288	703.949	-99.695	-0,14



37	INDIANA SEGUROS S.A.	37.469	37.469	37.469	32.578	-4.011	-0,12
38	INVESTPREV SEGURADORA S.A.	11.975	11.975	11.975	11.065	203.502	18,39
39	COMPANHIA DE SEGUROS ALIANÇA DO BRASIL	3.895	3.895	3.895	6.168	0	0
40	POTTENCIAL SEGURADORA S.A.	337	337	337	-14	26	-1,86
41	AMERICAN LIFE COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
42	ATLÂNTICA COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
43	AZUL COMPANHIA DE SEGUROS GERAIS	0	0	0	5.221	-395.502	-75,75
44	BANESTES SEGUROS S.A.	0	0	0	0	242.304	0
45	BRADERCO SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
46	BRADERCO VIDA E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
47	BRASILVEÍCULOS COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
48	CESCEBRASIL SEGUROS DE GARANTIAS E CRÉDITO S.A.	0	0	0	0	0	0

Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
49	COMPANHIA DE SEGUROS ALIANÇA DA BAHIA	0	0	0	4	-1.055.346	-264497,78
50	COMPANHIA DE SEGUROS DO ESTADO DE SÃO PAULO - COESP	0	0	0	0	-688.258	0
51	COMPANHIA DE SEGUROS PREVIDÊNCIA DO SUL	0	0	0	0	-4.461	0
52	COMPANHIA MUTUAL DE SEGUROS	0	0	0	0	19.172	0
53	CONFIANÇA CIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
54	FEDERAL DE SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
55	GENTE SEGURADORA S.A.	0	0	0	86	-405	-4,7
56	HSBC SEGUROS (BRASIL) S.A.	0	0	0	0	-14.113	0
57	INVESTPREV SEGUROS E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	602	0
58	ITAÚ BMG SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
59	ITAÚ SEGUROS DE AUTO E RESIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
60	ITAÚ VIDA E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0
61	J. MALUCELLI SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
62	KYOEI DO BRASIL COMPANHIA DE SEGUROS	0	0	0	0	-94	0
63	MAPFRE VIDA S.A.	0	0	0	0	0	0



64	PAN SEGUROS S.A.	0	0	0	0	0	0
65	PORTO SEGURO VIDA E PREVIDÊNCIA S/A.	0	0	0	0	0	0
66	PQ SEGUROS S.A.	0	0	0	0	-245.620	0
67	PRUDENTIAL DO BRASIL SEGUROS DE VIDA S.A.	0	0	0	0	-218.984	0
68	SABEMI SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
69	SEGURADORA BRASILEIRA DE CRÉDITO À EXPORTAÇÃO S.A.	0	0	0	0	0	0
70	SINAF PREVIDENCIAL CIA DE SEGUROS	0	0	0	0	0	0
71	SUL AMÉRICA COMPANHIA DE SEGUROS GERAIS	0	0	0	0	0	0
72	SUL AMÉRICA SEGUROS DE PESSOAS E PREVIDÊNCIA S.A.	0	0	0	0	0	0

Posição	Empresa	Prêmio Direto	Prêmio Seguros	Prêmio Emitido	Prêmio Ganho	Sinistro Ocorrido	Sinistralidade
73	VIDA SEGURADORA S.A.	0	0	0	0	0	0
74	ZURICH SANTANDER BRASIL SEGUROS S.A.	0	0	0	0	240.123	0
75	UNIMED SEGURADORA S.A.	0	0	-7.265	-7.265	-72.651	10

Fonte: SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).



- **Evolução mensal dos Prêmios Emitidos de junho/2014 a junho/2015 referente ao Ramo 0351 (Responsabilidade Civil Geral)**

Valores em R\$ mil	PRÊMIOS EMITIDOS				
	ALLIANZ SEGUROS S.A.	TOKIO MARINE SEGURADORA S.A.	ACE SEGUROS SOLUÇÕES CORPORATIVAS S.A.	YASUDA MARÍTIMA SEGUROS S.A.	ZURICH MINAS BRASIL SEGUROS S.A.
201406	5.219	3.273	0	4.813	5.780
201407	10.271	5.237	3.260	5.495	4.445
201408	9.467	4.979	2.497	5.207	3.562
201409	21.188	4.922	6.248	6.445	4.720
201410	15.957	3.885	5.551	6.132	4.556
201411	29.394	5.406	4.533	5.369	3.096
201412	12.602	6.187	14.847	4.936	2.080
201501	7.159	8.514	2.579	4.111	12.949
201502	9.274	8.978	5.195	3.521	7.926
201503	5.220	9.603	2.138	4.171	3.023
201504	32.510	6.937	2.708	3.860	3.906
201505	7.570	6.652	14.080	5.347	3.453
201506	0	8.342	63.636	4.026	2.860
Totais	165.830	82.917	127.273	63.433	62.358

Fonte: SES – Sistema de Estatística da SUSEP (www.susep.gov.br; acesso em setembro de 2015).



Anexo III – Algoritmos de Programação: Software R-project e SAS

- **Comandos Utilizados no Software R-project**

BOX-PLOT

A seguir serão apresentados os comandos elaborados no software R para a construção dos Box-plots construídos para os sinistros ocorridos entre 2006 e 2013 das grandes perdas avisadas ao Ressegurador referente aos Ramos 0167 e 0351 (Gráfico nº 5).

```
library(XLConnect)
```

```
Ramos <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=1,endCol=1)  
Sinistros <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=2,endCol=2)
```

```
boxplot(Sinistros[,1]~Ramos[,1],names=FALSE,ylab= "Grandes Perdas Ocorridas -  
Valores em R$ mil",main="Boxplot de Sinistros Ocorridos por Ramo SUSEP",  
col=topo.colors(2))
```

```
axis(side=1,at=c(1,2),labels=c("Riscos de Engenharia", "R. C. Geral"))
```

FUNÇÕES DE DENSIDADES DE PROBABILIDADE

A seguir serão apresentados os comandos elaborados no software R para a realização das simulações efetuadas para as distribuições de interesse com a finalidade de entender melhor o efeito que as alterações dos parâmetros ocasionam na função densidade de probabilidade destas distribuições.

Distribuição Lognormal

```
library(fitdistrplus)  
library("fExtremes")
```

```
#Modificando o parâmetro scale (sdlog) – Gráfico nº 6
```

```
x<-seq(0,5, length=100)  
hx<-dlnorm(x,meanlog=0,sdlog=0.25)  
hy<-dlnorm(x,meanlog=0,sdlog=0.5)  
hz<-dlnorm(x,meanlog=0,sdlog=0.75)  
hw<-dlnorm(x,meanlog=0,sdlog=1)
```



```
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável  
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Lognormal (location=0)",lwd=2)  
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)  
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)  
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)  
  
legend("topright", legend=c("scale=0.25", "scale=0.5", "scale=0.75", "scale=1"),  
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

#Modificando o parâmetro location (meanlog) – Gráfico nº 7

```
x<-seq(0,5, length=100)  
hx<-dlnorm(x,meanlog=0,sdlog=0.25)  
hy<-dlnorm(x,meanlog=0.25,sdlog=0.25)  
hz<-dlnorm(x,meanlog=0.5,sdlog=0.25)  
hw<-dlnorm(x,meanlog=1,sdlog=0.25)  
  
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável  
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Lognormal (scale=0.25)",lwd=2)  
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)  
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)  
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)  
  
legend("topright", legend=c("location=0", "location=0.25", "location=0.5",  
"location=1"), fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

Distribuição Weibull

```
library(fitdistrplus)  
library("fExtremes")
```

#Modificando o parâmetro shape – Gráfico nº 8

```
x<-seq(0,5, length=100)  
hx<-dweibull(x,shape=0.5,scale=1)  
hy<-dweibull(x,shape=1,scale=1)  
hz<-dweibull(x,shape=1.5,scale=1)  
hw<-dweibull(x,shape=3,scale=1)  
  
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável  
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Weibull (scale=1)",lwd=2)  
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)  
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)  
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)  
  
legend("topright", legend=c("shape=0.5", "shape=1", "shape=1.5", "shape=3"),  
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

#Modificando o parâmetro scale – Gráfico nº 9

```
x<-seq(0,5, length=100)  
hx<-dweibull(x,shape=3,scale=1)
```



```
hy<-dweibull(x,shape=3,scale=1.5)
hz<-dweibull(x,shape=3,scale=2)
hw<-dweibull(x,shape=3,scale=3)
```

```
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Weibull (shape=3)",lwd=2)
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)
```

```
legend("topright", legend=c("scale=1", "scale=1.5", "scale=2", "scale=3"),
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

Distribuição Pareto Generalizada (ou Pareto II)

```
library(fitdistrplus)
library("fExtremes")
```

#Modificando o parâmetro shape (xi) e mantendo scale (beta) – Gráfico nº 10

```
x<-seq(0,5, length=100)
hx<-dgpdp(x,xi=0.5,beta=1)
hy<-dgpdp(x,xi=1,beta=1)
hz<-dgpdp(x,xi=1.5,beta=1)
hw<-dgpdp(x,xi=3,beta=1)
```

```
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Pareto Generalizada
(scale=1)",lwd=2)
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)
```

```
legend("topright", legend=c("shape=0.5", "shape=1", "shape=1.5", "shape=3"),
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

#Modificando o parâmetro scale (beta) e mantendo shape (xi) – Gráfico nº 11

```
x<-seq(0,5, length=100)
hx<-dgpdp(x,xi=1,beta=1)
hy<-dgpdp(x,xi=1,beta=1.5)
hz<-dgpdp(x,xi=1,beta=2)
hw<-dgpdp(x,xi=1,beta=3)
```

```
plot(x,hx,type="l",col="orange",xlab="Variável
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Pareto Generalizada
(shape=1)",lwd=2)
lines(x,hy,type="l",col="blue",lwd=2)
lines(x,hz,type="l",col="red",lwd=2)
lines(x,hw,type="l",col="green",lwd=2)
```

```
legend("topright", legend=c("scale=1", "scale=1.5", "scale=2", "scale=3"),
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```



#Modificando o parâmetro threshold (mu) e mantendo scale (beta) e shape (xi) –
Gráfico nº 12

```
x<-seq(0,5, length=100)
hx<-dgpdp(x,xi=1,beta=1,mu=0)
hy<-dgpdp(x,xi=1,beta=1, mu=1)
hz<-dgpdp(x,xi=1,beta=1, mu=2)
hw<-dgpdp(x,xi=1,beta=1, mu=3)

plot(x,hx,type="l",col= "orange",xlab= "Variável
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Pareto Generalizada (shape=1,
scale=1)",lwd=2)
lines(x,hy,type="l",col= "blue",lwd=2)
lines(x,hz,type="l",col= "red",lwd=2)
lines(x,hw,type="l",col= "green",lwd=2)

legend("topright", legend=c("threshold=0", "threshold=1", "threshold=2",
"threshold=3"), fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

#Modificando o parâmetro scale (beta) e mantendo threshold (mu) e shape (xi) –
Gráfico nº 13

```
x<-seq(0,5, length=100)
hx<-dgpdp(x,xi=1,beta=1,mu=1)
hy<-dgpdp(x,xi=1,beta=1.5, mu=1)
hz<-dgpdp(x,xi=1,beta=2, mu=1)
hw<-dgpdp(x,xi=1,beta=3, mu=1)

plot(x,hx,type="l",col= "orange",xlab= "Variável
Aleatória",ylab="Densidade",main="Distribuição Pareto Generalizada (shape=1,
threshold=1)",lwd=2)
lines(x,hy,type="l",col= "blue",lwd=2)
lines(x,hz,type="l",col= "red",lwd=2)
lines(x,hw,type="l",col= "green",lwd=2)

legend("topright", legend=c("scale=1", "scale=1.5", "scale=2", "scale=3"),
fill=c("orange", "blue", "red", "green"))
```

ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS E TESTE KS

A seguir serão apresentados os comandos elaborados no software R para a estimação dos parâmetros das distribuições de interesse e os comandos elaborados para a realização do Teste Kolmogorov-Smirnov (KS).



Distribuição Lognormal

```
library(XLConnect)  
library(fitdistrplus)
```

```
#Riscos de Engenharia
```

```
RE <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=6,endCol=6)
```

```
fitln_RE <- fitdist(RE[,1], "lnorm",method = "mle")  
summary(fitln_RE)
```

```
meanlog_RE <- fitln_RE$estimate["meanlog"]  
sdlog_RE <- fitln_RE$estimate["sdlog"]
```

```
ks.test(RE[,1],"plnorm",meanlog_RE,sdlog_RE)  
plot(fitln_RE)
```

```
#Responsabilidade Civil Geral
```

```
RC <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=5,endCol=5)
```

```
fitln_RC <- fitdist(RC[,1], "lnorm",method = "mle")  
summary(fitln_RC)
```

```
meanlog_RC <- fitln_RC$estimate["meanlog"]  
sdlog_RC <- fitln_RC$estimate["sdlog"]
```

```
ks.test(RC[,1],"plnorm",meanlog_RC,sdlog_RC)  
plot(fitln_RC)
```

Distribuição Weibull

```
library(XLConnect)  
library(fitdistrplus)
```

```
#Riscos de Engenharia
```

```
RE <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=6,endCol=6)
```

```
fitw_RE <- fitdist(RE[,1], "weibull",method = "mle")  
summary(fitw_RE)
```

```
ks.test(RE[,1],"pweibull",scale=12973.41,shape=1.24)  
plot(fitw_RE)
```

```
#Responsabilidade Civil Geral
```

```
RC <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=5,endCol=5)
```

```
fitw_RC <- fitdist(RC[,1], "weibull",method = "mle")  
summary(fitw_RC)
```

```
ks.test(RC[,1],"pweibull",scale=10518.57,shape=1.26)
```




```
plot(fitw_RC)
```

Distribuição Pareto Generalizada (ou Pareto II)

```
library(XLConnect)  
library(fitdistrplus)  
library("fExtremes")
```

```
#Riscos de Engenharia
```

```
RE <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=6,endCol=6)
```

```
fitgpd_RE <- gpdFit(RE[,1], u=4033, type="mle")  
summary(fitgpd_RE)
```

```
#Responsabilidade Civil Geral
```

```
RC <- readWorksheet(loadWorkbook("dados.xls"),sheet=1,startCol=5,endCol=5)
```

```
fitgpd_RC <- gpdFit(RC[,1], u=2300, type="mle")  
summary(fitgpd_RC)
```

- **Comandos Utilizados no Software SAS**

ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS E TESTE KS

A seguir serão apresentados os comandos elaborados no software SAS para a estimação dos parâmetros da distribuição Pareto Generalizada e os comandos elaborados para a realização do Teste Kolmogorov-Smirnov (KS).

Distribuição Pareto Generalizada (ou Pareto II)

```
#Riscos de Engenharia
```

```
ods select ParameterEstimates GoodnessOfFit histogram;  
PROC UNIVARIATE DATA = tcc.dados;  
histogram RE_reais / pareto (shape = est scale = est threshold = 4033); run;
```

```
#Responsabilidade Civil Geral
```

```
ods select ParameterEstimates GoodnessOfFit histogram;  
PROC UNIVARIATE DATA = tcc.dados;  
histogram RC_reais / pareto (shape = est scale = est threshold=2300); run;
```



Normas de edición de Documentos de Trabajo del IELAT

Tipos y tamaños de letra

En el cuerpo del texto, Arial, tamaño 11 o Times New Roman, tamaño 12.

Para las notas a pie de página y los encabezados, en caso de que los haya, Arial 9 o Times New Roman 10.

Los títulos de introducción, capítulos y conclusiones irán en Arial 13 o Times New Roman 14, mientras que los títulos del resto de epígrafes irán en Arial 11 o Times New Roman 12.

Todos los títulos y epígrafes irán en negrita, pero no se utilizarán ni negritas ni cursivas para subrayar palabras en el texto, sino comillas.

En ningún caso se utilizarán subrayados.

Irán en cursiva todas las palabras en otros idiomas.

Las palabras que sean cita textual de otros autores irán en cursiva o entrecomilladas.

Párrafos

Dos opciones:

1. A espacio uno y medio, con espacio entre párrafo de 12 puntos.
2. A espacio doble, sin espacio entre párrafos y con sangría izquierda en la primera línea de cada párrafo.

El texto irá justificado a izquierda y derecha. Los subtítulos deberán ubicarse sobre la izquierda sin numeración, letras ni símbolos, con la misma letra del cuerpo central y separado con doble espacio del párrafo anterior.

Notas a pie de página

Deberán numerarse consecutivamente a lo largo de todo el documento, con numeración arábica y en letra. Irán en Arial, tamaño 9 o Times New Roman, tamaño 10.

Las notas a pie de página deberán justificarse a izquierda y derecha, con interlineado sencillo y sin espacio entre párrafos ni entre notas. Las llamadas a pie de página se colocarán antes de los signos de puntuación.

Referencias bibliográficas y documentales

Se seguirá el estilo de citación de Chicago.

a. En el texto

En notas a pie de página. Poner la llamada al pie tras la cita textual o intertextual, antes del signo de puntuación en caso de que lo haya. Al pie, se pondrá el apellido o apellidos del autor y el título completo de la obra citada. A continuación, es obligatorio poner el/los número/s de página/s de la referencia tomada si es cita textual y si es intertextual es también conveniente ponerlo. Puede utilizarse *Ibid* o *Ibidem* si las citas son consecutivas, pero nunca *Op cit*.

b. En la bibliografía final



LIBRO:

Apellido o apellidos, Nombre. Título de la obra en cursiva. Lugar: Editorial, Año. Ejemplo:
Soto Carmona, Álvaro. Transición y cambio en España, 1975-1996. Madrid: Alianza Editorial, 2005.

CAPÍTULO DE LIBRO:

Apellido o apellidos, Nombre. «Título». En Título de la obra en cursiva, editado por Nombre y Apellido o Apellidos, números de páginas que ocupa el capítulo. Lugar: Editorial, año.

Ejemplo:

Del Campo García, Esther. «Estado y sociedad en el Chile postautoritario: el proyecto de Ley de Bases de Participación ciudadana en la Gestión Pública». En Chile. Política y modernización democrática, editado por Manuel Alcántara Saez y Letizia M. Ruiz Rodriguez, 199-231. Barcelona: Ediciones Bellaterra, 2006.

ARTÍCULO:

Apellido o Apellidos, Nombre. «Título del artículo entre comillas». Nombre de la revista, volumen, número, año, páginas. Ejemplo:

Ros Ferrer, Violeta. “Narrativas de La Transición.” Kamchatka: Revista de Análisis Cultural, no. 4 (2014): 233–55.

WEB:

Institución/Apellido o Apellidos. «Título», año. Disponible en, fecha de última consulta.:
Ejemplo:

Gobierno de Chile. «Informe Rettig». Disponible en, <http://www.gob.cl/informe-rettig/>, fecha de última consulta: 15-02-2016.

TESIS Y TESINAS:

Apellido o Apellidos, Nombre. «Título». Universidad, Año. Ejemplo:

González Ayuso, Yurena. «Transiciones democráticas: Chile y España en perspectiva comparada, 1976-1990». Trabajo fin de máster, Universidad de Alcalá, 2014.

MANUSCRITOS, PONENCIAS O CONFERENCIAS NO PUBLICADAS:

Apellidos, Nombre. «Título». Título del seminario o de congreso, Lugar, Fecha. Ejemplo:
Escribano Roca, Rodrigo, y Yurena González Ayuso. «Utilización de bases de datos: clave para la iniciación investigadora y la recopilación bibliográfica». Seminario presentado en Seminarios del IELAT, Universidad de Alcalá, 9 de diciembre de 2015.

DOCUMENTOS DE TRABAJO

La publicación de los documentos de trabajo estará sujeta a la evaluación por la Comisión Editorial y el Equipo de Edición de Documentos de Trabajo del Instituto de Estudios Latinoamericanos.

Los documentos pueden estar escritos en castellano, portugués o inglés y no deben superar las 35 páginas.

Se enviarán por correo electrónico a la siguiente dirección: ielat@uah.es

Los DT se publicaran en formato digital en la página web del IELAT y al mismo tiempo en formato papel.

Guía para el desarrollo del DT



Presentación

En ella debe aparecer la siguiente información:

- Título del documento de trabajo en mayúsculas
- Nombre de autor/a
- Institución a la que pertenece el autor/a
- Breve resumen cv del autor/a- Entre 30-50 palabras máximo
- Contacto postal y electrónico del autor/a
- Agradecimientos si corresponde

Resumen del DT: Resumen del documento de trabajo (150-200 palabras) en castellano y en inglés.

Palabras clave seleccionadas (3-5) en castellano y en inglés.

Cuerpo del Documento de Trabajo

Debe constar de los siguientes apartados:

- Introducción
- Desarrollo: Se recomienda que cada apartado esté bien identificado con sus correspondientes capítulos, subcapítulos, etc. con la debida numeración si corresponde.
- Conclusiones
- Anexos si corresponde



Colección de Documentos de Trabajo del IELAT

DT 1: Jaime E. Rodríguez O., *México, Estados Unidos y los Países Hispanoamericanos. Una visión comparativa de la independencia*. Mayo 2008.

DT 2: Ramón Casilda Béjar, *Remesas y Bancarización en Iberoamérica*. Octubre 2008.

DT 3: Fernando Groisman, *Segregación residencial socioeconómica en Argentina durante la recuperación económica (2002 – 2007)*. F. Abril 2009

DT 4: Eli Diniz, *El post-consenso de Washington: globalización, estado y gobernabilidad reexaminados*. Junio 2009.

DT 5: Leopoldo Laborda Catillo, Justo de Jorge Moreno y Elio Rafael De Zuani, *Externalidades dinámicas y crecimiento endógeno. Análisis de la flexibilidad de la empresa industrial español*. Julio 2009

DT 6: Pablo de San Román, *Conflicto político y reforma estructural: la experiencia del desarrollismo en Argentina durante la presidencia de Frondizi (1958 - 1962)*. Septiembre 2009

DT 7: José L. Machinea, *La crisis financiera y su impacto en America Latina*. Octubre 2009.

DT 8: Arnulfo R. Gómez, *Las relaciones económicas México- España (1977-2008)*. Noviembre 2009.

DT 9: José Lázaro, *Las relaciones económicas Cuba- España (1990-2008)*. Diciembre 2009.

DT 10: Pablo Gerchunoff, *Circulando en el laberinto: la economía argentina entre la depresión y la guerra (1929-1939)*. Enero 2010.

DT 11: Jaime Aristy-Escuder, *Impacto de la inmigración haitiana sobre el mercado laboral y las finanzas públicas de la República Dominicana*. Febrero 2010.

DT 12: Eva Sanz Jara, *La crisis del indigenismo mexicano: antropólogos críticos y asociaciones indígenas (1968 - 1994)*. Marzo 2010.

DT 13: Joaquín Varela, *El constitucionalismo español en su contexto comparado*. Abril 2010.

DT 14: Justo de Jorge Moreno, Leopoldo Laborda y Daniel Sotelsek, *Productivity growth and international openness: Evidence from Latin American countries 1980- 2006*. Mayo 2010.



DT 15: José Luis Machinea y Guido Zack, *Progresos y falencias de América Latina en los años previos a la crisis*. Junio 2010.

DT 16: Inmaculada Simón Ruiz, *Apuntes sobre historiografía y técnicas de investigación en la historia ambiental mexicana*. Julio 2010.

DT 17: Julián Isaías Rodríguez, Belín Vázquez y Ligia Berbesi de Salazar, *Independencia y formación del Estado en Venezuela*. Agosto 2010.

DT 18: Juan Pablo Arroyo Ortiz, *El presidencialismo autoritario y el partido de Estado en la transición a la economía de libre mercado*. Septiembre 2010.

DT 19: Lorena Vásquez González, *Asociacionismo en América Latina. Una Aproximación*. Octubre 2010.

DT 20: Magdalena Díaz Hernández, *Anversos y reversos: Estados Unidos y México, fronteras socio-culturales en La Democracia en América de Alexis de Tocqueville*. Noviembre de 2010.

DT 21: Antonio Ruiz Caballero, *¡Abre los ojos, pueblo americano! La música hacia el fin del orden colonial en Nueva España*. Diciembre de 2010.

DT 22: Klaus Schmidt- Hebbel, *Macroeconomic Regimes, Policies, and Outcomes in the World*. Enero de 2011

DT 23: Susanne Gratius, Günther Maihold y Álvaro Aguillo Fidalgo. *Alcances, límites y retos de la diplomacia de Cumbres europeo-latinoamericanas*. Febrero de 2011.

DT 24: Daniel Díaz- Fuentes y Julio Revuelta, *Crecimiento, gasto público y Estado de Bienestar en América Latina durante el último medio siglo*. Marzo de 2011.

DT 25: Vanesa Ubeira Salim, *El potencial argentino para la producción de biodiésel a partir de soja y su impacto en el bienestar social*. Abril de 2011.

DT 26: Hernán Núñez Rocha, *La solución de diferencias en el seno de la OMC en materia de propiedad intelectual*. Mayo de 2011.

DT 27: Itxaso Arias Arana, Jhonny Peralta Espinosa y Juan Carlos Lago, *La intrahistoria de las comunidades indígenas de Chiapas a través de los relatos de la experiencia en el marco de los procesos migratorios*. Junio 2011.

DT 28: Angélica Becerra, Mercedes Burguillo, Concepción Carrasco, Alicia Gil, Lorena Vásquez y Guido Zack, *Seminario Migraciones y Fronteras*. Julio 2011.



DT 29: Pablo Rubio Apiolaza, *Régimen autoritario y derecha civil: El caso de Chile, 1973-1983*. Agosto 2011.

DT 30: Diego Azqueta, Carlos A. Melo y Alejandro Yáñez, *Clean Development Mechanism Projects in Latin America: Beyond reducing CO2 (e) emissions. A case study in Chile*. Septiembre 2011.

DT 31: Pablo de San Román, *Los militares y la idea de progreso: la utopía modernizadora de la revolución argentina (1966-1971)*. Octubre 2011.

DT 32: José Manuel Azcona, *Metodología estructural militar de la represión en la Argentina de la dictadura (1973-1983)*. Noviembre 2011.

DT 33: María Dolores Almazán Ramos, *El discurso universitario a ambos lados del Atlántico*. Diciembre 2011.

DT 34: José Manuel Castro Arango, *La cláusula antisubcapitalización española: problemas actuales*. Enero 2012.

DT 35: Edwin Cruz Rodríguez, *La acción colectiva en los movimientos indígenas de Bolivia y Ecuador: una perspectiva comparada*. Febrero 2012.

DT 36: María Isabel Garrido Gómez (coord.), *Contribución de las políticas públicas a la realización efectiva de los derechos de la mujer*. Marzo 2012.

DT 37: Javier Bouzas Herrera, *Una aproximación a la creación de la nación como proyecto político en Argentina y España en los siglos XIX y XX. Un estudio comparativo*. Abril 2012.

DT 38: Walther L. Bernecker, *Entre dominación europea y estadounidense: independencia y comercio exterior de México (siglo XIX)*. Mayo 2012.

DT 39: Edel José Fresneda, *El concepto de Subdesarrollo Humano Socialista: ideas nudo sobre una realidad social*. Junio 2012.

DT 40: Sergio A. Cañedo, Martha Beatriz Guerrero, Elda Moreno Acevedo, José Joaquín Pinto e Iliana Marcela Quintanar, *Fiscalidad en América Latina. Monográfico Historia*. Julio de 2012.

DT 41: Nicolás Villanova, *Los recuperadores de desechos en América Latina y su vínculo con las empresas. Un estudio comparado entre diferentes países de la región y avances para la construcción de una hipótesis*. Agosto de 2012.

DT 42: Juan Carlos Berganza, María Goenaga Ruiz de Zuazu y Javier Martín Román, *Fiscalidad en América Latina. Monográfico Economía*. Septiembre de 2012.

DT 43: Emiliano Abad García, *América Latina y la experiencia postcolonial: identidad subalterna y límites de la subversión epistémica*. Octubre 2012.



DT 44: Sergio Caballero Santos, *Unasur y su aporte a la resolución de conflictos sudamericanos: el caso de Bolivia*. Noviembre 2012.

DT 45: Jacqueline Alejandra Ramos, *La llegada de los juristas del exilio español a México y su incorporación a la Escuela Nacional de Jurisprudencia*. Diciembre 2012.

DT 46: Maíra Machado Bichir, *À guisa de um debate: um estudo sobre a vertente marxista da dependencia*. Enero 2013.

DT 47: Carlos Armando Preciado de Alba. *La apuesta al liberalismo. Visiones y proyectos de políticos guanajuatenses en las primeras décadas del México independiente*. Febrero 2013.

DT 48: Karla Annett Cynthia Sáenz López y Elvin Torres Bulnes, *Evolución de la representación proporcional en México*. Marzo 2013.

DT 49: Antônio Márcio Buainain y Junior Ruiz Garcia, *Roles and Challenges of Brazilian Small Holding Agriculture*. Abril 2013.

DT 50: Angela Maria Hidalgo, *As Influências da Unesco sobre a Educação Rural no Brasil e na Espanha*. Mayo 2013.

DT 51: Ermanno Abbondanza, “*Ciudadanos sobre mesa*”. *Construcción del Sonorense bajo el régimen de Porfirio Díaz (México, 1876-1910)*. Junio 2013.

DT 52: *Seminario Internacional: América Latina-Caribe y la Unión Europea en el nuevo contexto internacional*. Julio 2013.

DT 53: Armando Martínez Garnica, *La ambición desmedida: una nación continental llamada Colombia*. Agosto 2013.

DT 55: Beatriz Urías Horcasitas, *El nacionalismo revolucionario mexicano y sus críticos (1920-1960)*. Octubre 2013.

DT 56: Josep Borrell, *Europa, América Latina y la regionalización del mundo*. Noviembre 2013.

DT 57: Mauren G. Navarro Castillo, *Understanding the voice behind The Latino Gangsters*. Diciembre 2013.

DT 58: Gabriele Tomei, *Corredores de oportunidades. Estructura, dinámicas y perspectivas de las migraciones ecuatorianas a Italia*. Enero 2014.

DT 59: Francisco Lizcano Fernández, *El Caribe a comienzos del siglo XXI: composición étnica y diversidad lingüística*. Febrero 2014.

DT 60: Claire Wright, *Executives and Emergencies: Presidential Decrees of Exception in Bolivia, Ecuador, and Peru*. Marzo 2014.



DT 61: Carlos de Jesús Becerril H., *Un acercamiento a la historiografía sobre las instituciones jurídicas del Porfiriato, 1876-1911*. Abril 2014.

DT 62: Gonzalo Andrés García Fernández, *El pasado como una lección del presente. Una reflexión histórica para el Chile actual*. Mayo 2014.

DT 63: Cecilia A. Fandos, *Tierras comunales indígenas en Argentina. Una relectura de la desarticulación de la propiedad comunal en Jujuy en el siglo XIX*. Junio 2014.

DT 64: Ramón Casilda Béjar, *América Latina y las empresas multilaterales*. Julio 2014.

DT 65: David Corrochano Martínez, *Política y democracia en América Latina y la Unión Europea*. Agosto 2014.

DT 66: Pablo de San Román, *Participación o ruptura: la ilusión del capitalismo sindical en la Argentina post-peronista*. Septiembre de 2014.

DT 67: José Joaquín Pinto Bernal, *Los orígenes de la deuda pública en Colombia*. Octubre de 2014.

DT 68: Fernando Martín Morra, *Moderando inflaciones moderadas*. Noviembre de 2014.

DT 69: Janete Abrão, *Como se deve (re)escrever a História nacional?*. Diciembre de 2014.

DT 70: Estela Cristina Salles y Héctor Omar Noejovich, *La transformación política, jurídica y económica del territorio originario del virreinato del Perú, 1750-1836*. Enero de 2015.

DT 71: M^o Isabel Garrido Gómez, J. Alberto del Real Alcalá y Ángeles Solanes Corella, *Modernización y mejora de la Administración de Justicia y de la operatividad de los jueces en España*. Febrero 2015

DT 72: Guido Zack, *El papel de las políticas públicas en los períodos de crecimiento y desaceleración de América Latina*. Marzo 2015.

DT: 73: Alicia Gil Lázaro y María José Fernández Vicente, *Los discursos sobre la emigración española en perspectiva comparada, principios del siglo XX- principios del siglo XXI*. Abril 2015.

DT: 74: Pablo de San Román, *Desconfianza y participación: la cultura política santafesina (Argentina, 2014)*. Mayo 2015.

DT: 75: María Teresa Gallo, Rubén Garrido, Efraín Gonzales de Olarte y Juan Manuel del Pozo, *La cara amarga del crecimiento económico peruano: Persistencia de la desigualdad y divergencia territorial*. Junio 2015.

DT: 76: Leopoldo Gamarra Vélchez, *Crisis económica, globalización y Derecho del*



Trabajo en América Latina. Julio 2015.

DT: 77: Alicia Gil Lázaro, Eva Sanz Jara e Inmaculada Simón, Universalización e historia. Repensar los pasados para imaginar los futuros. Agosto 2015.

DT: 78: Sonia Oster Mena, Corporate Diplomacy in the EU. The strategic corporate response to meet global challenges. Septiembre 2015

DT: 79: Edgar Záyago Lau, Guillermo Foladori, Liliana Villa Vázquez, Richard P. Appelbaum y Ramón Arteaga Figueroa, Análisis económico sectorial de las empresas de nanotecnología en México, Octubre 2015.

DT: 80: Yurena González Ayuso, Presente y pasado de la transición española. Un estado de la cuestión pertinente, Noviembre 2015.

DT: 81: Janet Abrao, Construções discursivo-ideológicas e históricas da identidade nacional brasileira, Diciembre 2015.

DT: 82: Guido Zack, Una aproximación a las elasticidades del comercio exterior de la Argentina, Enero 2016.

DT: 83: Rodrigo Escribano Roca, “Lamentables noticias” Redes de información e imaginación política en la crisis revolucionaria del mundo atlántico. Un análisis micro-histórico del Colegio de Chillán en Chile (1808-1812), Febrero 2016.

DT: 84: Iván González Sarro, La calidad de la democracia en América Latina. Análisis de las causas del «déficit democrático» latinoamericano: una visión a través de los casos de Honduras y Paraguay, Marzo 2016.

DT: 85: Carlos de Jesús Becerril Hernández, “Una vez triunfantes las armas del ejército francés en Puebla”. De las actas de adhesión de la Ciudad de Puebla y de los pueblos en el Distrito de Cholula, 1863, Abril 2016.

DT: 86: Laura Sánchez Guijarro, La adhesión de la Unión Europea al Convenio Europeo de Derechos Humanos: Un desafío para Europa todavía pendiente, Mayo 2016.

DT: 87: Pablo Gerchunoff y Osvaldo Kacef, “¿Y ahora qué hacemos?” La economía política del Kirchnerismo, Junio 2016.

DT: 88: María-Cruz La Chica, La microhistoria de un desencuentro como soporte de la reflexión antropológica: Trabajo de campo en una comunidad indígena de México, Julio 2016.

DT: 89: Juan Ramón Lecuona Valenzuela y Lilianne Isabel Pavón Cuellar, Actividad económica e industria automotriz: la experiencia mexicana en el TLCAN, Agosto 2016.

DT: 90: Pablo de San Román, Continuidades y rupturas en el proceso de cambio social. Comentario a la obra de Pierre Vilar. Iniciación al vocabulario del



análisis histórico, Septiembre 2016.

DT: 91: Angelica Dias Roa y Renaldo A. Gonsalvez, Modelos probabilísticos de severidade para grandes perdidas, Octubre 2016.





Universidad
de Alcalá

INSTITUTO UNIVERSITARIO
DE INVESTIGACIÓN EN
ESTUDIOS LATINOAMERICANOS
· IELAT ·

Todas las publicaciones están disponibles en la página Web del Instituto: www.ielat.com

© Instituto de Estudios Latinoamericanos (IELAT)

Los documentos de trabajo que IELAT desarrolla contienen información analítica sobre distintos temas y son elaborados por diferentes miembros del Instituto u otros profesionales colaboradores del mismo. Cada uno de ellos ha sido seleccionado y editado por el IELAT tras ser aprobado por la Comisión Académica correspondiente.

Desde el IELAT animamos a que estos documentos se utilicen y distribuyan con fines académicos indicando siempre la fuente. La información e interpretación contenida en los documentos son de exclusiva responsabilidad del autor y no necesariamente reflejan las opiniones del IELAT.

Instituto de Estudios
Latinoamericanos
Colegio de Trinitarios
C/Trinidad 1 – 28801
Alcalá de Henares (Madrid)
España
34 – 91 885 2579
ielat@uah.es
www.ielat.es

P.V.P.: 20 €

Con la colaboración de:

 **Santander**
UNIVERSIDADES