

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO CONTÁBEIS E
ATUARIAIS
CIÊNCIAS ATUARIAIS**

JONAS MIYAHIRA SANTOS

INTRODUÇÃO DE CAT BONDS NO MERCADO BRASILEIRO

SÃO PAULO

2024

JONAS MIYAHIRA SANTOS

INTRODUÇÃO DE CAT BONDS NO MERCADO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Atuariais, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Atuariais.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Lopes da Silva

SÃO PAULO

2024

JONAS MIYAHIRA SANTOS

INTRODUÇÃO DE CAT BONDS NO MERCADO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Atuariais, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Atuariais.

São Paulo, 18 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Profa. Dra. Fabiana Lopes da Silva

Examinador Prof. Dr. Antonio Cordeiro Filho

Examinador Prof. Dr. Amaury de Souza Amaral

RESUMO

Desenvolvidos a partir da década de 1990, os *Cat Bonds*, surgem como uma opção plausível a indústria de seguros e resseguros para a captação de dinheiro com objetivo de mitigar riscos oriundos de eventos extremos ao mercado, como a ocorrência de catástrofes naturais. Eventos que, devido aos efeitos das mudanças climáticas, são mais frequentes e geram indenizações bilionárias às seguradas e resseguradoras todos os anos, em função de seu alto poder destrutivo em curto espaço de tempo. O Mercado de *Cat Bonds* apresenta uma tendência de crescimento e atingiu recordes de nos valores de emissão no ano de 2023, entretanto ainda não há registros de emissões desta modalidade de título no mercado brasileiro, porém com o Marco de Legal da Securitização, foi sancionada a Lei nº 14.430/2022, criou-se a figura das Letras de Risco de Seguro (LRS), objeto do mercado que abre precedentes para *Cat Bonds* no Brasil. Assim, o mercado de seguros e resseguros brasileiro possui uma oportunidade de adotar este instrumento como forma suplementar de combater e se proteger de riscos de catástrofes.

Palavras-chave: *Cat Bonds*, seguros, resseguros, catástrofes, naturais, título, mercado.

ABSTRACT

Developed in the 1990s, Cat Bonds have emerged as a plausible option for the insurance and reinsurance industry to raise money in order to mitigate risks arising from extreme events in the market, such as the occurrence of natural disasters. Events that, due to the effects of climate change, are more frequent and generate billions in compensation to insured and reinsurers every year, due to their high destructive potential in a short space of time. The Cat Bond Market has a growth trend and reached record issuance values in 2023. However, there are still no records of issuances of this type of security in the Brazilian market. However, with the Securitization Legal Framework, Law No. 14,430/2022 was sanctioned, creating the Insurance Risk Letters (LRS), a market object that sets precedents for Cat Bonds in Brazil. Therefore, the Brazilian insurance and reinsurance market has an opportunity to adopt this instrument as a supplementary way of combating and protecting itself against catastrophe risks.

Keywords: Cat Bonds, insurance, reinsurance, natural catastrophes, title, market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alterações na temperatura da superfície global	12
Figura 2 - Expectativa de aumento de temperatura causada por emissões futuras..	13
Figura 3 - Número de mortes causadas por desastres naturais (1970 – 2019).....	14
Figura 4 - Número de desastres naturais reportados (1970 – 2019).....	14
Figura 5 - Maiores desastres naturais	15
Figura 6 - Características de desastres naturais por região no Brasil.....	16
Figura 7 - Maiores perdas a seguradoras por desastres naturais	17
Figura 8 - Desastres com perdas acima de US\$1.000.000.000	18
Figura 9 - Funcionamento de um Cat Bond	20
Figura 10 - Cat Bond por tipo de trigger	23
Figura 11 - Índice de cobertura de indenizações por Cat Bonds.....	24
Figura 12 - Tamanho do mercado de ILS (por valor de emissão)	25
Figura 13 - Emissão de Cat Bonds (por região fora EUA).....	25
Figura 14 - Retorno médio de mercado Cat Bonds	26
Figura 15 - Retorno de títulos públicos americanos	27
Figura 16 - Evolução da taxa Selic.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios da grande São Paulo	33
Tabela 2 - Valores de perdas decorrentes de desastres (2013 – 2023).....	34
Tabela 3 - Comparação de rentabilidade	39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.2.	QUESTÃO DE PESQUISA	11
1.3.	OBJETIVO GERAL	11
1.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.5.	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO.....	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1.	MEIO AMBIENTE	12
2.2.	EVENTOS EXTREMOS	13
2.3.	MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MERCADO SEGURADOR	17
2.4.	CAT BONDS	18
2.5.	MERCADO GLOBAL DE CAT BONDS	24
2.6.	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	28
2.7.	ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE CAT BONDS	30
3.	METODOLOGIA.....	32
4.	ANÁLISE DE RESULTADOS	34
4.1.	APURAÇÃO DE PRÊMIO DE RISCO	34
4.2.	DEFINIÇÃO DO PAPEL	37
4.3.	AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO PAPEL.....	39
5.	CONCLUSÃO.....	40
6.	REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Desde meados do século XX, e intensificadas no século XXI, foram introduzidas e ganharam relevância discussões relacionadas as alterações climáticas, com estudos, debates e fóruns internacionais voltados ao entendimento dos impactos gerados por esse processo, que se intensificam ao longo do século XXI. Um dos aspectos que afetam a população mundial de forma mais direta, é a aumento no número de desastres climáticos registrados.

O Atlas de Mortalidade e Perdas Econômicas de Eventos Extremos de Tempo, Clima e Água (1970 – 2019) (WMO, 2021) da Organização Meteorológica Mundial identificou 22.326 desastres durante o período avaliado, sendo 11.072 ligados ao condições climáticas. De acordo com as estimativas feitas pelo estudo o número de eventos relacionados ao clima na década entra 2010 e 2019 é cerca de 4,5x maior que o número de eventos registrados entre 1970 e 1979 e segundo a estimativa de grande parte dos especialistas em estudos ambientes, a tendência é de que eventos deste tipo tornem-se mais comuns, caso medidas não sejam tomadas para reverter o processo de aquecimento global.

Além das perdas humanas causadas por este tipo de evento, também há perdas materiais, geralmente de valor extremamente elevado. Dado o cenário de alterações, diversos cientistas buscam métodos de quantificar os impactos que serão gerados pelas alterações climáticas, um deles, William Nordhaus, laureado com um Nobel de economia em 2018, pelas suas pesquisas de interação entre mudanças no clima e impactos econômicos, com o modelo DICE (Dynamic Integrated Climate-Economy), formulado na década de 90 e que estimava perdas entre 1% e 2% do PIB global em caso de aumentos de temperatura média em cerca de 3°C. E segundo relatório Global Anual da MMO para Atualização Climática Decadal (2024-2028), há cerca de 80% de chances de que a temperatura global suba em 1,5°C nos próximos 5 anos (WMO, 2024). Essa tendência de aumento de custos globais relacionados ao clima também é perceptível no Atlas de Mortalidade e Perdas, citado anteriormente, entre 1970 e 2019, as perdas decorrentes de desastres ambientais superam a casa do US\$3.5 trilhões, das quais US\$ 1.3 trilhão foram incorridas entre 2010 e 2019 (WMO, 2021).

Essas perdas mencionadas, impactam diretamente o setor de seguros e resseguros, que necessitam arcar com sinistros cada vez maiores e com maior frequência. A partir de uma dessas catástrofes, o furacão Andrew, ocorrida na década de 90, que a indústria norte americana identificou a necessidade de buscar novas alternativas de arrecadação e pulverização de riscos, então deu-se início a idealização dos *Cat Bonds*.

Cat Bonds são um tipo de *Insurance Linked Securities* (ILS), um título de dívida emitido no mercado de capitais, porém lastreados a uma apólice ou risco securitário. Mesmo com mecanismos de resseguro e cosseguro existentes a época do furacão Andrew, múltiplas seguradoras faliram ou ficaram próximas a falência, assim esta foi uma alternativa encontrada como forma de aumentar a captação de recursos. Apesar de sua criação atrelada a uma catástrofe, nem todo ILS é, necessariamente, um *Cat Bond*, podem ser atrelados a outros tipos de riscos também. O funcionamento deste título pode variar de acordo com a forma com que foi elaborado, tendo formas de gatilho e remuneração distintas, porém, de forma geral, o investidor que adquire um ILS, os valores arrecadados geram uma reserva, em caso de evento de sinistro ao qual o título está atrelado, o valor é utilizado para indenização, caso o evento não ocorra, após tempo pré-determinado, o investidor receberá seu capital mais os juros.

Desde sua criação na década de 90, o mercado global de ILS, principalmente *Cat Bonds*, ganhou grande relevância no cenário global. Segundo as estimativas dos relatórios trimestrais *Insurance-Linked Securities Market Insights* (Swiss Re, 2024) e *Insurance-Linked Securities – Aon Securities Q4 2023 Quarterly Report* (Aon, 2024), no ano de 2023 este mercado atingiu seu recorde de crescimento e tamanho total, foi de que o valor total coberto de cerca de US\$45 milhões de dólares.

Entretanto, apesar do tamanho e crescimento deste mercado, no ponto de vista global, esta modalidade de título ainda não existe no Brasil, apesar de discussões recentes, inclusive legislativas, a partir de 2020, que abrem espaço para a criação deste mercado no país. E recentemente, o país possuiu por eventos extremos, sendo o mais relevante as enchentes vistas no Rio Grande do Sul em 2024, que segundo algumas estimativas feitas a época do evento levaram a quase

50 mil sinistros, totalizando um montante de aproximado de R\$3.9 bilhões (G1, 2024). Tipo de evento que pode ser coberto por *Cat Bonds*.

1.2. QUESTÃO DE PESQUISA

Assim, esse estudo visa responder a seguinte questão de pesquisa: como seria elaborado um *Cat Bond* para eventos climáticos no cenário brasileiro?

1.3. OBJETIVO GERAL

A partir da questão de pesquisa apresentada, busca-se entender a tipologia de catástrofes ocorridas no Brasil e formular um *Cat Bond* que se adeque a um cenário brasileiro.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como forma de avaliar e simular a elaboração de um *Cat Bond* para um cenário de catástrofe que ocorra no Brasil, será feito o entendimento do cenário do mercado de seguros para resposta a catástrofes, custos e impacto deste tipo de evento no mercado de seguros, avaliação da legislação aplicável para introdução deste tipo de título no mercado brasileiro e levantamento de dados para realizar a simulação.

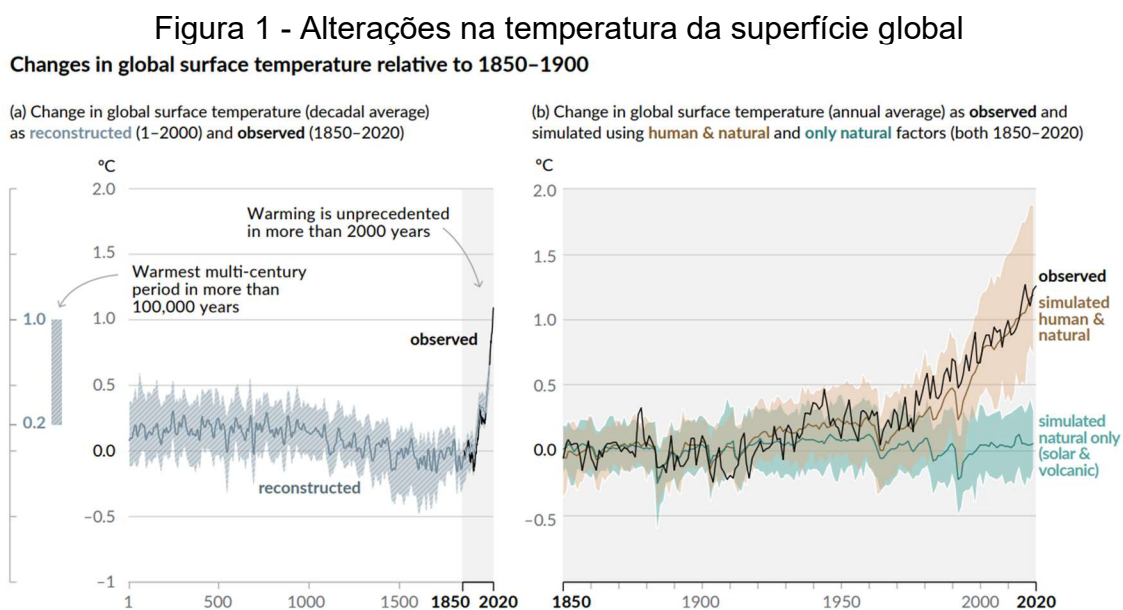
1.5. JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO

A contextualização e entendimento sobre esse tema é um caminho natural para um mercado em crescimento como o brasileiro, que tende a acompanhar tendências internacionais, e o mercado de *Cat Bonds* torna-se maior e mais relevante a cada ano. Também é importante a contextualização do cenário ambiental, que deve levar a sinistros cada vez maiores para as seguradoras brasileiras, o que torna imprescindível buscar alternativas de arrecadação que ajudem e tragam respostas aos riscos financeiros aos quais estarão expostas em razão do contexto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MEIO AMBIENTE

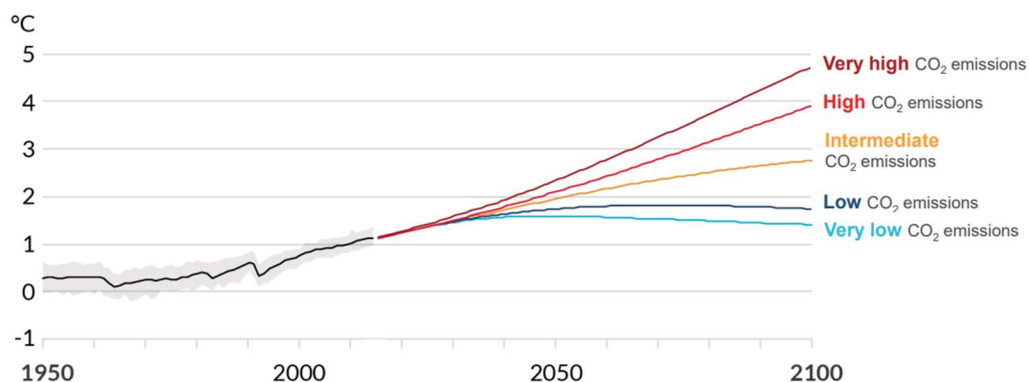
O meio ambiente é um sistema que abrange todas as formas de vida do planeta e é diretamente impactado pelas ações humanas, que geram degradação ao planeta, causando desequilíbrios ecológicos. Principalmente, desde a revolução industrial, ocorrida no século XVIII, os níveis de emissão de gases de efeito estufa na atmosfera geram efeitos relevantes no planeta e sua biodiversidade, tais impactos, geralmente, são nomeados aquecimento global. Conforme dados de pesquisas realizadas pelo Painel Governamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o fenômeno do aquecimento global gerou um aumento médio da temperatura do globo terrestre de 1,1°C, quando comparamos as temperaturas atuais aquelas registradas na era pré-industrial (IPCC, 2021). O Acordo de Paris, por exemplo, um tratado global adotado no mês de dezembro de 2015 pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), foi firmado para que os governos se comprometessem a produzir esforços para limitar o aumento das temperaturas globais a até 1,5 °C, com relação aos níveis pré-industriais. O acordo foi assinado durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), conforme relatório disponibilizado pelo Governo Federal (2015). Abaixo, na Figura 1, incluímos os dados de estimativas de alterações na temperatura global, desde a revolução industrial:



Fonte: IPCC (2021)

Ainda segundo o IPCC (2021), mesmo em um cenário de baixo nível de emissão de CO₂, até 2100, a temperatura média do planeta deve manter-se nos níveis atuais, próximo a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais. Em cenários extremos, de altos níveis de emissão de CO₂, a temperatura pode chegar próxima a 5 °C acima de níveis pré-industriais, conforme Figura 2:

Figura 2 - Expectativa de aumento de temperatura causada por emissões futuras
 Future emissions cause future additional warming



Fonte: IPCC (2021)

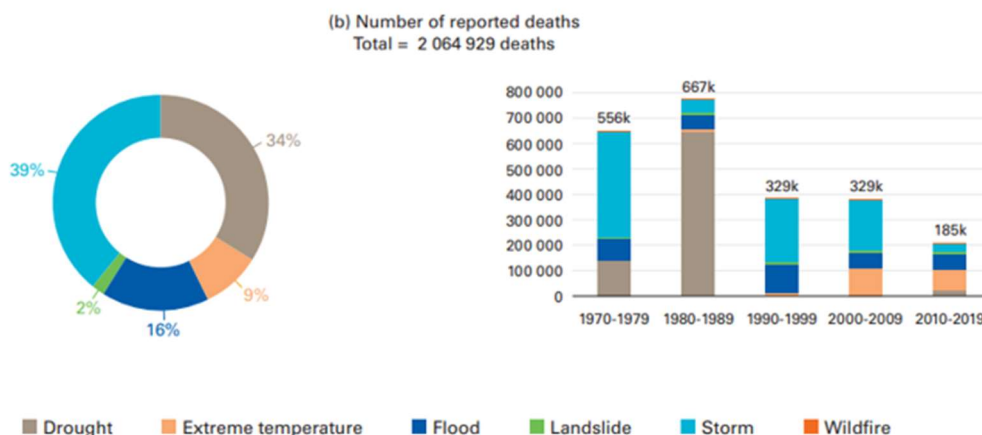
Do ponto de vista econômico, existem múltiplas estimativas do quanto as mudanças afetam a economia global, o modelo mais utilizado é o modelo DICE, elaborado por William Nordhaus na década de 1990, que foi atualizado ao longo dos anos, cujo objetivo é precificar o custo social do carbono, que é o principal gás do efeito estufa. Conforme estudo do PNAS (2024), utilizando a última versão do Modelo DICE, o resultado de um aquecimento de cerca de 3 °C, gera uma perda no PIB global de 1,6%.

2.2. EVENTOS EXTREMOS

Outros tipos de impactos gerados pelo aquecimento global, além de efeitos econômicos, são os chamados eventos extremos, ou catástrofes naturais. Um evento destes é definido pela WMO (2021), como uma ocorrência natural em certo período e espaço de tempo com características não usuais em termos de magnitude, localidade, tempo e/ou extensão. Ainda conforme dados da WMO (2021), para o período entre 1970 e 2019, os 5 tipos de eventos extremos que causaram maior número de mortes foram as “secas (650.000 mortes), tempestades (577 232 mortes), inundações (58 700 mortes) e temperaturas extremas (55 736

mortes). A seguir, apresenta-se o gráfico com as mortes reportadas por este tipo de evento, abertas por década (Figura 3):

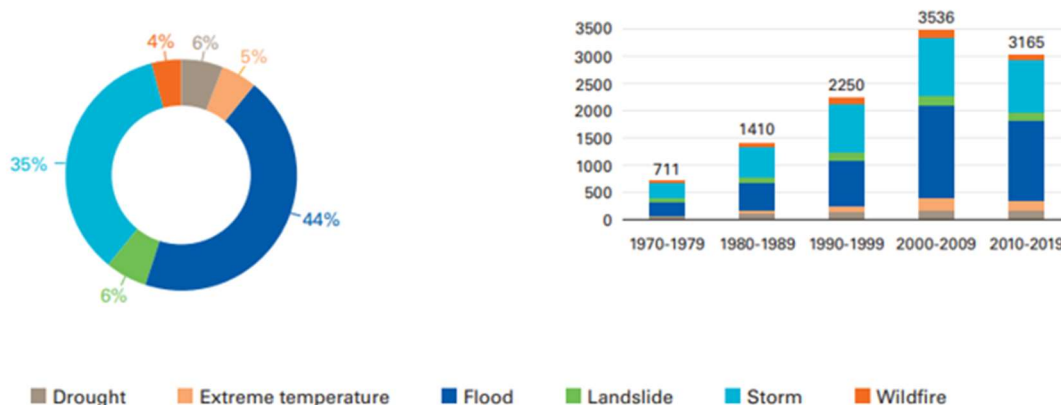
Figura 3 - Número de mortes causadas por desastres naturais (1970 – 2019)



Fonte: WMO (2021)

O gráfico demonstra uma queda no número de mortes ao longo do tempo, entretanto, este cenário ocorre em função de maiores esforços de prevenção e evolução tecnológica, que gera um maior prepara a este tipo de eventos, conforme mencionado no relatório da WMO (2021). Entretanto, quando levamos em consideração o número de ocorrências de catástrofes climáticas, temos uma tendência de aumento ao longo das décadas, com um total de 4.371 eventos reportados entre 1970 e 1999, enquanto entre 2000 e 2019 foram 6.701, um crescimento de aproximadamente 53%, conforme visto na Figura 4:

Figura 4 - Número de desastres naturais reportados (1970 – 2019)



Além das perdas humanas gerados por eventos do tipo, também pode-se contabilizar largas perdas econômicas, estima-se que nos 50 anos de dados apurados para elaboração do relatório da WMO (2021), o valor total das perdas

geradas pelos tipos de eventos mencionados na Figura 3, são na casa dos US\$3,6 Trilhões de dólares.

A Figura 5 apresenta a relação de maiores eventos extremos, classificados por número de mortes (a) e por perdas econômicas (b) durante o período entre 1979 e 2019:

Figura 5 - Maiores desastres naturais

(a)	Disaster type	Year	Country	Deaths
1	Drought	1983	Ethiopia	300 000
2	Storm (<i>Bhola</i>)	1970	Bangladesh	300 000
3	Drought	1983	Sudan	150 000
4	Storm (<i>Gorky</i>)	1991	Bangladesh	138 866
5	Storm (<i>Nargis</i>)	2008	Myanmar	138 366
6	Drought	1973	Ethiopia	100 000
7	Drought	1981	Mozambique	100 000
8	Extreme temperature	2010	Russian Federation	55 736
9	Flood	1999	Bolivarian Republic of Venezuela	30 000
10	Flood	1974	Bangladesh	28 700
(b)	Disaster type	Year	Country	Economic losses (in US\$ billion)
1	Storm (<i>Katrina</i>)	2005	United States	163.61
2	Storm (<i>Harvey</i>)	2017	United States	96.94
3	Storm (<i>Maria</i>)	2017	United States	69.39
4	Storm (<i>Irma</i>)	2017	United States	58.16
5	Storm (<i>Sandy</i>)	2012	United States	54.47
6	Storm (<i>Andrew</i>)	1992	United States	48.27
7	Flood	1998	China	47.02
8	Flood	2011	Thailand	45.46
9	Storm (<i>Ike</i>)	2008	United States	35.63
10	Flood	1995	Democratic People's Republic of Korea	25.17

Fonte: WMO (2021)

O Brasil não se encontra livre dos impactos relacionados a eventos extremos, apesar do risco praticamente nulo de furacões, tsunamis e terremotos, por exemplo, conforme mencionado no tópico de Estratégia de Gestão de Risco de Desastres do Plano Nacional de Adaptação ao Clima – PNA, do Ministério do Meio Ambiente (2016) o país possui tipologias de desastres naturais relacionadas a eventos hidrometeorológicos e climatológicos, o que inclui chuvas, inundações, secas e temperaturas altas extremas. Na Figura 6, estão distribuídos os principais

tipos de desastres por região do Brasil, bem como o % de pessoas afetadas, naquela região e % de ocorrências de óbitos por região de ocorrência:

Figura 6 - Características de desastres naturais por região no Brasil

Região	Principais tipos de Desastres	% pessoas afetadas 1991-2012	% óbitos CEPED (2013)	Características relevantes e determinantes do risco de desastres
Sul	Diversidade muito grande, destacando-se as secas e estiagens, inundações bruscas e vendavais/ciclones	22,68	13,43	Severamente atingida por tempestades, vendavais e granizo. É a única atingida por ciclones (zona costeira). É afetada por muitos sistemas climáticos de instabilidade e também por bloqueios atmosféricos. O vetor AMEAÇA é determinante na intensificação dos risco atual e futuro.
Sudeste	Movimentos de massa, inundações, enxurradas e alagamentos. As secas merecem destaque no Norte e Nordeste de Minas Gerais.	22,17	66,56	Alta densidade demográfica aliada à ocupação desordenada em áreas de risco (alta exposição). Grandes contrastes sociais e alta vulnerabilidade em diversos grupos sociais. Apresenta o maior número de mortes/milhão de hab, cerca de 28,50. Do total de registros do país, o SE teve 79% dos registros de movimentos de massa no período 1991-2012, destacando-se o estado de MG com 60%.
Centro Oeste	Diversificado. Destaque para inundações graduais, secas, enxurradas e erosão, além dos recorrentes incêndios florestais.	4,09	0,41	Região com vocação agrícola, baixa densidade populacional (baixa exposição). Série histórica insuficiente para identificar padrões da evolução dos desastres. Merece atenção devido ao seu recente desenvolvimento, que pode trazer novas vulnerabilidades e aumento da exposição.
Nordeste	Majoritariamente as secas, devido à dimensão territorial. Mas as inundações (graduais ou bruscas) se destacam pela magnitude dos impactos.	44,09	15,84	Alta variabilidade interanual de chuvas e baixa capacidade de armazenamento de água no solo, sendo estes fatores limitantes pra o desenvolvimento local (ameaça). Regiões metropolitanas são muito expostas e vulneráveis a inundações, desalojando e desabrigoando muitas pessoas e causando significativo número de óbitos. Região com o maior número de pessoas afetadas por desastres (47.63%)
Norte	Inundações (graduais e bruscas) e secas	6,97	3,80	População ribeirinha é fortemente atingida pelas inundações (exposição), havendo muitos problemas de saúde que são desencadeados em sequência (vulnerabilidades sociais). As principais atividades econômicas são diretamente impactadas pelas secas (exposição e vulnerabilidade econômica)

Fonte: PNA (2017)

A partir dos dados destacados na Figura 5, verifica-se que quase metade da população do Nordeste foi afetada por algum tipo de evento durante o período analisado, pela região em que se encontram, majoritariamente, secas. Entretanto, a maior proporção de óbitos, é proveniente da região sudeste (66% dos registrados), que sofre eventos decorrentes, principalmente, de fortes chuvas e suas consequências, entretanto, é preciso levar em consideração que a região

sudeste também possui maior densidade demográfica, fator que deve contribuir para maior número de óbitos.

2.3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MERCADO SEGURADOR

Os impactos das mudanças climáticas no mundo afetam diretamente o setor de seguros também, não só indiretamente, mas de forma direta, as catástrofes mencionadas são fontes de sinistros que geram impactos significativos no mercado. Mesmo com reservas e mecanismos como seguros e resseguros, eventos extremos são situações que capazes de gerar um alto número de sinistros, em quantidade e valor. Segundo dados da Swiss Re (2023), em 2022 os danos estimados observados a partir de desastres naturais, atingiram um montante de US\$275 Bilhões dos quais 45% estavam cobertos por algum tipo de seguro, ou seja, a estimativa total de sinistros as seguradoras e ressegurados é de aproximadamente US\$123 Bilhões.

Entretanto, evento únicos são capazes de gerar indenizações em escalas extremas, o furacão Katrina, por exemplo, sozinho foi responsável por gerar sinistros na casa dos US\$100 Bilhões, em valores atuais, conforme estimativas do Insurance Information Institute (III, 2024). Em valores ajustados, os 10 maiores eventos geradores de perdas seguradas na história, são responsáveis por um montante de US\$471 Bilhões, conforme Figura 7:

Figura 7 - Maiores perdas a seguradoras por desastres naturais

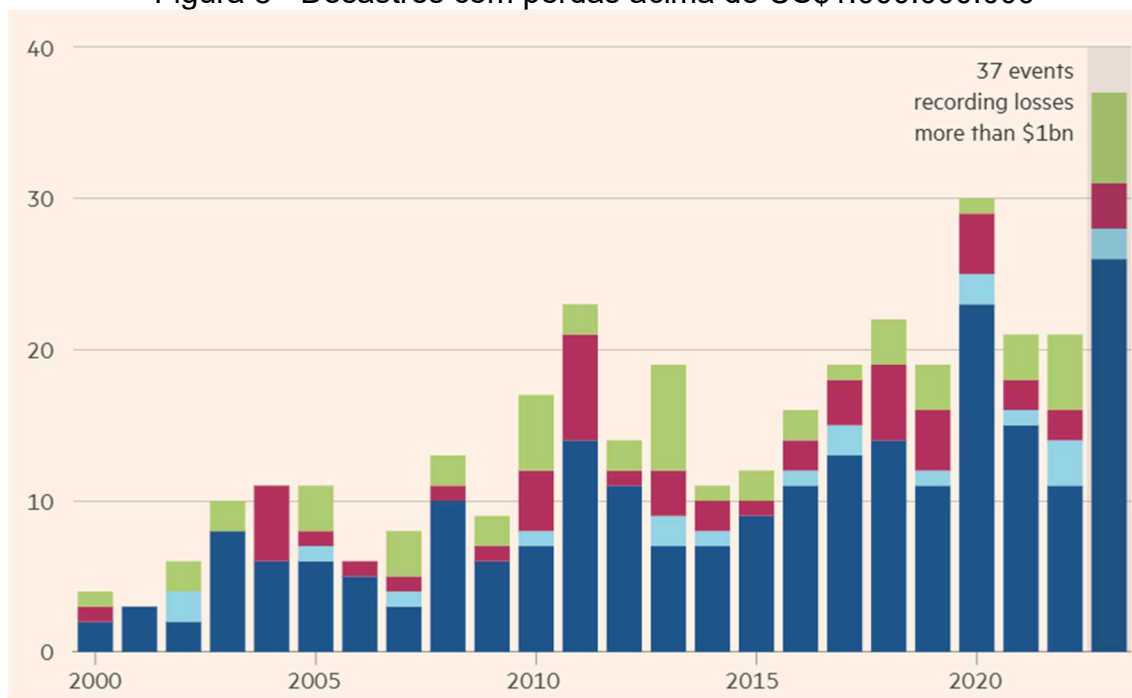
Rank	Date	Country/region	Event	Insured loss (2)
1	Aug. 2005	U.S.	Hurricane Katrina	\$102
2	Sept. 2022	U.S., Cuba	Hurricane Ian	56
3	Mar. 11, 2011	Japan	2011 Tohoku Earthquake/Tsunami	48
4	Sep. 2017	U.S., Caribbean	Hurricane Irma	42
5	Aug.-Sep. 2021	U.S., Caribbean	Hurricane Ida	41
6	Oct. 2012	U.S.	Hurricane Sandy	40
7	Aug. 2017	U.S.	Hurricane Harvey	38
8	Sep. 2017	U.S., Caribbean	Hurricane Maria	37
9	Aug. 1992	U.S., Bahamas	Hurricane Andrew	35
10	Jan. 17, 1994	U.S.	Northridge Earthquake	32

(2) Valores em bilhões, ajustados pela inflação do período

Fonte: Insurance Information Institute 2024

O Financial Times (FI) elaborou em 2024 uma série de reportagens nomeada “*the Uninsurable World*”, o mundo insegurável, em tradução livre, que discorreu sobre como as mudanças climáticas geraram um mundo cujo aumento no número de evento extremo gera, situações de difícil reposta para o mercado de seguros, dado o montante elevado dos sinistros gerados. Conforme dados levantados pelo Financial Times (2024), entre 2018 e 2023 houve 5 anos, com exceção apenas a 2019, com mais de 20 eventos cujo valor total de perdas seguradas foi acima de 1 bilhão de dólares, em termos de comparação, entre 2000 e 2010, houve no total 5 anos em que houve 10 eventos com perdas seguradas acima de 1 bilhão de dólares, conforme demonstrado na figura 8:

Figura 8 - Desastres com perdas acima de US\$1.000.000.000



Fonte: Financial Times (2024)

Portanto, dado a cenário de aumento no número e custo de ocorrências que atingem seguradoras e resseguradoras, é necessário a busca por métodos alternativos de captação de recursos para resposta a este tipo de evento.

2.4. CAT BONDS

Os *Insurance Linked Securities* (ISL) são uma alternativa aos riscos financeiros que incorrem sobre as seguradoras quando pensamos em eventos de

correntes de desastres naturais, conforme citado pelo Andy Polacek (Chicago Fed Letter, 2018), a idealização deste tipo de instrumento teve seu início a partir dos sinistros decorrentes do Furacão Andrew, que atingiu a Florida no ano de 1992. O mercado de seguros norte americano possui grau de maturidade e penetração na sociedade americana muito além do cenário que vemos no Brasil. As estimativas de custos materiais provocados pelo fenômeno são na casa dos bilhões de dólares, dos quais a maior parte era segurada. Em artigo publicado pela companhia de seguros Axa XL (2022), é mencionado que ao menos 16 seguradoras a época faliram em decorrência dos custos oriundos do furacão, o que demonstra como grandes eventos, que levam a um número significativo de sinistros ao mesmo tempo, são um risco a solvência das seguradoras. Conforme demonstrado na Figura 4, mesmo em 2024, o Furacão Andrew segue entre os eventos climáticos de maior impacto econômico de todos os tempos, mesmo com sua ocorrência datada há cerca de 30 anos.

Foi a partir deste cenário que se entendeu que os a metodologia e os mecanismos de seguros, resseguros e cosseguros existentes a época não eram suficientes para prever mitigar o risco de solvência das companhias, assim, buscou-se no mercado financeiro por alternativas para captação de recursos que servissem para custear situações do tipo.

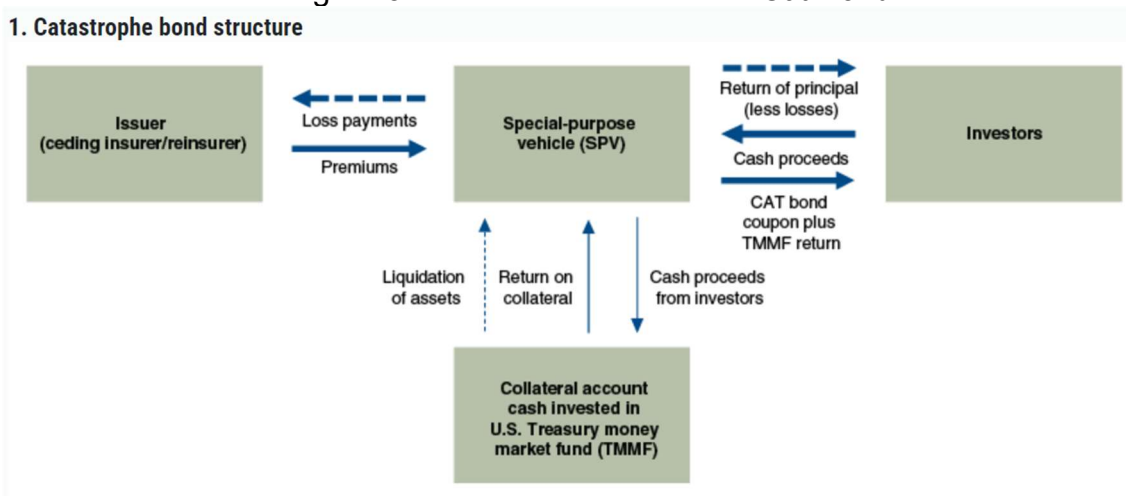
Conforme definição do Boxe 2 – Estatísticas de títulos de dívida (Banco Central do Brasil, 2021), títulos de dívida são “títulos de dívida são instrumentos financeiros negociáveis e que servem como evidência de dívida”, ou seja, são instrumentos utilizados por empresas ou governos para captação de recursos que serão usados para investimentos ou outras atividades. Em troca o investidor detentor do papel receberá o principal acrescido da remuneração de juros do período, em contrapartida, também existe um risco, caso a empresa quebre, por exemplo, é provável que o investidor não recupere seu dinheiro.

A partir desta inspiração, surgem os *Insurance Linked Securities* ou, em tradução livre, Valores Mobiliários Vinculados a Seguros, em que é feita a captação de recursos por meio de investidores para custeio de uma apólice de seguros específica. Assim como em *bonds* corporativos ou governamentais, ILS também são, inclusive, classificados por agências de ratings internacionais, como Fitch,

Moody's e S&P, conforme mencionado por BARRERO e RAFAEL (2020), a diferença na classificação destes títulos é esta na metodologia utilizada para embasamento, que em *Cat Bonds* baseia-se na probabilidade de ocorrência de seu evento gatilho, enquanto nos corporativos, é definida pela possibilidade de falência da empresa emissora.

Este tipo de papel é emitido pelas seguradoras, principalmente, para catástrofes, assim surgem os *bonds* apelidados de *Cat Bonds*. Seu funcionamento é demonstrado pela figura 9:

Figura 9 - Funcionamento de um *Cat Bond*



Fonte: Chicago Fed Letter (2018)

A figura acima, demonstra o funcionamento de um *Cat Bond*, com base no cenário americano, em que *Issuer* representa a seguradora e *Investor*, são os investidores. O SPV é um fundo criado para fim específico, estes fundos têm como finalidade, principalmente, garantir que o patrimônio da seguradora e a arrecadação do *Cat Bond* não se misturem, assim, garantindo que todo o dinheiro arrecada será utilizado para cobertura para seu fim específico e não para outras obrigações da seguradora. A *Collateral account*, retrata o investimento do título em papéis do tesouro americano. A partir disto, o desenrolar do cenário segue os seguintes passos:

- 1: Seguradora constitui um fundo de finalidade específica, criado unicamente para arrecadação, cuja meta, será o valor do prêmio a ser coberto;

- 2: O fundo faz a emissão de títulos que serão ofertados e comprados pelos investidores. Em troca é fixado alguma remuneração a ser paga ao investidor na liquidação do ativo.

- 3.1: O título possui prazo definido, geralmente em anos, em caso de ocorrência da catástrofe, o valor do fundo é utilizado para arcar com os sinistros, se estes foram menores que o total arrecadado, o saldo residual é devolvido aos investidores.

- 3.2: Caso a catástrofe principal não ocorra, os investidores recebem o principal + juros do papel ao final do período.

Vale destacar também que todo *Cat Bonds* depende de um evento gatilho, ou seja, o sinistro coberto e responsável por acionar o *Cat Bond* para que seja feito o pagamento a seguradora depende do título emitido e pode ser definido de formas distintas como:

Gatilho de indenização – o tipo de gatilho mais comumente utilizado, em que o pagamento é definido com base na perda real calculada e que deverá ser paga pela seguradora e/ou resseguradora. Neste caso, é definido um limiar de perda causada pela catástrofe e se for atingido, os fundos arrecadados por meio dos títulos serão utilizados para cobertura dos sinistros. Por exemplo: em caso de um terremoto, o simples evento do terremoto não é suficiente para acionar a utilização dos fundos, é fixado que os danos gerados por ele devem causar danos de, no mínimo, R\$10.000.000,00, em qualquer valor abaixo disso, os sinistros serão pagos apenas pelas seguradoras, sem aporte dos valores arrecadados via *Cat Bonds*.

A seguradora é uma grande beneficiária desta metodologia pois o cálculo dos prejuízos que deverão ser pagos é feito por ela mesma e valor utilizado do fundo a ser utilizado cobrirá todo este valor, então a cobertura é de 100% da importância segurada. Em contrapartida, é uma metodologia que possui baixa transparência para com os investidores e o cálculo e divulgação do impacto no fundo pode levar tempo.

Gatilho de perda da indústria – neste caso, o acionamento depende do valor calculado de perdas incorridas de fato na indústria, comércio e comunidade do local em que houve a catástrofe. Nesta metodologia, é comum que seja feita a contratação de empresa terceira, especializada para avaliar o impacto econômico

e perdas incorridas. Por exemplo: em caso de um terremoto, o valor dos sinistros e prejuízos que serão pagos pela seguradora não definem a utilização do fundo. Caso o trigger para acionamento seja de R\$10.000.000,00 em prejuízos econômicos, é definida uma empresa terceira que fará uma avaliação independente dos danos causado no local atingido, e assim é definido o montante que a seguradora será reembolsada via valor arrecadado pelos *Cat Bonds*.

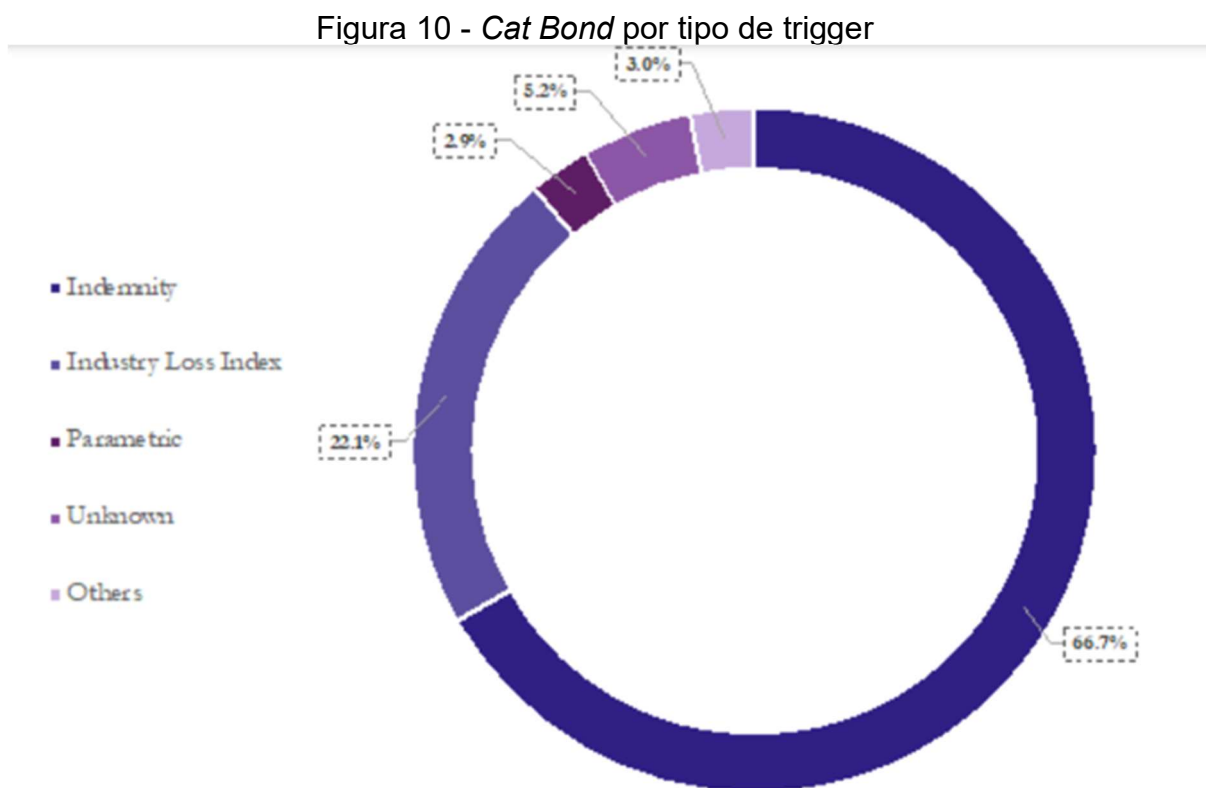
É um método vantajoso aos investidores, pois elimina o risco de a seguradora supervalorizar os sinistros em benefício próprio, entretanto a seguradora corre o risco de não ter o montante total de indenizações coberta, sendo obrigada a utilizar suas reservas próprias para complementar os valores.

Gatilho paramétrico – este é um gatilho que não é acionado com base no valor de prejuízo gerado por uma catástrofe, como nos casos anteriores, mas sim a partir de uma métrica pré-estabelecida, objetiva e que possa ser medida no momento do fato gerador, como a magnitude do desastre, e o que definirá o montante do fundo a ser utilizado é calculado com base em um modelo que estima as perdas a partir desta magnitude. Por exemplo: em caso de um terremoto, o trigger para acionamento não é um valor calculado, aqui será definido que o pagamento é feito em caso de terremoto cuja sua magnitude na Escala Richter será acima de 7. E o valor do montante destinado a seguradora é feita com base em modelo que estima os prejuízos gerados por uma catástrofe com essa escala.

É um método vantajoso pela sua transparência, com métricas claras e objetivas para todos os agentes envolvidos, além de sua estimação mais veloz, pois já deverá existir modelo pré-existente para avaliação do valor liberado em caso de ocorrência e não depende de pesquisa e avaliação de dados pós catástrofe. Em contrapartida a elaboração e calibração de um modelo que possa prever de forma precisa o impacto de uma catástrofe, antes de sua ocorrência, exige elevada complexidade e investimentos para sua formulação, então caso descalibrado pode gerar resultados distintos dos prejuízos causados, supervalorizando ou subvalorizando o impacto do evento.

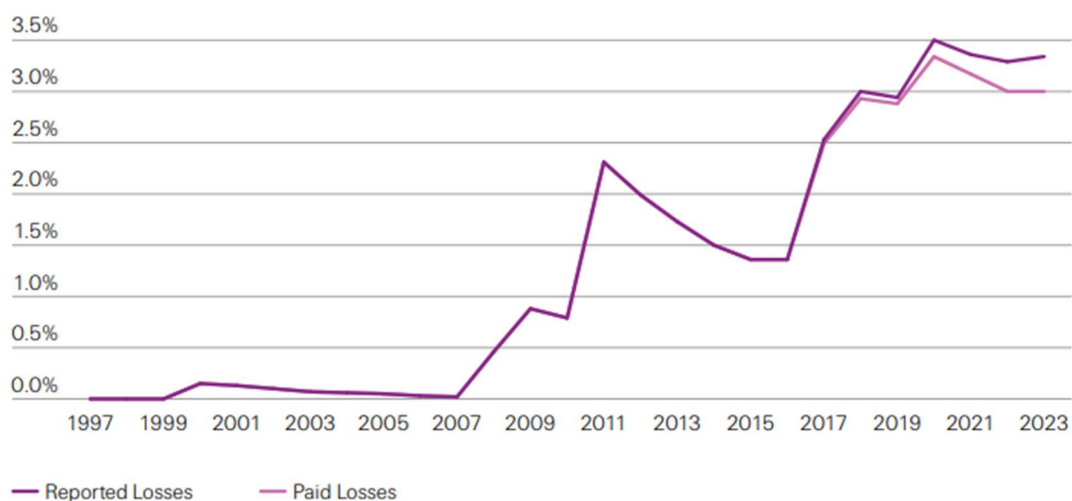
Estes são as três metodologias mais utilizadas para estimação de pagamento de indenizações via *Cat Bonds*, também existem alternativas como utilização de gatilhos híbridos ou com base em indenizações estimadas, mas

estimadas por modelos ao invés de cálculo da própria seguradora. Abaixo, a Figura 10 demonstra a utilização de cada método:



Fonte: Artemis (2023)

Independentemente da metodologia utilizada como gatilho, ISLs, no geral, apresentam-se como um mecanismo extremamente competente para garantir a cobertura e pagamento aos eventos para os quais são emitidos, o relatório *Insurance-Linked Securities Market Insights* (Swiss Re, 2024), apresenta uma comparação perdas reportadas vs. perdas pagas a partir de sinistros cobertos por *Cat Bonds*:

Figura 11 - Índice de cobertura de indenizações por *Cat Bonds*

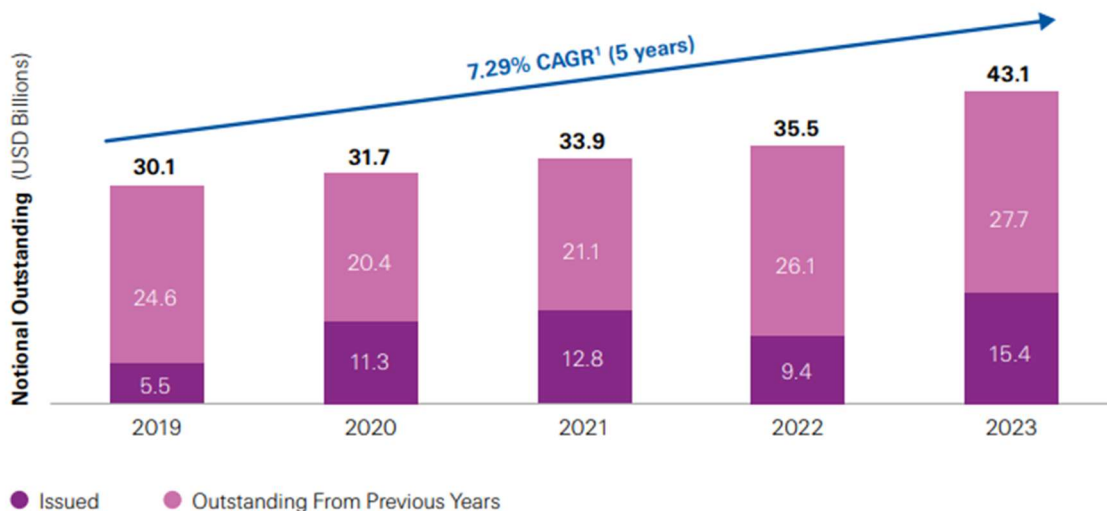
2.5. MERCADO GLOBAL DE CAT BONDS

Apesar de uma classe de ativos ainda emergente e relativamente nova, o mercado global de *Cat Bonds* demonstra um crescimento constante em anos recentes. Apesar de existirem riscos para o investidor na aquisição destes títulos, a maior parte dele possui rating B ou BB, pelas agências de rating, logo, o risco de um retorno negativo gira na casa de 1%, conforme mencionado por BARRERA e RAFAEL (2020).

Conforme dados da Aon (2024), no ano de 2023 o mercado primário, ou seja, compra feito pelos investidores na emissão dos títulos, cresceu cerca de 21% em 2023, quando comparado a 2022. O valor total de títulos no mercado, somando emitidos em 2023 e em anos anteriores, alcançou cerca de US\$42 bilhões, o maior patamar na história, para esta modalidade. Quando considerados apenas *Cat Bonds* de 2023, o montante total é de aproximadamente US\$15.5 bilhões, também o maior valor de emissões na história. Montante que, inclusive, não possui como órgão emissor, apenas seguradoras e resseguradoras, entidades governamentais arrecadaram um total de US\$ 4.8 bilhões dos montantes citados, a *California Earthquake Authority* (CEA) é responsável por US\$ 1.5 bilhão, um valor recorde de emissão por uma entidade desde os primórdios da modalidade.

Estes dados também são respaldados pelo relatório do quarto trimestre da Swiss Re (2024), conforme gráfico abaixo, os valores estimados do tamanho do mercado são muito próximos aos mencionados anteriormente:

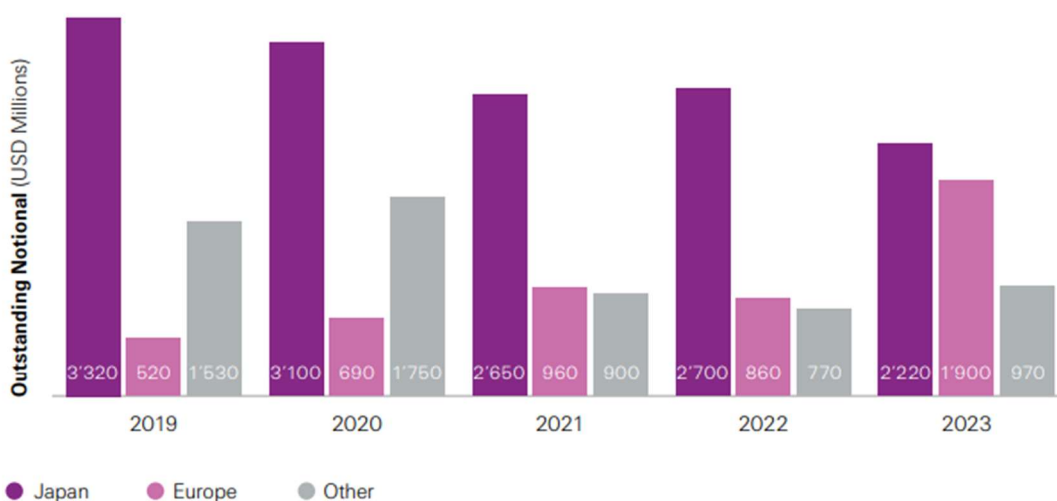
Figura 12 - Tamanho do mercado de ILS (por valor de emissão)



Fonte: Swiss Re (2024)

Apesar dos EUA serem o país mais proeminente na emissão ILS, o Japão e possuem mercados ativos e que movimentam centenas de milhões de reais anualmente:

Figura 13 - Emissão de *Cat Bonds* (por região fora EUA)



Fonte: Swiss Re (2024)

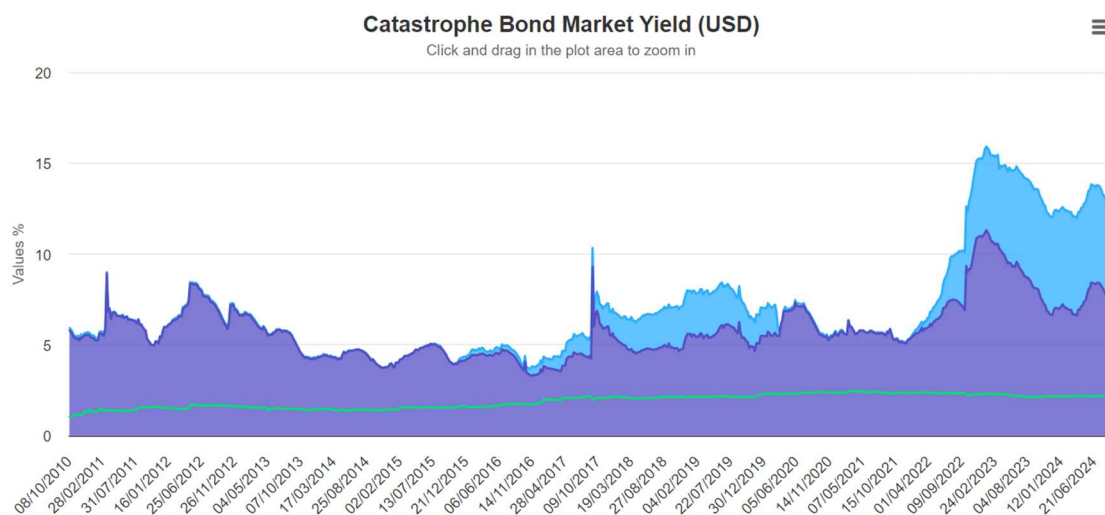
Os resultados recentes demonstrados pela performance e capacidade de arrecadação dos *Cat Bonds* no mercado, mostra que esta espécie de título se

consolida e mostra-se como possibilidade não de substituir papéis comuns, emitidos por governos ou empresas privadas, mas como forma de diversificação de carteira, pois, conforme mencionado por BARRERA E RAFAEL (2020):

“... riscos de catástrofes naturais oferecem um excelente meio de diversificação dada sua correlação marginal com riscos financeiros. Neste sentido, são um mais e mais investidores estarão interessados neste mercado porque investir em *Cat Bonds* representa uma forma mais estruturada e documentada de assumir exposição de risco a catástrofes naturais do que investir em ações de companhias de seguro.”

Outro fator que leva ao crescimento do mercado no exterior são os retornos gerado por essa modalidade de investimento, conforme levantamento da plataforma interativa da Artemis (2024), que agrupa e pondera o retorno médio de múltiplos títulos, em setembro de 2024, o retorno médio de mercado é de 11,15%, em janeiro de 2023, data em que a apuração foi mais alta, os valores chegaram a 15,91%:

Figura 14 - Retorno médio de mercado *Cat Bonds*



Fonte: Artemis (2024)

Títulos do governo norte americano, apresentam retorno consideravelmente mais baixo, apesar de serem considerados *Risk Free*, no mesmo período em que *Cat Bonds* apresentam um retorno médio de 11,15%, os títulos mais rentáveis chegam a 4,62%:

Figura 15 - Retorno de títulos públicos americanos

Treasury Yields

NAME	COUPON	PRICE	YIELD	1 MONTH	1 YEAR	TIME (EDT)
GB3:GOV 3 Month	0.00	4.51	4.62%	-42	--	10:08 PM
GB6:GOV 6 Month	0.00	4.27	4.42%	-28	--	10:08 PM
GB12:GOV 12 Month	0.00	4.00	4.18%	+9	--	10:08 PM
GT2:GOV 2 Year	3.50	99.17	3.94%	+29	--	10:08 PM
GT5:GOV 5 Year	3.50	98.48	3.84%	+35	--	10:08 PM
GT10:GOV 10 Year	3.88	98.94	4.01%	+30	--	10:09 PM
GT30:GOV 30 Year	4.25	99.30	4.29%	+28	--	10:08 PM

Fonte: Bloomberg (2024)

Entretanto, este é um fator a ser considerado na tropicalização deste tipo de título para países emergentes, como o Brasil. As taxas de juros negociadas pelos governos federais são consideravelmente maiores quando comparadas aos EUA, Japão e Europa. Portanto, para ser um investimento atrativo a investidores, é necessário que apresente uma taxa de retorno elevada. No âmbito econômico e financeiro temos o conceito da aversão a riscos, ou seja, há uma tendência entre investidores a optar por realizar investimentos que possuem menor grau de incerteza, para tomada de maior risco, espera-se um retorno maior. No caso do Brasil, a taxa básica de juros (SELIC), em muitos momentos, está acima do retorno médio de *Cat Bonds* (11,15%), visto anteriormente, na data de elaboração deste estudo, meta da taxa é de 11,25%:

Figura 16 - Evolução da taxa Selic



Fonte: BENEVIDES (2024)

2.6. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O Sistema Financeiro Nacional brasileiro é um ambiente altamente regulado e monitorado pelos Órgãos Reguladores como a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e Banco Central do Brasil (BCB), por meio da emissão de Resoluções e Normativos, além do Governo Federal com as Leis.

Assim, foi disposta a Lei nº 14.430, de 3 de agosto de 2022, com o Marco Legal da Securitização, esta “Dispõe sobre a emissão de Letra de Risco de Seguro (LRS) por Sociedade Seguradora de Propósito Específico (SSPE), sobre as regras gerais aplicáveis à securitização de direitos creditórios e à emissão de Certificados de Recebíveis e sobre a flexibilização do requisito de instituição financeira para a prestação do serviço de escrituração e de custódia de valores mobiliários.

Na mesma linha, ainda no mesmo ano, foi elaborada pela Comissão Nacional de Seguros Privados, a Resolução CNSP Nº 453, de 19 de dezembro de 2022 que “Dispõe sobre a emissão de Letra de Risco de Seguro por meio de Sociedade Seguradora de Propósito Específico e dá outras providencias.”

Para a emissão das LRS, será necessária uma Sociedade Seguradora de Propósito Específico, ou seja, uma personalidade jurídica construída para um

projeto específico na celebração de seu contrato, neste caso o fim específico trata-se da aceitação dos riscos que serão vinculados ao instrumento de dívida que é a LRS. Essa sociedade seguradora é independente, patrimonialmente, da seguradora em si. O objetivo é garantir que todo o capital levantado por meio da emissão da LRS seja segregado ao das seguradoras, pois seu objetivo de ser vinculado unicamente a utilização para cobertura dos riscos cobertos ou para remuneração dos investidores.

A Letra de Risco de Segura é um título transferível e de livre negociação, ou seja, ele pode ser emitido e posteriormente, revendido no mercado secundário, além de ser, necessariamente, vinculado a risco de seguros e resseguros, não necessariamente catástrofes, podem ser riscos relativos a uma carteira de saúde complementar, previdência ou outros permitidos pela CNSP.

A LRS será emitida pela SSPE tendo com contraparte, necessariamente um investidor profissional, logo, não pode ser comprado por qualquer pessoa física ou jurídica, a definição é dada pela Instrução CVM nº 554, de 17 de dezembro de 2014:

“São considerados investidores profissionais:

I – instituições financeiras e demais instituições autorizadas a funcionar pelo Banco Central do Brasil;

II – companhias seguradoras e sociedades de capitalização;

III – entidades abertas e fechadas de previdência complementar;

IV – pessoas naturais ou jurídicas que possuam investimentos financeiros em valor superior a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais) e que, adicionalmente, atestem por escrito sua condição de investidor profissional mediante termo próprio, de acordo com o Anexo 9-A;

V – fundos de investimento;

VI – clubes de investimento, desde que tenham a carteira gerida por administrador de carteira de valores mobiliários autorizado pela CVM;

VII – agentes autônomos de investimento, administradores de carteira, analistas e consultores de valores mobiliários autorizados pela CVM, em relação a seus recursos próprios;

VIII – investidores não residentes.” (NR)”

2.7. ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE CAT BONDS

Na literatura acadêmica, é possível identificar diversos estudos anteriores voltados ao entendimento dessa modalidade de instrumento, suas ramificações, problemas, inovações e relevância no mercado.

Conforme observado por Cummins (2007), após o desenvolvimento dos ILS, durante os anos noventa, apesar dos *Cat Bonds* serem a principal forma de ILS o mercado também desenvolveu outras formas dos instrumentos para suportar seguradoras e resseguradoras como sidecars, *Catastrophic Equity Puts (Cat-E-Puts)*, *Catastrophe Risk Swaps* e os *Industry Loss Warranties*. Cummins (2007) ainda cita que estes objetos alternativos de transferência de riscos representam mais da metade do mercado de retrocessão de seguros de propriedade e crescem também em outros setores do mercado.

Porém, ainda há alguns problemas relacionados ao este mercado, Cummins (2007) cita aspectos regulatório, tributários e contábeis relativos ao reconhecimento destes instrumentos, apesar não considerar sérios problemas. GOTZE e GURTLER (2020) ainda comentam sobre o desequilíbrio no prêmio dos *Cat Bonds*, que é influenciado não apenas por fatores de risco e mercado, mas também pela credibilidade do emissor.

Entretanto, quando considerado os objetivos para os quais foram desenvolvidos os *Cat Bonds*, como a captação de recursos e diversificação de riscos financeiros, é possível concluir pelo sucesso de sua aplicação e introdução no mercado financeiro, tanto para companhias de seguro e resseguro, quanto para os investidores autores como KISH (2016) demonstram em seus estudos, por uma

série de *proxies*, que os retornos gerados por este meio de ativos compensam os riscos assumidos pelos investidores, enquanto CUMMINS (2007), na data de seu estudo, já mencionava que o tipo de ativo deveria desempenhar papel importante para o financiamento de riscos de grandes catástrofes, previsão corroborada com os dados recentes de mercado recentes, como dos relatórios da SWISS RE (2024) e AON (2024).

3. METODOLOGIA

Para simulação do valor de arrecadação necessário para a criação de um *Cat Bond* emitido pensando nas características do mercado brasileiro, foram coletados dados da Defesa Civil, por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), em que são registrados desastres, danos humanos e materiais e prejuízos econômicos públicos e privados oriundos dos desastres.

A partir das informações coletadas no período de 01/01/2013 e 31/12/2023, foi idealizado um *Cat Bond* para cobertura de danos materiais, em unidades habitacionais, instalações públicas e obras públicas. As seguintes premissas e dados foram adotados para elaboração da simulação de cobertura de riscos:

- Cobertura contra danos causados por prejuízos materiais decorrentes dos seguintes fatores, dispostos nos dados do S2Id:

- Alagamentos
- Ciclones - Marés de Tempestade (Ressacas)
- Enxurradas
- Inundações
- Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas
- Tempestade Local/Convectiva - Granizo
- Tempestade Local/Convectiva - Tempestade de Raios
- Tempestade Local/Convectiva - Tornados
- Tempestade Local/Convectiva - Vendaval

- Cobertura para prejuízos causados nas seguintes modalidades de instalações:

- Instalações públicas de ensino
- Instalações públicas de saúde
- Instalações públicas de uso comunitário
- Instalações públicas prestadoras de outros serviços
- Obras de infraestrutura pública
- Unidades Habitacionais

- Cobertura para cidades e municípios que fazem parte da grande São Paulo, conforme dados da CETESB (2024), são elas:

Tabela 1 - Municípios da grande São Paulo

Arujá	Ferraz de Vasconcelos	Mairiporã	Santana do Parnaíba
Barueri	Francisco Morato	Mauá	Santo André
Biritiba Mirim	Franco da Rocha	Mogi das Cruzes	São Bernardo do Campo
Caieiras	Guararema	Osasco	São Caetano do Sul
Cajamar	Guarulhos	Pirapora do Bom Jesus	São Lourenço da Serra Suzano
Carapicuíba	Itapeçerica da Serra	Poá	São Paulo
Cotia	Itapevi	Ribeirão Pires	Suzano
Diadema	Itaquaquecetuba	Rio Grande da Serra	Taboão da Serra
Embu	Jandira	Salesópolis	Vargem Grande Paulista
Embu-Guaçu	Juquitiba	Santa Isabel	

Fonte: CETESB (2024)

Todos os dados coletados para a simulação são referentes a relatórios disponibilizados no domínio S2id.mi.gov.br.

No capítulo a seguir serão detalhados os cálculos da precificação a ser realizada para embasar a modelagem do Cat Bond.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. APURAÇÃO DE PRÊMIO DE RISCO

Todos os dados coletados para a simulação são referentes a relatórios disponibilizados no domínio S2id.mi.gov.br, que cobrem o período entre 01/01/2013 e 31/12/2023. A Tabela a seguir apresenta a relação de todos os valores apurados (R\$ mil):

Tabela 2 - Valores de perdas decorrentes de desastres (2013 – 2023)

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
50.660	10.026	2.050	700	7.310	915	209	1.228	5.101	2.100	741
-	14.475	11.653	2.345	-	-	810	4.000	-	3.979	4.550
-	16.100	-	7.000	-	-	870	8.516	-	15.418	5.623
-	26.208	-	9.504	-	-	1.038	14.850	-	28.414	10.129
-	-	-	11.584	-	-	2.405	20.400	-	78.000	11.096
-	-	-	13.144	-	-	2.947	23.100	-	239.228	25.211
-	-	-	-	-	-	7.420	25.000	-	-	25.223
-	-	-	-	-	-	9.445	423.589	-	-	-
-	-	-	-	-	-	14.406	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	17.490	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	30.331	-	-	-	-

Fonte: S2id (2024)

Dada a quantidade limitada de registros, ao todo são 48 registros de danos materiais causados pelas causas em escopo, adotou-se como premissa a Lei dos Grandes Números, que pressupõe que a média aritmética de uma experiência realizada repetidas vezes, tende a se aproximar do valor esperado à medida que mais tentativas se sucedem, portanto, aproximam-se de uma distribuição normal.

A partir da base de dados disponível, foram coletadas as premissas:

- Dano mínimo: R\$208.800;
- Dano máximo: R\$423.589.372;
- Média de danos: R\$25.969.609
- Desvio Padrão: R\$68.565.950
- Tamanho da amostra: 48 ocorrências

Por característica, *Cat Bonds* tem como objetivo a cobertura de sinistros relevantes e de alto impacto econômico, assim foi estimado um *trigger* monetário

para a utilização do fundo catástrofe. Para definição do valor do *trigger*, considerou-se os 25% maiores sinistros (4º Quartil), portanto, valor Z score a ser considerado conforme tabela padrão é de 0,67 (com base em uma distribuição normal, o cálculo foi feito utilizando tabela Z.

$$Z = 0,67$$

$$\text{Média: } 25.969.609$$

$$\text{Desvio Padrão: } 68.565.950$$

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$Z = 0,67$$

$$\mu = 25.969.609$$

$$S = 68.565.950$$

$$n = 48$$

$$0,67 = \frac{\bar{X} - 25.969.609}{\frac{68.565.950}{\sqrt{48}}} = 32.600.360$$

O Resultado obtido que para um *Cat Bond* com objetivo de cobrir as 25% catástrofes mais relevantes pelo aspecto econômico, seu trigger de acionamento deve ser R\$32.600;360.

A partir da definição do *trigger*, é preciso estimar o volume de captação necessário para cobertura de grandes catástrofes, que causam danos acima do *trigger* definido. Neste caso, a amostra é de apenas 4 ocorrências:

1º - R\$50.660.000

2º - R\$78.000.000;

3 º - R\$239.228.091;

4º - R\$423.589.372;

Portanto, foi utilizada distribuição t-student para mensuração de qual seria o montante de arrecadação necessário para cobrir 95% das possíveis perdas. Os parâmetros utilizados para o teste foram:

- Graus de liberdade: 3

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = 3,3534$$

$$\mu = 197.869.365$$

$$S = 171.948.953$$

$$n = 4$$

$$3,3534 = \frac{\bar{x} - 197.869.365}{\frac{171.948.953}{\sqrt{4}}} = R\$486.176.175$$

O valor identificado, que cobre 95% dos desastres é de R\$486.176.175.

Para a verificação da frequência de sinistros desejada, utilizou-se uma distribuição de Poisson a partir dos dados coletados:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} * \lambda^x}{x!}$$

No período de 11 anos em que foram coletos dados (2013 – 2023), identificamos 4 ocorrências de eventos que ocasionariam o acionamento do Trigger. Buscou-se a probabilidade de ocorrência de um evento no período de 1 ano, assim, os parâmetros utilizados para formulação do cálculo foram os seguintes:

$$\lambda = \frac{4}{11} = 0,363636$$

$$x = 1$$

$$P(1) = \frac{e^{-0,363636} * 0,363636^1}{1!} = 25,28\%$$

A partir das informações de valor médio necessário para cobertura de sinistros frequência, foi feito o cálculo do prêmio de risco:

$$Pr = 25,28\% * R\$486.176.175 = R\$122.895.424$$

4.2. DEFINIÇÃO DO PAPEL

A partir do levantamento do montante necessário para cobertura dos sinistros objeto do *Cat Bond*, é possível simular a emissão dos títulos. Inicialmente, é necessário propor o valor de face, ou valor nominal, que representa o valor do título no momento do resgate (REIS, 2019). No momento da emissão o título deverá ser negociado de forma descontada, ou seja, a um valor abaixo do nominal. Para definição do valor de desconto, será feito cálculo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), um indicador que representa qual a remuneração mínima que um investimento deve oferecer ao investido para que ele seja viável economicamente (REIS, 2019).

Uma das metodologias mais utilizadas pelo mercado para estimar este indicador é o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), em português, Modelo de Precificação de Ativos de Capital. Conforme Reis (2019) este é um modelo para “precificar títulos de risco e gerar retornos esperados para os ativos, o CAPM determina a taxa de retorno teórica apropriada para certo ativo em relação a uma carteira de mercado diversificada.” Nele são considerados fatores como a taxa livre de risco, retorno esperado do mercado e um índice de risco do investimento a ser realizado. A fórmula padrão para cálculo do CAPM é:

$$Re = Rf + \beta * (Rm - Rf)$$

Onde:

Re = Retorno Esperado do Investimento

Rf = Taxa Livre de Risco

β = Beta do Investimento (Fator de Risco)

Rm = Retorno Esperado do Mercado

Como premissa do cálculo de CAPM, a taxa livre de risco padrão utilizada, considerando um investimento no Brasil, é a taxa básica de juros, ou Taxa SELIC,

que na data de realização da simulação é 12,25% (Banco Central do Brasil, 2024). Outro fator a ser considerado é o retorno esperado do mercado, por padrão, é considerado o retorno médio da bolsa de valores, no caso do Brasil é utilizado o índice Bovespa histórico, na data de realização da simulação a média histórica de retornos é de 13,95% (INSTITUTO ASSAF, 2024).

Para consideração de Beta, fator de risco e sensibilidade do investimento. Usualmente, este fator considera a sensibilidade de um ativo com relação as variações de mercado, entretanto, conforme mencionado por BARRERA E RAFAEL (2020), *Cat Bonds* possuem “correlação marginal com riscos financeiros”. A melhor estimativa de risco identificada ao longo dos estudos é a probabilidade de ocorrência do Trigger, calculado em 25,28%, assim adicionou-se ao risco usual de mercado, o risco de ocorrência da catástrofe para mensuração retorno esperado, gerando a partir da formulação do CAPM:

$$Re = 0,1125 + 1,2528 * (0,1395 - 0,1125) = 14,63\%$$

Com o valor da TMA do ativo, é possível concluir a quantidade e valor de emissão de títulos necessária para cobertura dos sinistros esperados. O valor de face de um ativo é definido pela entidade emissora, títulos públicos, por exemplo, adotam como padrão o valor de face R\$1.000, valor que também é adotado por outros diversos empresas na emissão de títulos, apesar de não ser uma regra. Desta forma este será o valor adotado para fins de estudo. Portanto, para formulação do valor de emissão do título é preciso cálculo de valor presente:

$$PV = \frac{FV}{(1 + i)^n}$$

Sendo:

$$FV = 1000$$

$$i = 14,63\%$$

$$n = 1$$

Portanto:

$$PV = \frac{1000}{(1 + 0,1463)^1} = 872,35$$

Estimados o valor de emissão dos títulos para definição da quantidade emitida, é preciso calcular o mínimo necessário para cobertura do Prêmio de R\$122.895.424, portanto:

$$Qtd = \frac{122.895.424}{872,35} = 141.878,57$$

Assim, a estimativa para quantidade de títulos emitidos para cobertura esperada é de 140.879.

4.3. AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO PAPEL

Adicionalmente, para fins comparativos da taxa apurada de rentabilidade do título foi feita a coleta de informações de títulos com prazo próximo há 1 ano, a fim de avaliar se o *Cat Bond* a esta taxa de juros é capaz de ser atrativo a investidores, com relação a títulos de menor risco teórico. Todos os preços foram coletados entre os dias 06/11/2024 e 09/11/2024:

Tabela 3 - Comparação de rentabilidade

	Título	Cat Bond	Dif (P.P.)	Dif %
LCI PRE ITAU - JAN/26	12,15%	14,75%	2,60	21%
CDB PRE ITAU - NOV/25	12,27%	14,75%	2,48	20%
CDB PRE C6 1 ANO	13,45%	14,75%	1,30	10%
TESOURO PRE 2027	13,13%	14,75%	1,62	12%
CDB PRE BB - 360 DIAS	12,46%	14,75%	2,29	18%
CDB PRE OURINVEST - NOV 2025	12,25%	14,75%	2,50	20%

Fonte: Banco do Brasil (2024); C6 (2024); Itaú (2024); Nubank (2024)

Conforme valores demonstrados na Tabela 3, a rentabilidade proposta pelo *Cat Bond* é maior do que todos os CDBs de mercado avaliados e o título Tesouro Selic de vencimento mais próximo. As diferenças na rentabilidade variam entre 1,3 e 2,6 pontos percentuais, o que representa um título de 12% a 21% mais rentável.

5. CONCLUSÃO

As perspectivas globais de piora no cenário climático, geram incertezas que afetam diretamente o mercado de seguros. O impacto de catástrofes climáticas em companhias de seguros e resseguros é vasto e concentrado em um curto espaço tempo, o que causa um cenário de estresse financeiro relevante, que em cenários extremos pode levar a processos de falências de múltiplas companhias, como ocorreu no evento do Furacão Andrew, na década de 90.

Adicionalmente, pesquisas globais demonstram uma perspectiva de aumento na ocorrência deste tipo de evento, com indenizações anuais na casa dos bilhões de dólares para empresas de seguro e resseguros.

Assim, se faz necessária a busca por meios alternativos de captação de recursos garantindo as companhias que não entrem em processo de solvência. Na perspectiva global, o mercado demonstra um cenário de alta na adoção de ILS como método adicional de resposta a sinistros que geram alto impacto, como em caso de catástrofes. A cada ano a emissão desta modalidade de título cresce e nos cenários de ativação de Trigger este instrumento cobre em totalidade ou em grande parte as perdas reportadas.

Assim, esta torne-se uma alternativa relevante a ser considerada para o mercado de seguros brasileiros. Situações de catástrofes geradas por situações como seca e chuvas são um aspecto de atenção ao mercado. Vale destacar, que a legislação brasileira já prevê a possibilidade de emissão de LRS, títulos que oferecem características equivalentes aos ILS, garantindo assim segurança jurídica necessária para emissão de um *Cat Bond*.

A modalidade também é atrativa aos investidores que, em geral, garantem remunerações acima da média de mercado e possuem uma possibilidade de diversificação de carteira, dado que *Cat Bonds* estão livres de riscos de mercado e sistêmicos que infligem papéis comuns.

Como ponto de atenção, destaca-se a taxa de remuneração deste tipo de título, dada a alta rentabilidade de títulos públicos no país, a taxa SELIC média, quando observado dados desde 2001 é de 9,45%, com picos de 26,5% em 2003, valores muito elevados quando comparados a países com maior volume de

emissão de títulos como EUA, Japão e UE. Dada a necessidade de uma remuneração acima da taxa livre de risco e de outros ativos de menor risco no mercado, um *Cat Bond* pode necessitar de uma remuneração muito alta para que seja atrativo aos investidores.

6. REFERÊNCIAS

AON. Insurance-Linked Securities – Aon Securities Q4 2023 Quarterly Report. Aon, 2024. Disponível em: https://www.aon.com/reinsurance/getmedia/534d6b61-901b-4652-8095-d51d65699086/20240214-ils-quarterly-report-2023-q4.pdf?utm_source=slipcase&utm_medium=affiliate&utm_campaign=slipcase. Acesso em: 28 ago. 2024.

ARTEMIS. Catastrophe Bond Market Yield, 2024 Disponível em: <https://www.artemis.bm/catastrophe-bond-market-yield/#catbondmarketyield>. Acesso em: 21 jun. 2024.

ARTEMIS. Q4 2023 Catastrophe, Bond & ILS Market Report, 2024. Disponível em: <https://www.artemis.bm/artemis-ils-market-reports/#:~:text=The%20final%20quarter%20of%202023,for%20the%20first%20time%20in>. Acesso em: 27 jul. 2024.

Banco Central do Brasil, 2024 Taxas de juros básicas – Histórico. BCB, 2024 Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 08 nov 2024.

Banco Central do Brasil. Boxe 2 – Estatísticas de títulos de dívida. **Relatório de Economia Bancária**, Brasília, v. 2021, n. 1, p. 38-46. 2021. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/content/publicacoes/relatorioeconomiabancaria/reb_2021.pdf. Acesso em: 07 set. 2024.

BANCO DO BRASIL. Aplicativo BB. Versão: 9.40.1.1. Banco do Brasil S.A., 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.bb.android&hl=pt>. Acesso em 08 nov. 2024.

BARRAGE, Lint; NORDHAUS, William. Policies, projections, and the social cost of carbon: Results from the DICE-2023 model. Pnas, 2024. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2312030121>. Acesso em: 08 out. 2024

BARRERO, Caro; RAFAEL, José. Insurance Options: Beating the Benchmark. Are Catastrophe Bonds more profitable than Corporate Bonds? **Revista de metodos cuantitativos para la Economía y la empresa**, Córdoba, v. 29, n. 1, p. 3-17, jun. 2020. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/286184>. Acesso em: 07 set. 2024.

BENEVIDES, Gabriel. BC acelera alta nos juros para 0,5 p.p. e Selic vai a 11,25%. Poder360, 2024. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/poder-economia/bc-acelera-alta-nos-juros-para-05-p-p-e-selic-vai-a-1125/>. Acesso em: 08 nov. 2024.

BLOOMBERG, United States Rates & Bonds - Treasury Yields. Bloomberg, 2024. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us>. Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações Decreto nº 9.073/2017. Contempla a versão oficial do Governo Brasileiro para o acordo de

Paris. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 09 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 14.430, de 03 de Agosto de 2023. Dispõe sobre a emissão de Letra de Risco de Seguro (LRS) por Sociedade Seguradora de Propósito Específico (SSPE) [...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, p. 1, col. 2, 04 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 150/2016. Instituído o Plano Nacional de Adaptação ao Clima – PNA. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/relatorio-final.pdf>. Acesso em: 08 out. 2024.

BSICS, How a CAT (bond) protects you from natural disasters. BSICS 2024. Disponível em: <https://bsic.it/how-a-cat-bond-protects-you-from-natural-disasters>. Acesso em: 21 set. 2024.

C6. Aplicativo C6. Versão: 3.9.2. C6 Bank, 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.c6bank.app&hl=pt-BR>. Acesso em: 08 nov. 2024.

CETESB, Municípios que fazem parte Região Metropolitana de São Paulo. CETESB, 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/licenca-previa-documentacao-necessaria/municipios-que-fazem-parte-regiao-metropolitana-de-sao-paulo/>. Acesso em: 03 ago. 2024.

CHAGAS, Gustavo. “Enchentes no RS motivaram quase 50 mil pedidos de indenização em seguros; valores chegam a R\$ 3,9 bilhões”. G1, 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/06/19/enchentes-rs-seguros.ghtml>. Acesso em: 08 jun. 2024

Chicago Fed Letter. Catastrophe Bonds: A Primer and Retrospective. Chicago Fed 2018. Disponível em: <https://www.chicagofed.org/publications/chicago-fed-letter/2018/405.#:~:text=Using%20an%20indemnity%20trigger%20ensures,with%20other%20types%20of%20triggers>. Acesso em: 11 mai. 2024.

Cummins, J. Davis. Bonds and Other Risk-Linked Securities: State of the Market and Recent Developments. **Risk Management and Insurance Review**, v. 11, p. 23 - 47 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-6296.2008.00127.x?msockid=2374266c40ee65530a38334141d864ad>. Acesso em: 26 out. 2024.

FINANCIAL TIMES. FT series: the Uninsurable World. FT, 2024. Disponível em: <https://www.ft.com/content/11ef021c-d95b-44d4-b8f8-e9b2624d3ff7>. Acesso em: 07 out. 2024.

GOTZE, Tobias e GURTLER, Marc. Hard markets, hard times: On the inefficiency of the CAT bond market. **Journal of corporate finance**, v. 62, jun. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092911991930937X>. Acesso em: 26 out. 2024

INSTITUTO ASSAF. Rendimentos Financeiros. Instituto Assaf, 2024. Disponível em: <https://www.institutoassaf.com.br/rendimentos-financeiros/>. Acesso em: 09 out. 2024.

Insurance Information Institute, 2024 Facts + Statistics: Global catastrophes. III, 2024. Disponível em: <https://www.iii.org/fact-statistic/facts-statistics-global-catastrophes>. Acesso em: 09 out. 2024.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. IPCC, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 07 out. 2024

ITAÚ. Aplicativo Itaú. Versão: 7.084.2. Itaú Unibanco S.A., 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.itaubank&hl=pt-BR>. Acesso em: 08.nov.2024.

Kish, Richard. Catastrophe (CAT) bonds: risk offsets with diversification and high returns. *Financial Services Review*, v. 25, n. 3, p. 303–329. Disponível em: <https://doi.org/10.61190/fsr.v25i3.3281>. Acesso em: 26 out. 2024.

NUBANK. Aplicativo Nubank. Versão 9.17.24. Nu, 2024. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nubank.prod&hl=pt-BR>. Acesso em: 08 nov. 2024

QUEIROZ, Thiago Faustino de. Desastres naturais e as técnicas adotadas pelas seguradoras para mitigação de riscos financeiros. 2013. 49 f. TCC (graduação em Ciências Atuariais) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Fortaleza-CE, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/30460>. Acesso em: 07 out. 2024.

REIS, Thiago. CAPM: entenda como funciona esse modelo de precificação de ativos. Suno, 2019. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/capm/>. Acesso em: 19 out. 2024.

REIS, Thiago. TMA: entenda o que é a Taxa Mínima de Atratividade e como calculá-la. Suno, 2019. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/taxa-minima-de-atratividade/>. Acesso em 19 out. 2024.

REIS, Thiago. Valor de face: descubra como calcular a rentabilidade de títulos com ele. Suno, 2019. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/valor-de-face/>. Acesso em: 19 out. 2024.

S2Id. Relatórios - Relatório Gerencial - Danos informados. S2id, 2024. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/> Acesso em: 01 jun. 2024.

SANSONE, Michele. Remembering Hurricane Andrew's lessons, 30 years later, AXA XL, 2022. Disponível em: <https://axaxl.com/fast-forward/articles/remembering-hurricane-andrews-lessons-30-years-later>. Acesso em: 27 jul. 2024.

SWISS RE. In 5 charts: continued high losses from natural catastrophes in 2022. Swiss Re, 2024. Disponível em: <https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2023-01/5-charts-losses-natural-catastrophes.html>. Acesso em: 07.out. 2024.

SWISS RE. Insurance-Linked Securities Market Insights. Swiss Re, 2024. Disponível em: <https://www.swissre.com/dam/jcr:bb189e59-a15f-49df-a250-07b2c6b2d9bd/2024-02-sr-ILS-market-insights-feb-2024.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2024.

World Meteorological Organization (WMO). WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019). Wmo, 2021. Disponível em: <https://library.wmo.int/records/item/57564-wmo-atlas-of-mortality-and-economic-losses-from-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019>. Acesso em: 07 out. 2024.

World Meteorological Organization (WMO). WMO Global Annual to Decadal Climate Update (2024-2028). Wmo, 2024. Disponível em: <https://wmo.int/publication-series/wmo-global-annual-decadal-climate-update-2024-2028>. Acesso em 07 out. 2024.